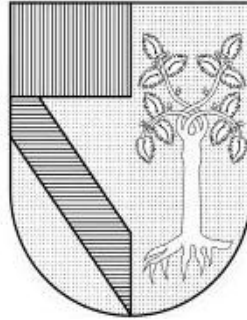


UNIVERSIDAD PANAMERICANA

FACULTAD DE FILOSOFÍA



“EL PENSAMIENTO COSMOGRÁFICO Y NÁUTICO EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVI”

TESIS

QUE PRESENTA

JUAN MARIO GARNIER MORGA

PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN HISTORIA DEL PENSAMIENTO

DIRECTORES DE LA TESIS:

Dra. Virginia Aspe Armella

Dr. José Antonio Cervera Jiménez

En el Nombre sea de Dios.

Agradecimientos

A la Doctora Virginia Aspe Armella por su amistad y por su constante y alentadora guía en este viaje por mares tan desconocidos para mí. Gracias por aclarar mis ideas filosóficas y por llevarme a descubrir la importancia del pensamiento novohispano.

Al Doctor José Antonio Cervera Jiménez, no sólo por su amistad, sino por haberme mostrado la visión general de la Historia de la Ciencia y el detalle en las fuentes precisas del conocimiento exacto.

Gracias al Dr. Jorge Medina Delgadillo por animarme a iniciar esta aventura. Gracias también a Eva Acacia Navarro Campos, primera correctora y mi compañera en todo el viaje. Asimismo, quisiera agradecer al reconocido astrónomo e historiador de la ciencia, Marco Arturo Moreno Corral, por sus textos, recomendaciones, lecturas y por la contemplación del cielo en San Pedro Mártir.

A los investigadores que aportaron ideas para este trabajo: al Capitán y Doctor Jorge Ortiz Sotelo, por las correcciones de rumbo; al Doctor Luis Abraham Barandica Martínez, por sus tres tesis que tanto me sirvieron, al Doctor Mauricio Hardie Beuchot Puente por sus textos y primer consejo para iniciar la investigación y demás compañeros investigadores. A mi familia por su ánimo constante.

A la Universidad Panamericana que ofreció esta opción de investigación, misma que busqué por mucho tiempo. A la UNAM que me brindó sus amplios acervos y al esforzado y trabajador pueblo de México, que ha contribuido para mi formación y desarrollo profesional.

II. Introducción.....	7
Hipótesis.....	9
Marco teórico-metodológico.....	9
Evolución del conocimiento.....	9
Comunicación del conocimiento.....	10
Historia de las ciencias exactas	10
Estructura de la tesis	11
CAPÍTULO 1	13
Conocimientos y ciencias exactas presentes en el Renacimiento	13
1.1 Un calendario astronómico.....	14
1.2 Una tabla matemática	17
1.4 Conocimientos presentes en el Renacimiento	21
1.5 Un poema cosmológico.....	21
1.9 Un fresco filosófico.....	27
1.21 Un manual de construcción.....	44
1.26 Un Faro del Saber	50
1.30 Una maquinaria lógica.....	56
1.32 Una canción náutica.....	58
CAPÍTULO 2	67
Inicios de la Cosmografía.....	67
2.1 Cabalgando por el Océano Ignoto	69
2.2 Características técnicas de la carabela	70
2.3 Inicios de la navegación oceánica	71
2.19 La cosmografía práctica y los manuales de navegación	85
2.20 Diálogo, teoría y práctica	86
2.21 La invención de América.....	87
2.22 Nacimiento de la cosmografía	87
2.29 Los Cronistas de las Indias.....	93
2.32 La recopilación de la nueva información.....	96
2.33 Alonso de Santa Cruz y su aportación cosmográfica	96

2.36	La influencia del Rey de España.....	98
2.37	Política estatal para desarrollo del conocimiento	98
2.38	La biblioteca de Herrera	99
2.39	Promoción de las matemáticas.....	100
2.40	La exploración metódica del mundo	100
	Ordenanzas de Felipe II	100
2.41	Marco jurídico de Juan de Ovando	100
2.42	Cambio epistemológico	101
2.44	Influencia de Herrera en la Cosmografía	102
Capítulo 3.....		105
La Nueva España hacia el oriente asiático		105
3.1	El origen de la Nueva España	105
3.2	Exploraciones de Garay	106
3.3	La exploración y conquista del Anáhuac.....	106
3.4	Búsqueda de la Mar del Sur.....	108
3.8	Hernán Cortés y la Mar del Sur.....	110
3.9	Pedro de Alvarado y la Mar del Sur.....	111
3.10	Antonio de Mendoza y la Mar del Sur	112
3.11	La Guerra Mixtón y sus efectos.....	113
3.14	Andrés de Urdaneta.....	117
3.15	El “empeño” de Zaragoza.....	119
3.20	Alonso de la Vera Cruz	129
3.21	La <i>Physica Speculatio</i>	132
3.22	El libro <i>del Cielo</i>	134
3.23	Martín de Rada	138
3.25	Diego García de Palacio	143
3.26	Instrucción Náutica 1587	148
3.27	<i>Navegación en Instrucción Náutica</i>	149
3.32	La construcción naval en la Nueva España	151

I. Resumen

Este proyecto consiste en un análisis historiográfico del pensamiento novohispano en el siglo XVI y sus antecedentes. El énfasis está puesto sobre las ciencias exactas y sus aplicaciones en la cosmografía y la navegación. Para la investigación se basó en el concepto de evolución de la noosfera y los conceptos de comunicación de los conocimientos implícito y explícito. El objetivo fue saber si hubo aportaciones novohispanas al conocimiento cosmográfico y náutico durante el siglo XVI, y el rumbo posterior que tomó el desarrollo de nuevas ideas. El análisis se realizó con la investigación de antecedentes de pensamiento en fuentes secundarias y las obras primarias de cuatro autores novohispanos: Andrés de Urdaneta, Alonso de la Vera Cruz, Martín de Rada y Diego García de Palacio. Los cuatro son autores cuyos escritos y publicaciones trataron temas de náutica, cosmografía y filosofía natural.

Los resultados indican que en la Nueva España se generó conocimiento para la navegación en el norte del Océano Pacífico. Ese conocimiento se hizo explícito en documentos y manuales de navegación, pero las condiciones impuestas a la investigación, por el Imperio Español, provocaron que se las ciencias exactas, como la especulación teórica, se hicieran a un lado y se privilegiaran resultados inmediatos que permitiesen la expansión del dominio imperial. Esto provocó un estancamiento al largo plazo en la investigación en esa región.

II. Introducción

*Para que el Mundo sea,
son los mismos fragmentos de este Mundo
los que se buscan
bajo las potencias del amor.
En esto no hay metáfora,
y es mucho más que poesía.¹*

La intención de este trabajo es describir un viaje de exploración por el universo del conocimiento. Esta descripción tendrá las mismas dificultades con las que se enfrentó el navegante renacentista cuando contempló con incredulidad y asombro la naturaleza y los habitantes de las costas del Nuevo Mundo. Al querer explicarlo a sus coetáneos, las maneras para comunicar la experiencia fueron por demás complejas. Los hallazgos son los conocimientos utilizados en el desarrollo de las rutas ibéricas de Europa hacia Asia oriental y hacia América en el siglo XVI. La relevancia de este evento radica en el planteamiento de las primeras preguntas y las consecuentes respuestas que conducirían a los pensadores a un cambio en el método de entender la naturaleza y al hombre.

Las exploraciones de la *esfera terrestre* pusieron a los europeos ante cantidad tal de datos, que al intentar comprender la información generada, se provocó un punto de inflexión entre el mundo antiguo y moderno. El arte de navegar proporcionó las habilidades necesarias para las largas travesías por el Mar Océano. La cosmografía renacentista fue el método que proporcionó la respuesta inmediata para explicar y entender el Nuevo Mundo.

La navegación permitió al comerciante y al militar llegar a lugares lejanos, obtener los conocimientos necesarios para llegar a puertos seguros y rentables. Navegar requirió de desarrollos tecnológicos y científicos, de unir experiencias y habilidades diferentes. Fue necesario asimismo desarrollar una capacidad de organización en tierra para preparar los instrumentos, pertrechos y naves. Ya en “la Mar”, se habría de motivar y dirigir a la tripulación y no sólo eso, sino generar confianza y valor. Así y gracias a la navegación, se haría posible que la humanidad iniciara el proceso de la globalización de la cultura.

El cosmógrafo renacentista fue astrónomo, geógrafo, naturalista, y cartógrafo. Como astrónomo, el cosmógrafo utilizó la esfera celeste como referencia para obtener su posición en la tierra con base en la medición de los cuerpos celestes. Observó y midió el firmamento para fijar la ubicación y movimiento de los astros. La cartografía celeste fue una potente herramienta que permitió a los navegantes geógrafos conocer su situación y orientarse en todo lugar del globo terráqueo.

¹ Teilhard, 1974: 149.

Permitió además a los navegantes fijar con fiabilidad la ubicación de cualquier lugar u objeto en la tierra y los océanos de todo el globo.

Como un geógrafo y naturalista, el cosmógrafo debió conocer y describir la tierra en su conjunto y las particularidades de cada una de las zonas delimitadas por los círculos imaginarios que la dividen, así como el estudio de los climas, los vientos y la ubicación de los países según la longitud y latitud respecto a los paralelos y meridianos.

Como naturalista, el cosmógrafo debió recabar información para realizar una detallada descripción de las regiones de la tierra y su contenido. Lo anterior no sólo incluyó todas las costas, montañas y ríos, sino también la descripción de los países, ciudades, pueblos, las razas, costumbres y formas de vida de los habitantes. El cosmógrafo realizó también un inventario de los animales, plantas y minerales de cada lugar, así como evaluaciones de la utilidad y facilidad de explotación para los comerciantes y gobernantes.

Finalmente, y como cartógrafo, el cosmógrafo debió difundir toda esta información recabada mediante mapas y textos. Con este método se pretendió dar una explicación de la realidad que se descubrió ante los europeos. Para poder explicar esa nueva realidad, los sabios europeos apoyaron a los cosmógrafos con todo el conocimiento acumulado por la cultura griega y romana, buscaron en las fuentes antiguas explicaciones para comprender y describir la gran diversidad del globo. Pero la realidad los superó y los obligó a crear nuevos entes de pensamiento y, por este reto intelectual, la humanidad dio un salto en la percepción de la realidad y en su aprehensión y su dominio. Así se abrieron nuevos campos a la investigación y nuevas rutas para el conocimiento que aún no hemos concluido.

La cantidad de documentos generados en esa “explosión del conocimiento” es por demás extensa. Por ello, acoté esta investigación a los antecedentes y escritos de cuatro sabios ibéricos que participaron en lo que se llamó el *tornaviaje*; a saber, el viaje de regreso de Asia oriental a América occidental. El proyecto se desarrolló en la Nueva España del siglo XVI y constó de un viaje oceánico de más de 14 mil kilómetros; es decir, más de un tercio de la circunferencia terrestre. El navegar esta gran distancia permitió viajar por el globo terráqueo en los dos sentidos. En un lapso de 40 años, esta hazaña se intentó sin éxito por tres flotas.

Esta investigación se enfoca en los conocimientos que hicieron posible las exploraciones de las rutas del Pacífico desde la Nueva España. Se partió de lo siguiente.

Hipótesis

El deseo de aprehender la totalidad de la tierra y sus habitantes requirió no sólo de sumar un esfuerzo continuo de estado, sino de una gran cantidad de conocimientos tácitos y explícitos de varias generaciones de navegantes y cosmógrafos. En el esfuerzo intelectual hubo participación de cuatro sabios novohispanos que dejaron constancia textual de su trabajo.

Marco teórico-metodológico

Con el objeto de describir la evolución del conocimiento náutico y cosmográfico en la Nueva España del siglo XVI, se hizo un ejercicio hermenéutico: situarnos en los conocimientos que tuvieron los sabios europeos —en particular los ibéricos y los novohispanos al inicio del siglo XVI y en los cambios epistemológicos que sucedieron al transcurrir el siglo. Para ello, se echó mano de obras secundarias que describieran el estado del conocimiento en la península Ibérica, así como del análisis puntual de las obras primarias de cuatro sabios novohispanos.²

Evolución del conocimiento

El científico ruso Vladímir Ivánovich Vernadsky propuso los conceptos de evolución del conocimiento. Él fue quien publicó *La Biósfera y la Noósfera*³ en 1945. En este documento describió el concepto de *noósfera* como un ente evolutivo de la naturaleza, superior a la litósfera y la biósfera. Este concepto lo compartió con Teilhard y Le Roi⁴ en París en la década de 1950. Pierre Theilhard

² Obras que resultaron más que útiles en esta investigación son: José Antonio Cervera Jiménez en *Tras el sueño de China*, Abraham Barandica en *De la Nueva España hacia las islas del Poniente*, Marco Arturo Moreno Corral en *Physica Speculatio*, Mauricio Beuchot en *Del Cielo*, José Ramón de Miguel Bosch en *Urdaneta en su tiempo*, Dolors Folch i Fornesa en *Biografía de Martín de Rada*; los documentos, cartas y libros escritos por el navegante y capitán Fray Andrés de Urdaneta OSA, el filósofo natural Fray Alonso de la Vera Cruz OSA, el astrólogo y matemático Fray Martín de Rada OSA, compilados por Isacio Rodríguez R. OSA en *Historia de la Provincia Agustiniense del Santísimo Nombre de Jesús de Filipinas* y el facsímil del oidor Dr. Diego García de Palacio, *Instrucción Náutica*. A estos últimos cuatro autores los analizaremos desde los conceptos de evolución de la *noósfera*, de comunicación del conocimiento *implícito* y *explícito* e Historia de las Ciencias Exactas.

³ Vernadski, 1945: 1-12.

⁴ Le Roi, 1956.

de Chardin S. J. agregó a la Noosfera un sentido metafísico en *El fenómeno del Hombre*⁵ en la década de los cincuenta. En este texto pretendió conciliar la ciencia y la religión cristiana. Al hacer una síntesis de estos pensadores, es posible contemplar el acontecer del mundo físico, biológico y humano con visión evolutiva. Ahí es donde el hombre ha desarrollado capacidades de adaptación basadas en el uso de sus habilidades cerebrales y sociales, mismas que se han convertido en objetos de conocimiento. El hombre ha desarrollado una inteligencia colectiva: un conjunto de saberes que ha formado el ente de la noosfera.

Comunicación del conocimiento

Mediante la comunicación verbal, visual y cinestésica, se compartió el conocimiento subjetivo e individual que el filósofo y científico Michael Polanyi llamó *tácito o implícito* en su libro *Personal Knowledge*.⁶ Este conocimiento subjetivo y tácito se objetivó en los primeros paquetes del saber: en danzas, poemas, canciones, cuentos, leyendas, pinturas, objetos manipulables, construcciones monumentales y, finalmente, en códigos escritos e impresos. Todo lo anterior condujo a un proceso que el teórico organizacional Ikujiro Nonaka y el estratega corporativo Hirotaka Takeuchi llamaron *conocimiento explícito* en *The Knowledge-Creating Company*.⁷ Se desarrolló, pues, una teoría sobre la comunicación del conocimiento. Los autores describen el conocimiento explícito como uno que ha sido categorizado, codificado y guardado en algún tipo de objeto de conocimiento; a saber, manuales, documentos o procedimientos; en medios de hipertexto, en texto, en imagen o en sonido.

Historia de las ciencias exactas

Investigar la evolución del conocimiento es un trabajo que abarca varias ciencias y manifestaciones del desarrollo gradual y creciente del saber. De estas manifestaciones, las matemáticas —con sus aplicaciones prácticas— tienen una característica particular: la exactitud. Con ella nos referimos a un parámetro que permanece constante en el tiempo: aquello que se descubrió antes es comprobable ahora. Por esta razón, resulta de lo más relevante el ahondar y particularizar en historia de las ciencias exactas y sus aplicaciones prácticas como una parte trascendental de la historia del pensamiento. Para Otto E. Neugenbauer,

⁵ Teilhard, 1974.

⁶ Polanyi, 2012.

⁷ Nonaka, 1995.

los conocimientos explícitos, como las ideas religiosas o filosóficas o los motivos estilísticos, pueden transmitirse con relativa facilidad a distancias y tiempos remotos. No obstante, los conocimientos implícitos en los métodos matemáticos requieren de una transmisión directa y compleja de constantes numéricas exactas, de instrumentos, métodos y procedimientos que necesitan de una cercanía de los individuos en tiempo y espacio. Las anteriores son razones por las que el estudio de las matemáticas, de la astronomía, de la geografía y de la navegación nos sitúa en momentos y lugares muy precisos del desarrollo de la civilización.

Ahora bien, a la astronomía se la ha considerado como la fuerza más importante para el desarrollo de la ciencia. Se trata del motor necesario para el desarrollo de la geografía, que, a su vez, hace que una civilización crezca en los ámbitos económicos y militares. Sin duda, la investigación de la historia de las matemáticas, la astronomía y geografía es uno de los campos con más oportunidades de desarrollo en la historia del pensamiento.

Estructura de la tesis

Este trabajo se ha dividido en tres capítulos. El primero analiza nueve objetos de conocimiento: un calendario astronómico, un mapamundi, una tabla matemática, un poema cosmológico, un fresco filosófico, un manual de construcción, un faro del saber, una maquinaria lógica y una canción náutica. Todos son objetos y textos previos al siglo XVI, pero que aún están presentes en la cultura europea.

Este análisis hermenéutico tiene como finalidad encontrar los orígenes de los conocimientos antiguos y medievales que incidieron en la cosmografía y náutica del siglo XVI en la Nueva España.

El capítulo dos consta de un recorrido historiográfico de los conocimientos implícitos agregados en el Renacimiento y aplicados en la península ibérica para la navegación oceánica. Dichos conocimientos permitieron la circunnavegación de África y el descubrimiento europeo de América y Asia oriental. Los anteriores — catalogados como conocimientos implícitos— fueron categorizados por los académicos y difundidos por la imprenta de caracteres móviles. De esa manera se proporcionaron las bases intelectuales para el desarrollo de conocimientos explícitos, documentados y extensos; a saber, la cosmografía renacentista y la náutica oceánica.

El tercer capítulo es la comprensión holística de los conocimientos así como el contexto que llevó al logro del tornaviaje de Asia a América por una ruta transpacífica. Este evento fue el que cerró la circunnavegación del globo terrestre. Para el cabal análisis de lo dicho, se trabajó en torno a las obras de tres agustinos

y un oidor: fray Andrés de Urdaneta (su correspondencia y otros escritos), fray Alonso de la Vera Cruz (con su *Physica Speculatio*, que describe el conocimiento teórico de la época), Fray Martín de Rada (su correspondencia); y el Doctor Diego García de Palacio (con su *Instrvcion Navtica*, que resume los conocimientos explícitos de la cosmografía y la náutica que existían a finales del siglo XVI). El encuentro con esta obra impresa en el México de 1587 fue la causa del inicio de esta investigación sobre los conocimientos en cosmografía y náutica en la Nueva España.

El análisis historiográfico que aquí se lleva a cabo tocará las principales ideas filosóficas, los métodos teóricos y matemáticos utilizados, los procedimientos, instrumentos, que usaron los europeos para interpretar la realidad, así como los registros para documentar, de una forma racional y coherente, lo conocido por los exploradores. Ellos hallaron así una forma de presentar información a los marinos, intelectuales, religiosos y políticos para que se tomaran decisiones prudentes para el comportamiento de los europeos en los lugares recién conocidos.

CAPÍTULO 1

Conocimientos y ciencias exactas presentes en el Renacimiento

Todo filósofo puede ser un buen mecánico.

Ramón de Lull en Principios de la filosofía.

Para analizar el contenido de las obras de Andrés de Urdaneta, Alonso de la Vera Cruz, Martín de Rada y Diego García de Palacio, es necesario visualizar el contexto histórico de la evolución de las ideas que contienen sus escritos.

Las diferentes manifestaciones del saber humano plasmadas en la cultura, ya sea de las ciencias, tecnología o de las artes, se han considerado elementos que ayudan indirectamente a reconstruir el contexto de la evolución histórica del pensamiento. En esta investigación se han analizado los paradigmas de las artes liberales: astronomía, geometría y aritmética y de las artes mecánicas: geografía y náutica. Todas tuvieron presencia en la Nueva España del siglo XVI.

Los conocimientos de la Antigüedad que la Grecia helenística recopiló, analizó, sintetizó y compiló en sólidas obras, fueron copiados y traducidos por más de mil años y finalmente se imprimieron a fines del siglo XV e inicios del siglo XVI. Estos conocimientos formaron las bases del saber europeo moderno y no sólo eso, sino que constituyeron los cimientos de la náutica y cosmografía novohispana del siglo XVI.

Con todo lo anterior, en el presente texto se tratará de reconstruir el contexto del pensamiento de esta época. En el último capítulo se realizará un análisis heurístico de las ideas que están presentes en los textos escogidos.

Este capítulo inicia con una breve ruta por algunas suposiciones sobre el desarrollo del saber prehistórico puesto en un calendario, en una tabla trigonométrica y en un mapa. Después se hará un alto en seis obras descriptivas del conocimiento renacentista. La primera describe cómo se pensaba la cosmología que prevaleció en la Baja Edad Media. La segunda es un fresco pintado a solicitud de un pontífice romano al inicio del siglo XVI, mismo que describe cómo se veía en el Renacimiento europeo el conjunto de conocimientos antiguos de las artes. La tercera es un manual romano que dibujó el desarrollo tecnológico del Renacimiento. La cuarta es una mención a la Universidad de París, faro del saber medieval. La quinta es una maquinaria lógica para manejar el saber medieval. Finalmente, la sexta es una canción que cuenta cómo se escuchaban los nuevos descubrimientos geográficos y que irrumpieron en el imaginativo popular europeo.

1.1 Un calendario astronómico

En días recientes se descubrió una alineación de hoyos situada en Warren Field cerca de Crates Castle en Aberdeenshire, Escocia. Se trata de una estructura asociada con los primeros agricultores del norte de Gran Bretaña y data del siglo VIII a. C. El grupo de hoyos parece haber evolucionado durante cientos de años para formar una disposición coherente de pozos alineados desde el suroeste a noreste, dispuestos en forma de arco. El hallazgo se ha considerado como una evidencia de que las sociedades neolíticas del noroeste de Escocia tuvieron la capacidad de crear monumentos que fueron construidos con alineaciones astronómicas con base en las posiciones del sol y de la luna. En 2013 se llevó a cabo una investigación con modelos computarizados de arqueo-astronomía. Se puede suponer que estos hoyos indican posiciones anuales del sol y límites lunares con respecto al horizonte, y se los refiere con una hendidura situada entre dos montañas. La presencia de estos hoyos y los análisis de los restos vegetales encontrados en ellos nos plantean muchas preguntas sobre los conocimientos astronómicos existentes en el neolítico. Este descubrimiento es el calendario astronómico más antiguo que se conoce.⁸

Para cuestiones de sobrevivencia, el hombre ha pretendido predecir el acontecer de su entorno mediante un método racional. Observa los fenómenos de la litosfera y atmósfera que más afectan la biósfera, busca la causalidad entre fenómenos vitales y otros observables y ha encontrado así relaciones simultáneas o subsecuentes.

En el proceso evolutivo del desarrollo de la noosfera, cuando el hombre buscó explicarse el ambiente que lo rodeaba, dividió el mundo en dos ámbitos lógicos: lo que le era cercano —la tierra— y lo lejano, pero evidente —el cielo. Buscó después cierta correlación entre fenómenos terrestres y celestes y pudo prevenir con alguna certeza los sucesos futuros y actuar en consecuencia. Observaba el cielo para predecir qué sucedería en la tierra en el futuro cercano o lejano. Esta causalidad entre los sucesos del cielo y los de la tierra los documentó en el calendario, uno de los instrumentos más antiguos para medir el tiempo y predecir los fenómenos cíclicos naturales. Así fueron los inicios de la astronomía observacional, una “protociencia” presente en todas las culturas. Los hombres, con sus sentidos y cuerpos, midieron el paso de los astros en el cielo y lo correlacionaron con el tiempo. Con los más diversos métodos registraron estas correlaciones “cronizadas” con los ciclos celestes más evidentes: el ciclo solar diario, el ciclo lunar y el ciclo solar anual. Algunos más acuciosos y observadores lo hicieron con los ciclos menos evidentes: los planetarios. Los fenómenos

⁸ Gaffney, 2013.

astronómicos los asociaron con los cambios en la naturaleza, cambios naturales que suceden entre el amanecer y anochecer, los cambios fisiológicos en el cuerpo, como la fertilidad femenina, o el flujo de las mareas que se asocian con ciclos lunares, o bien, los tan importantes cambios estacionales debidos al ciclo solar anual, que provocaban cambios de clima y las consecuencias en los vegetales y animales. Esta causalidad, real o supuesta, los condujo poco a poco a la llamada *Astrología judiciaria*, conocimiento que relacionó fenómenos celestes con otros relevantes para el individuo; a saber, el amor, la gloria, la fama, la suerte, las enfermedades, los accidentes y la muerte misma. Así también pretendió predecir los sucesos posteriores con relativa certeza.

Con la observación diaria del movimiento de las estrellas, el hombre percibió el evidente movimiento del levante al ocaso. Sin embargo, hubo otro movimiento menos perceptible: el desplazamiento diario desde el ocaso al levante de $1/365$, medida aproximada del total de la esfera celeste. Este desplazamiento diario quizá se calculó con la medida angular más sencilla y práctica: la que proyecta un dedo meñique con el brazo extendido, que es aproximadamente un grado. Para toda la bóveda celeste, la medida fue la proyección de la apertura de la punta del dedo pulgar a la punta del dedo meñique; es decir, el palmo con el brazo extendido, que mide aproximadamente 20° . De ahí se vio que la bóveda celeste se cubría con 9 palmos de horizonte a horizonte.

Debido al sedentarismo, las culturas agrícolas —incluso más que las nómadas de cazadores y recolectores— dependían de la sincronización del actuar humano y de la predicción más precisa de los fenómenos naturales. Fue así, porque los ciclos agrícolas proporcionan alimento abundante cuando se sincronizan bien con las variaciones anuales del clima. Ahora bien, cuando éste sorprende con falta o exceso de agua, extremos calores o fríos, se provocan fenómenos que de hecho desaparecieron culturas muy bien cimentadas. Por ello las culturas agrícolas construyeron la creencia en un entorno predecible y ordenado, en un *cosmos* que debía predominar sobre el impredecible *caos*.

La observación del contraste entre los seres mutables de la Tierra y lo que se percibía como seres inmutables y eternos del cielo, llevó a la construcción de mitos que correlacionaron los fenómenos celestes y los terrestres. Se usaron para enseñar a las generaciones nuevas el conocimiento acumulado. Los fenómenos y su causalidad se atribuían a la intervención de divinidades personificadas en el Sol, la Luna, las estrellas etc., que guardaban una relación a través de pasiones y actitudes humanas. Los mitos se aceptaron como explicaciones suficientes en la mayoría de las culturas y formaron una parte muy importante de la identidad de cada una. La transmisión de estas historias fue oral, y mediante la rima y la música, se nos ha permitido conocer parte del pensamiento antiguo.

Como se ha descrito anteriormente, las culturas antiguas dejaron, por diversos medios, sus conceptos sobre el origen del entorno donde habitaban y la causalidad de los cambios que observaban en él. Por medio de la cosmogonía de cada cultura podemos conocer sus conceptos, creencias, orígenes y destinos comunes.

Por otra parte, el registro de eventos naturales requirió de elementos básicos de la aritmética, como la cantidad y el orden. Con instrumentos muy primitivos, como talla en madera o hueso, nudos en cordeles o piedrecillas, llevaron a cabo un registro medible y ordenado de sucesos que no dependieron de la memoria individual.

En las culturas agrícolas, la necesidad de poner límites objetivos al usufructo y producto de la tierra, obligó a desarrollar métodos e instrumentos que permitieron localizar y dimensionar puntos, líneas, áreas y volúmenes, para delimitar la propiedad individual o grupal, así como las superficies de cultivo y pastoreo. También permitió calcular los productos a obtener en la cosecha, para lo que se desarrolló metodología de medición de longitud con base en pies, pasos, jornadas de camino diario; medidas de área y de volumen como puños, manos, odres, y de peso como granos, sacos, cargas. Antes, hubo que desarrollar la geometría. La necesidad de una mayor precisión en los pronósticos planteó el hacer objetivas las medidas y el registro. De la medición del cielo a dedos y cuartas, se evolucionó al *grado*, la 180va. parte de la bóveda celeste y 360va. parte del círculo. Ahora bien, cuando contaron, midieron, registraron y trataron de predecir, observaron también que el cosmos no era del todo predecible, que había algo de caos. Esto planteó retos para investigar de manera más profunda y así disminuir la incertidumbre en sus predicciones. De esta forma, observaron que la relación entre el ciclo solar anual, el año, es aproximadamente 365 y 1/4 ciclos solares diarios, el día; y el ciclo lunar, el mes, mide aproximadamente 29 y 1/2 días. Pero aun, esta aproximación incierta impidió tener una medida exacta del año o del mes en función de los días.

Los ciclos astronómicos no tienen un número entero que los relacione entre sí, además de verse afectados por variaciones aleatorias debido al movimiento terrestre. Este movimiento influye de manera notable en todos los fenómenos del medio ambiente. La variabilidad del movimiento terrestre dificulta la predicción precisa de lo que sucederá en el entorno en función de los ciclos astronómicos, por lo cual, para fines de pronóstico preciso, los calendarios cíclicos sencillos perdieron su utilidad con el paso del tiempo.

Para poder tener una medida más cercana a la realidad, y más certeza de los fenómenos astronómicos y su relación con el mundo físico, se crearon funciones específicas en algunos miembros de la comunidad. Sus conocimientos permitieron

la utilización de instrumentos que sincronizaron los calendarios a los fenómenos celestes y registraron acuciosamente las correlaciones con los fenómenos físicos. Esta constante vigilancia al cielo y sus efectos sobre la tierra fue suficiente para predecir con bastante éxito los fenómenos futuros. Para lograr una mejor precisión, se recurrió a la creación de modelos racionales de los fenómenos celestes y del efecto percibido sobre la tierra. Se utilizó para ello entes de razón, que, por existir sólo en la mente humana, serían perfectos e inmutables; así, mediante los métodos aritméticos y geométricos, se representó la realidad en la mente, y fue posible predecir más con la razón que con la observación. Algunas culturas, como la griega, desarrollaron más el método racional que el de la observación, mismo que dominó en la vecina cultura babilónica. Los métodos racionales se sistematizaron creando entes de razón sintetizados en el método matemático. Con estas herramientas totalmente racionales, pretendieron darse una explicación total y absoluta de la realidad. El problema fue que incluso con estos entes de razón, hubo una serie de paradojas, por ejemplo, “la cuadratura del círculo”, que se basa en la relación geométrica entre dos entidades abstractas. Se trata, ni más ni menos, de una de las constantes matemáticas hasta ahora imposible de calcular con toda exactitud.

Aunque los métodos matemáticos nos reflejen una simulación muy cercana a la realidad, el problema siempre ha sido el mismo: ante la pretensión del dominio racional del cosmos, la naturaleza presenta un caos ordenado que impide su absoluta comprensión racional y lleva constantemente a la humanidad a la búsqueda del modelo perfecto que refleje al cosmos en modelos racionales y totalmente predecibles.

1.2 Una tabla matemática

El objeto de conocimiento de la antigüedad al que haremos referencia ahora es una tabla de tríadas pitagóricas⁹ escrita en caracteres cuneiformes. Elí Maor¹⁰ afirma que cerca de 500.000 tabletas de arcilla han llegado a los museos de todo el mundo, y aproximadamente 300 tratan de problemas matemáticos. Éstas son de dos tipos: las que tratan una variedad de problemas algebraicos y geométricos, y las llamadas “textos tabulares” o tablas que nos presentan tablas de multiplicar, de inversos, de interés compuesto y secuencias de números. Éstas nos muestran un grado elevado en habilidades de cálculo. Con base en el interés de este trabajo, se ha fijado la atención en uno de los documentos matemáticos más

⁹ Conjunto de tres números que cumplen con el teorema de Pitágoras.

¹⁰ Maor, 1998: 30-34.

antiguos, la Plimpton 322. Su nombre se debe a que es la número 322 en la colección de G. A. Plimpton, de la Universidad de Columbia en Nueva York. El documento data del período babilónico antiguo de la dinastía de Hammurabi, alrededor de 1800-1600 a. C. Un análisis cuidadoso del texto realizado por Neugenbauer,¹¹ revela que se trata de tríadas pitagóricas. Estas tríadas pueden utilizarse para trazar triángulos rectángulos con lados enteros, una aplicación trigonométrica muy práctica. El extremo izquierdo de la tableta está dañado, pero gracias a la meticulosa investigación académica realizada por Neugenbauer, la parte que falta ha sido parcialmente reconstruida, y ahora podemos leer la tabla con relativa facilidad. Los números están registrados en un sistema numérico posicional con base 60, el sistema de numeración es, pues, sexagesimal y no tiene un símbolo para el cero. Este objeto nos demuestra que la trigonometría era un conocimiento vigente en tiempos muy tempranos de la cultura mesopotámica, pero más que eso, nos muestra la aplicación práctica de la representación de modelos matemáticos mediante la numeración posicional sexagesimal. Se trata de un verdadero salto en los entes de conocimiento que permitió modelar la realidad con conceptos simbólicos complejos.

1.3 Un mapamundi

Las excavaciones realizadas durante los siglos XIX y XX en las ruinas de ciudades mesopotámicas han puesto al descubierto una gran cantidad de documentos registrados en tablillas de arcilla con caracteres cuneiformes. Hasta ahora, son los documentos que más abundan y que nos proporcionan una visión cercana a las civilizaciones antiguas.

El objeto de conocimiento al que haremos referencia ahora es una tablilla de arcilla estudiada y descrita en un artículo en 1937¹² por el asiriólogo alemán Eckhard Unger. La tablilla incompleta fue descubierta en Sippar, Irak y actualmente se encuentra en el museo británico y se la ha considerado como *Imago Mundi Babilonica*: el mapa más antiguo del mundo conocido, contemplado desde la perspectiva de los babilonios del siglo V a. C. Los textos en escritura cuneiforme fueron traducidos e interpretados por Unger. Se observa al centro de una figura estrellada de siete puntas, la ciudad de Babilonia, y se identificó algunos lugares como Asiria, Armenia, los montes Zagros, así como un río Amargo que se asoció con el mar Océano. Las siete puntas de la estrella se han traducido como *islas*, con nombres mitológicos como *lugar del sol naciente*, *el sol*

¹¹ Neugenbauer, 1945.

¹² Unger, 1937.

*se oculta y no se ve nada y más allá del vuelo de las aves; las otras puntas se perdieron en la parte dañada de la tablilla. Existen objetos más antiguos que se han interpretado, como mapas regionales y descripciones del entorno cercano a quien los elaboró. La *Imago Mundi Babilonica*, se descifra como una descripción más lejana, que llega hasta los confines del mundo que los comerciantes babilónicos habían recorrido. Es una representación gráfica, un modelo mental objetivado de la tierra conocida. Boorstin nos resume: *La Humanidad, para descubrir el planeta, tuvo que liberarse de antiguas esperanzas y temores y abrir las puertas de la experiencia. Las mayores dimensiones del espacio, los continentes y los océanos, sólo le fueron reveladas lentamente.*¹³*

Este objeto nos lleva a suponer que las culturas exitosas en su adaptación al ambiente y que obtuvieron excedentes de producción más allá del consumo del grupo social, crecieron en número de habitantes y se organizaron con una mayor especialización de tareas y división del trabajo. Crearon funciones sociales distintas. El comercio fue una de las actividades que generó riqueza. Requirió de un esfuerzo físico menor y permitió una obtención más rápida de bienes de consumo. Con la utilización de animales de tiro y vehículos con ruedas pudieron enviar y recibir cargas cada vez mayores, vía terrestre. Otras vías de comercio fueron la fluvial y marítima. Por éstas hubo gran movimiento de bienes. Ahora bien, para tener éxito se necesitó un avance mayor en la noosfera: el crecimiento en conocimientos de astronomía, aritmética y geometría. Las culturas comerciales desarrollaron nuevos conocimientos, como la geografía, cosmografía y meteorología. Gracias a estas ciencias, el comerciante pudo traspasar conocimientos que no sólo describieron el futuro próximo, sino que además permitieron saber lo que encontraría el navegante-comerciante en camino al destino deseado.

Así se desarrollaron las culturas talasocráticas. La talasocracia, definida como la política que tiende a privilegiar el comercio a través del mar, la especulación y a los gobiernos burgueses, tuvo como finalidad la globalización de la cultura.¹⁴ Por su carácter burgués, las culturas talasocráticas tuvieron una demografía urbana y fueron sociedades progresistas que buscaron “lo nuevo”. Situadas en las costas, su expansión fue sutil y echaron mano más de la diplomacia que de la guerra.

A la talasocracia se contrapuso la telurocracia, política que tendió a la producción autárquica y que centró el poder en la posesión de la tierra, en la producción de mercancías *in situ*. La fecundidad fue la base del desarrollo económico y sus gobiernos fueron realistas, imperiales. La cultura fue una tradicionalista, familiar, basada en instituciones y leyes, situada originalmente en las cuencas fluviales. Se

¹³ Boorstin, 1986: 90.

¹⁴ Talasocracia, concepto geopolítico atribuido a Alfred Thayer Mahan en (Féodorova, 2013: 3-27).

trató de sociedades demográficamente rurales y conservadoras de la tradición. Se expandieron imponiendo su cultura mediante la guerra y la aniquilación de la cultura extranjera.

Una cultura talasocrática de la que tenemos testimonios históricos es la griega. Los helenos transmitieron el conocimiento astronómico mediante la mitología y el conocimiento geográfico mediante periplos y descripciones de rutas de navegación costera. Esto les permitió memorizar los topónimos que encontraban en su expedición.

Dos periplos que llaman nuestra atención son el que relató Heródoto de Halicarnaso,¹⁵ en el que describe una circunnavegación de África ordenada por el faraón Necho II, y el periplo que escribió el poeta romano Rufo Festo Avieno. En éste describe una ruta desde las Islas Británicas al Mediterráneo con un amplio detalle de las costas ibéricas. La obra *Ora Maritima*, conocida como *Las Costas Marítimas*, está basada en el Periplo Massaliota, o de Marsella, que data del siglo VI a.C. y que describe las rutas fenicias del estaño y de los tartessos.¹⁶ La obra puede considerarse como un antecedente remoto de las tecnologías náuticas atlánticas.

*... multa vis hic gentis est, superbus animus, efficax solertia, negotiandi cura iugis
omnibus, netisque cumbis turbidum late fretum 100
et beluosi gurgitem Oceani secant. non hi carinas quippe pinu texere et acere norunt, non
abiete, ut usus est, curvant faselos, sed rei ad miraculum navigia iunctis semper aptant
pellibus 105
corioque vastum saepe percurrunt salum. ast hinc duobus in sacram, sic insulam dixere
prisci, solibus cursus rati est. haec inter undas multam caespitem iacet, eamque late gens
Hiernorum colit. 110¹⁷*

Este antiguo pueblo ejerció influencia histórica en la mitología de la realeza española. Los tartessos rendían culto a Heracles en esa región. Más tarde, en el

¹⁵ Hdt. IV 42.

¹⁶ Este último pueblo ha sido situado por el arqueólogo y filólogo alemán Adolf Schulten como un pueblo marino situado en la cuenca y desembocadura del río Guadalquivir.

¹⁷ ...Aquí está el gran poder de un pueblo, un espíritu altivo, una destreza eficaz: a todos les posee un constante afán por negociar. Y, en esquifes, surcan, (100) a grandes distancias, el mar zarandeado por los vientos Noto y el abismo del Océano, poblado por monstruos. En efecto, no suelen ensamblar sus naves con madera de pino, no curvan sus chalupas con la de abeto, como es costumbre, sino que, ¡hecho fantástico!, construyen siempre sus embarcaciones con pieles cosidas, y muchas son las veces que recorren el vasto mar sobre el cuero. (105) Desde aquí, sin embargo, hasta la isla Sagrada -así llamaron la isla los antiguos-, una nave emplea una singladura de dos soles. La isla, en medio del oleaje, se extiende con una gran superficie de tierra, y el pueblo de los hiernos la habita ampliamente. (110) (Fest Avié, 1922).

siglo XVI, cuando se buscó un origen mítico al Imperio Español, Hércules, el León de Nemea y las columnas, fueron usados como símbolos del poder real. Las columnas aún forman parte del escudo de España. Por otra parte, se considera que la tradición marinera del Algarve Portugués viene de los marinos tartessos. Fue en el Algarve donde iniciaron las exploraciones portuguesas hacia el Océano Atlántico en el siglo XV, mismas que condujeron a las rutas de las especias en el Océano Índico.

1.4 Conocimientos presentes en el Renacimiento

Una vez que hemos visto algunos objetos que nos muestran la presencia de conocimientos astronómicos, náuticos y matemáticos en la prehistoria, que permitieron a la humanidad medir el tiempo, abstraer y graficar descripciones de la tierra y mar circundante, y construir entes de razón matemática, pasaremos a hacer un análisis hermenéutico de los conocimientos de la cultura clásica presentes al inicio del siglo XVI en Europa. Para ello, analizaremos con detenimiento un poema cosmológico, un fresco filosófico, un manual de construcción, un faro del saber, una maquinaria lógica y una canción náutica. Todo lo anterior nos permitirá conocer los antecedentes del pensamiento cosmográfico y náutico de los novohispanos del siglo XVI.

1.5 Un poema cosmológico

La obra de Dante nos presenta un resumen poético de los paradigmas cosmológicos de Europa occidental en la Baja Edad Media. Durante la Edad Media, el idealismo neoplatónico cristiano de la Alta Edad Media se equilibró con el advenimiento realismo aristotélico. El racionalismo del sistema ptolemaico proporcionó descripciones más coherentes del comportamiento estelar. Pero estos sólidos paradigmas bajomedievales, ante las dudas que aparecieron en el Renacimiento, pronto comenzaron a abandonarse, dados los descubrimientos geográficos de los exploradores europeos. Éstos plantearon preguntas cuyas respuestas provocaron serias anomalías en el conocimiento europeo. Un ejemplo es la *teoría heliocéntrica* en la astronomía y el concepto del *impetus impressus*¹⁸ en la física. Estas “anomalías” sentaron las bases para la “matematización” de la naturaleza, que a su vez constituyó el núcleo metodológico de la ciencia

¹⁸ Atributo de los objetos móviles que compartían diversamente las ideas de inercia, el impulso y la energía cinética (Durham, 1989:100).

positivista. Por esta razón, iniciaremos con el análisis hermenéutico de un poema que nos describe la forma en la que explicaron el cielo al inicio del Renacimiento.

Granada nos dice:

*Dante... constituye un momento decisivo en el desarrollo de las ideas cosmológicas en la Baja Edad Media, es decir, en el período dominado por la representación aristotélico-ptolemaica del universo, que se prolonga hasta el siglo XVI, hasta el estallido de la revolución copernicana.*¹⁹

Y Durham afirma que: *Tal vez la Divina Comedia con su universo de diversos niveles, sea la obra que mejor expresa el nivel general de la cosmografía del siglo XIII.*²⁰

En el análisis de *La cosmología de Dante*,²¹ Granada nos describe que el poeta florentino presentó una versión muy extendida de la *imago mundi*, ya que conoció muy bien la cosmología dominante en el medio culto, pero además nos aportó conceptos e imágenes propias que se convirtieron en temas aceptados para describir y entender el cosmos.

Dante Aligheri escribió otras dos obras que detallan más ampliamente esta cosmología, *El Convivio* o *El Convite*, en el que nos revela de manera magistral la estructura del cosmos, y un opúsculo tardío escrito en latín *Questio de aqua et terra*, que proporciona una explicación de la posición más elevada de la tierra con respecto del agua, al ser ésta, más ligera que la tierra.

1.6 Descripción del cosmos medieval

En *La Divina Comedia*, Dante describe una peregrinación por todos los lugares del universo medieval europeo: Infierno, Purgatorio y Paraíso. El cosmos descrito es finito, heterogéneo y jerarquizado de acuerdo con la tradición aristotélica. Se distribuye en tres regiones: la sublunar, compuesta por los cuatro elementos mutables: tierra, agua, aire y fuego; la supralunar o celeste, compuesta de éter inmutable, y la supraceleste o angélica, sin materia física, que es a la que llama Paraíso. La Tierra es el centro inmóvil del universo y el mundo celeste se mueve en torno a la Tierra.

En la descripción de la esfera terrestre, la tierra habitada, el *Ecúmene*, que Dante

¹⁹ Granada, 2007: 311.

²⁰ Durham, 1989: 97.

²¹ Granada, 2007.

llamó *la gran secca* está situada en el hemisferio septentrional, y contradice las leyes naturales aristotélicas. La tierra, que es más grave que el agua, debería estar naturalmente bajo ésta, pero la tierra, la *gran secca*, se extiende desde el extremo occidental situado en Cádiz y termina en el extremo oriental, el río Ganges, lo que abarca una longitud geográfica de 180 grados. En el centro geográfico está Jerusalén, ya descrito por la Biblia: *Esta es Jerusalén: yo la puse en medio de las gentes y las tierras que están en derredor suyo.*²² La *gran secca* comprendió los tres continentes Europa, Asia y África limitados entre el círculo polar ártico y la zona ecuatorial. El resto de la superficie terrestre se supuso cubierto por agua, excepto la montaña del Purgatorio que emergía en algún lugar del hemisferio austral.

La obra *Quaestio de aqua et terra* responde a la contradicción de las leyes de la *gran secca* en términos naturales: una primera causa es que debe existir un lugar contingente donde los elementos se mezclen; esto sólo puede suceder si la tierra emerge del agua.²³ La causa eficiente es el cielo de las estrellas fijas. Este cielo es el agente que hace elevarse la tierra sobre las aguas por medio de una atracción parecida al imán o por vapores impelentes.²⁴

El hemisferio boreal es la parte inferior de la creación, de donde la tierra emergió del agua al huir de Lucifer que cayó del cielo. Al mismo tiempo, en la parte superior de la esfera celeste, la tierra austral emergió para evitar el contacto con Lucifer. Se formó así la gran montaña del Purgatorio que tiene en su cima el Paraíso Terrenal. Jerusalén es antípoda del Paraíso Terrenal porque es el lugar del sacrificio de Cristo, quien terminó con el pecado original de Adán y Eva. Este pecado fue el causante de la caída del género humano y de su expulsión del Paraíso Terrenal al hemisferio septentrional, que está más alejado de Dios.

1.7 Descripción del inframundo

Miguel Ansí Palacios afirmó que Dante se basó en los textos del místico sufí musulmán andalusí Ibn al Arabi para la descripción del infierno.²⁵ El Infierno tiene un lugar físico en el interior de la tierra, bajo el hemisferio septentrional, exactamente debajo de Jerusalén. Su forma es de un cono invertido, con nueve círculos concéntricos cada vez más profundos. El vértice del cono está precisamente en el centro de la tierra y del universo, a la mayor distancia de Dios y del Bien. En ese vértice está Lucifer, el gusano que perfora el mundo. *Imagini*

²² Ezequiel 5,5.

²³ Dante, 1995: 45-48. Disputa, XVIII. Cfr: Ansí Palacios, 1919.

²⁴ Dante, 1995: 71-73. Disputa, XXII.

²⁵ Ansí Palacios, 1919: 20.

*ancora/ d'esser di la` dal centro, / ov'io mi presi/ al pel del vermo reo/ che 'l mondo fora*²⁶.

Fue tal la permanencia de estas imágenes del cosmos, que en 1588 Galileo Galilei describió el infierno de la misma forma, en *Due lezioni all'Accademia fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'inferno di Dante*²⁷.

En la descripción de su viaje, Dante relata que, al llegar al fondo del infierno, la posición se invierte:

*Di là fosti to tanto quant'io scesi;/ quand' io mi volsi, tu passasti'l punto/ al qual si traggon d'ogne parte i pesi./ E se' or sotto l'emisperio giunto/ ch'è opposto a quel che la gran secca/ coverchia, e sotto 'l cui colmo consunto/ fu l'uom che nacque e visse senza pecca*²⁸.

Lo anterior se puede interpretar como un descenso a las profundidades del mal, *el punto donde todo peso converge*, a lo que sigue una conversión física y espiritual, debida al sacrificio de Cristo. Al invertir la posición, es posible ascender al otro hemisferio:

*Com'io da loro sguardo fui partito,/ un poco me volgendo a l 'altro polo,/ là onde 'l Carro già era sparito*²⁹.

De esta manera puede llegar a la montaña del purgatorio y de ahí, al Paraíso, donde ya no lo puede acompañar Virgilio. La compañía para ir al Paraíso es Beatriz, con quien viajará a través de las esferas celestes o cielos.

En la cosmología dantesca, el Purgatorio tiene un lugar físico, está en la región del aire sublunar, en el hemisferio austral situado en el Mar Océano, en la antípoda geográfica de Jerusalén, descrito como una elevada montaña de nueve cornisas y cuya cumbre está situada en la región superior del aire. Ahí se encuentra el Paraíso Terrenal, donde Adán y Eva vivieron hasta la expulsión al hemisferio septentrional, como consecuencia de su falta.

Más que probable es que Cristóbal Colón se haya basado en esta cosmología,

²⁶ Tu cabeza preocupada,/ estar piensa en el centro en que me viste/ asir el pelo del que al mundo horada (Inferno. Canto XXXIV 106-108).

²⁷ Galileo, 1970: 34.

²⁸ Allá estuviste mientras yo me hundía; y del punto en que converge todo peso, pasaste mientras yo me revolvía. Ahora, de otro hemisferio te encuentras junto, puesto que la *Gran Seca* te depara techo, en cuya cima fue consumido, el hombre que jamás pecó (Inferno. Canto XXXIV 105-114).

²⁹ Cuando por fin dejé de contemplarlos / dirigiéndome un poco al otro polo, / por donde el Carro se había sumergido (Purgatorio, Canto I 28-30).

cuando en 1498 supuso que se encontraba con el río que fluye por el Paraíso Terrenal, y en realidad se trataba del Delta del Orinoco que penetra varios kilómetros en el Golfo de Paria:

Yo no tomo que el Paraíso Terrenal sea en forma de montaña áspera como el escribir dello nos amuestra, salvo qué sea en el colmo allí donde dije la figura del pezón de la pera, y que poco á poco, andando hacia allí, desde muy lejos se va subiendo á él; y creo que nadie no podría llegar al colmo como yo dije, y creo que pueda salir de allí esa agua, bien que sea de lejos y venga a parar allí donde yo vengo y haga este lago. Grandes indicios son estos del Paraíso terrenal, por quel sitio es conforme á la opinión de estos santos é sanos teólogos, y asimismo las señales son muy conformes, que yo jamás leí ni oí que tanta cantidad de agua dulce fuese así dentro é vecina con la salada; y en ello ayuda asimismo la suavísima temperancia, y si de allí del Paraíso no sale, parece aun mayor maravilla, por que no creo que se sepa en el mundo de río tan grande y tan fondo.³⁰

1.8 Descripción del cielo

A los cielos se los describe como esferas continuas, sin espacios vacíos entre ellas. Dante ya había explicado de forma sistemática el conjunto celeste en el *Convivio*, texto anterior a la *Divina Comedia*. En aquella obra describe la estructura del cielo y de sus inteligencias motrices. Las inteligencias motrices de Aristóteles, llamadas “ángeles” por los europeos medievales, son las causas eficientes de los movimientos planetarios. Hay un ángel para cada movimiento del planeta. Según esta teoría, por ejemplo, para el movimiento retrógrado de Venus se requerirían tres ángeles. Las inteligencias motrices son diferentes a la materia de las esferas, creadas por Dios fuera del tiempo en un acto único y eterno.

En su descripción del cielo, Dante nos proporcionó más información que Aristóteles en *De Caelo*. Agregó conceptos tomados de Ptolomeo y de los astrónomos árabes: colocó al Sol sobre Mercurio y Venus, describió una esfera o cielo para cada planeta, y así disminuyó el número de esferas celestes a siete planetarias más la octava esfera de las estrellas fijas. Agregó una novena esfera la *Primum mobile*, para asignar a la esfera de las estrellas fijas el lentísimo movimiento de precesión equinoccial. En esta esfera están las aguas sobre el firmamento, como lo describió la revelación:

³⁰ Colón, 1892: 288

*Dijo Dios: Haya una bóveda en medio de las aguas, para que separe unas aguas de las otras. / Hizo Dios entonces como una bóveda y separó unas aguas de las otras: las que estaban por encima del firmamento, de las que estaban por debajo de él.*³¹

El mundo entero y la esfera cristalina que lo rodea están en la mente divina, donde son abrazados por otro círculo inmaterial, sólo comprendido por la divinidad:

*Questo cielo non ha altro dove / che la mente divina, in che s'accende / l'amor che'l volge e la virtù ch'ei piove. / Luce e amor d'un cerchio lui comprende, / sì come questo li altri; e quel precinto / colui che'l cinge solamente intende.*³²

El Empíreo es un cielo inmóvil, de luz y amor divino, fuente de movimiento que se difunde al interior del cosmos celeste y sublunar. Es un cielo teológico que permite escapar de las dificultades aristotélicas. Beatriz describe este cielo: *Noi siamo usciti fore / del maggior corpo al ciel ch'è pura luce: / luce intellettuale, piena d'amore; / amor di vero ben, pien di letizia; / letizia che trascende ogni dolore.*³³

Dante relata que contempló a Dios en el Empíreo, como un punto *che raggiava lume*. En torno a éste giran nueve círculos de fuego, a los que corresponden nueve jerarquías angélicas; a saber, Ángeles, Arcángeles, Principados, Potestades, Virtudes, Dominaciones, Tronos, Serafines y Querubines. Aunque su número es enorme, es a su vez, finito. Dante describe la reacción de Beatriz ante el asombro: *E quella che vedèa i pensier dubi / ne la mia mente, disse: «I cerchi primi / t'hanno mostrato Serafi e Cherubii.*³⁴

Este orden de las jerarquías celestes está basado en la obra *Sobre la jerarquía celestial*, del neoplatónico Pseudo Dionisio Areopagita. Por ello, en el pensamiento medieval, el universo físico y los conceptos teológicos están presentes, conviven y se mezclan, para explicar las contradicciones lógicas de la cosmología antigua. Pseudo Dionisio recurrió a la Biblia, como una fuente de información cierta, y usó la fe como método de conocimiento.

La concepción del Cielo de Pseudo Dionisio fue el concepto que prevaleció en la Baja Edad Media y todo el Renacimiento. Los peripatéticos prolongaron este concepto del cielo al ser los principales opositores al heliocentrismo copernicano.

³¹ Génesis 1, 6-7.

³² En este cielo, todo lo promueve/ la mente divina, que amor enciende/ dándole impulso y la virtud de él llueve./ De luz y amor un cerco lo comprende, como éste a los demás, y ese precinto/ aquel que lo ciñó tan sólo entiende (Paraíso. Canto XXVII 109-114).

³³ Ved del cielo la luz pura:/ ya del más grande cuerpo estamos fuera;/ luz de la mente, llena de ternura,/ de verdadero amor y de leticia, / que trasciende doquiera su dulzura (Paraíso. Canto XXX 37-42).

³⁴ Y aquélla que las dudas de mi mente sabía/ dijo: "Los primeros círculos/ te muestran Serafines y Querubines (Paraíso. Canto XXVIII 98-99).

Acorde con las ideas peripatéticas, fray Alonso de la Vera Cruz describió estos conceptos en *Del Cielo*, en las especulaciones de la 1 a la 7.

1.9 Un fresco filosófico

En un intento por obtener un resumen gráfico de los paradigmas del saber a inicios del siglo XVI, se debe contemplar y describir una obra pictórica que considero presenta a primera vista los conocimientos explícitos prevalecientes en el Renacimiento.

Julio della Rovere, Julio II, Sumo Pontífice de la Iglesia Católica desde 1503 hasta 1513, renovó los edificios del Vaticano. Puso especial cuidado en la decoración de sus estancias personales. El trabajo pictórico lo realizó Rafael Sanzio, quien trabajó en este encargo desde 1508 hasta 1520. Las cuatro estancias decoradas estaban situadas en el segundo piso del Palacio Pontificio. La segunda sala, llamada *de la Signatura*, era la biblioteca del papa. Podemos suponer que ahí está representado el resumen del conocimiento de la civilización cristiana occidental a inicios del siglo XVI. Consta de dos murales: la *Disputa del Santísimo Sacramento*, que nos representa la revelación como fuente de conocimiento. Frente a ella está la Escuela de Atenas, que representa la filosofía imperante.

1.10 Descripción general de la obra

La Escuela de Atenas muestra el renacimiento del saber antiguo en la Roma de 1500. En ella, las imágenes de grandes genios del Renacimiento representan a los sabios clásicos. Santiago Fernández³⁵ nos cuenta cómo Rafael los presenta escribiendo, dialogando, dibujando y filosofando. El fresco tiene una gran simetría; gruesos muros soportan la enorme bóveda que enmarca las figuras de 58 personajes que describen a las ideas de la Grecia clásica en un equilibrio gráfico y filosófico.

En los nichos, a los lados del primer arco, están las estatuas de Apolo y Minerva con unos bajorrelieves situados debajo. Tritón rapta a una vida, simbolizando la violencia y los deseos sensuales que dominan la parte inferior del alma humana y que deben ser dominados y guiados por la razón estoica, misma que representa Apolo. Las alegorías que están bajo Minerva al parecer simbolizan la actividad de

³⁵ Fernández, 2006.

la inteligencia, gobernada por la divinidad.³⁶

Al centro se encuentran los dos pilares de la filosofía occidental: Platón, con el *Timeo* en su mano izquierda, y la derecha apunta con el dedo al cielo, que indica lo cierto, lo sublime, lo ideal. A la izquierda de él, Aristóteles, lleva la *Ética a Nicómaco* en su mano izquierda y con la palma de la mano derecha horizontal y hacia abajo nos señala lo terrenal, lo mutable, lo pragmático, lo concreto.

Situados a la izquierda y escribiendo sobre una pequeña columna, se encuentran el filósofo hedonista y atomista Epicuro, quien propone un universo caótico y heliocentrista. A él se lo representa con una corona báquica. Cerca de él está el fundador del estoicismo, Zenón de Citio.

Recostado en los peldaños, se encuentra Diógenes, el sabio cínico, apoyado en un bloque de mármol. El filósofo pesimista Heráclito, está ensimismado tratando de escribir en una hoja. En el ángulo superior derecho se encuentran Protágoras, Parménides y Zenón de Elea, quienes observan toda la escena.

Pitágoras, representado a la izquierda en primer plano, está concentrado en explicar el *diatessaron*, proporciones de armonía musical que, como el *diapente* y *diapasón*, se utilizaban en el diseño clásico para otras artes como la pintura, escultura y arquitectura. En el libro que tiene abierto sobre sus rodillas, un joven le muestra una tablilla donde se aprecia el Tetractys, figura triangular formada por 10 unidades representadas por caracteres. Esta figura, sagrada para los pitagóricos, nos representa la Aritmética, arte o saber exacto definido por Boecio como el de las cantidades discretas y absolutas. En la pizarra también se ven unas líneas curvas que sugieren la armonía musical, arte o saber exacto de las cantidades discretas y relativas. Al joven y a Pitágoras los observa el filósofo y médico andalusí Averroes.

A la derecha del cuadro podemos distinguir a Euclides, quien, con un compás en la mano, dibuja en el suelo sobre una tablilla encerada. Esto nos representa el arte o saber exacto de las cantidades continuas estables, la Geometría.³⁷

Cerca de Euclides se encuentra un personaje que tiene en sus manos una esfera celeste. A él se lo asocia con Zoroastro, quien representa el antiguo conocimiento oriental, en esa época atribuido a los caldeos. Es una representación del origen de la Astronomía, arte o saber exacto de las cantidades continuas móviles. Zoroastro dialoga con Ptolomeo, el matemático y filósofo alejandrino, quien tiene en sus manos la esfera terrestre, lo que representa la Geografía. Ésta fue la obra más conocida de él en ese tiempo. Quizá por un error histórico está coronado, lo que supone que el sátrapa Alejandro Ptolomeo y el sabio Claudio Ptolomeo son la

³⁶ Fernández, 2006: 128.

³⁷ Fernández, 2006: 128-130.

misma persona.³⁸

En esta obra podemos contemplar una imagen gráfica muy elocuente. Nos muestra el interés que despertó en el Renacimiento por compilar y estudiar las obras antiguas y las artes liberales, especialmente del *Quadrivium*: Aritmética, Geometría, Astrología y Armonía. Nótese, no obstante, la presencia de la Geografía al mismo nivel de las artes liberales. En los párrafos siguientes explicaremos con más detalle cada uno de los personajes representados en el fresco.

1.11 La racionalidad del Cosmos

Ahora procederemos a describir los códigos adjuntos a cada personaje con base en los objetos con los que el personaje opera en la imagen. Éstos describen de manera gráfica, muy sucinta, las ideas reconocidas al inicio del siglo XVI, cuando se recurrió a las fuentes antiguas buscando certezas para explicarse el cosmos que se desvelaba ante los hombres del Renacimiento. Describiremos solamente a los personajes relacionados con las ideas presentes en los textos cosmográficos y náuticos de los novohispanos del siglo XVI.

Ana Rioja y Javier Ordóñez nos dicen que, en las colonias griegas de la península italiana, en el siglo VI y V a. C. se desarrolló la cosmología de la Escuela Pitagórica, que tiene las ideas de la esfericidad del mundo; es decir, la existencia de una esfera celeste donde se encuentran fijas las estrellas, la esfericidad de la tierra, la ubicación de la luna, sol y planetas entre la tierra y las estrellas, el atribuir al sol dos movimientos uno diurno y otro anual. El movimiento de los astros debería ser simple y ordenado, aunque lo percibamos irregular y desordenado, pues el mundo se rige por una armonía universal. De ahí que los movimientos de los astros deberán ser armónicos, simétricos, circulares. Se aproximó la astronomía observacional a la aritmética y la geometría, con argumentos armónicos musicales.³⁹

La idea básica es la siguiente: la naturaleza obedece a leyes matemáticas razonables, perfectas e inmutables, y no es una manifestación de la errática voluntad de los dioses.⁴⁰ Este modo racional de contemplar la naturaleza, de buscar la armonía en el aparente caos, es la búsqueda del *arché*, nota distintiva del conocimiento griego desde sus más antiguos inicios:

La mayor parte de los primeros que filosofaron, no consideraron los principios de

³⁸ Fernández, 2006: 128.

³⁹ Rioja, 1999: V1:31-33.

⁴⁰ Neugebauer, 1969:148.

*todas las cosas, sino bajo el punto de vista de la materia. Aquello de donde salen todos los seres, de donde proviene todo lo que se produce, y a donde va a parar toda destrucción, persistiendo la sustancia misma bajo sus diversas modificaciones, he aquí el principio de los seres. Y así creen, que nada nace ni perece verdaderamente, puesto que esta naturaleza primera subsiste siempre.*⁴¹

1.12 La armonía numérica de Pitágoras

Iniciaremos esta descripción con un personaje históricamente difuso, Pitágoras de Samos. La historia del pensamiento occidental lo considera como uno de los precursores de las matemáticas teóricas y la filosofía. Pitágoras fue una figura muy importante en la cultura europea, sin embargo, no contamos con fuentes documentales primarias que aporten datos sólidos sobre las ideas de la armonía numérica del cosmos que posteriormente se le atribuyeron. Hasta ahora no hay evidencias de escritos suyos. Se dice que la transmisión del conocimiento tácito se hizo en códigos secretos, sólo accesible a los miembros de una secta fundada por Pitágoras mismo. Así, desde el punto de vista histórico, se consideran datos difusos. Complica aún más el definir a Pitágoras histórico por la creencia de sus discípulos en la *Metempsicosis*. Según esta creencia, el alma del fundador se alojaba en el cuerpo de otros miembros de la secta, lo que provocó que hechos posteriores fueran atribuidos al fundador reencarnado en otras personas. De ahí que sea tan complicado saber lo que hizo el fundador y lo que hizo la secta.

De acuerdo con Hernández de la Fuente, las ideas pitagóricas han ejercido una atracción muy particular en la cultura europea. Han evolucionado por varias fases en el tiempo: desde la burla anecdótica de la Grecia clásica, hasta la aceptación fanática en la Grecia helenística y la reconstrucción críptica moderna.⁴²

El Pitágoras histórico se describe como un sabio político originario de la isla de Samos, y que fue un luchador social, político activista, y líder de una secta político-religiosa, que propuso una mezcla de ideas egipcias, órficas griegas y religiosas persas e hindúes. Estas ideas políticas y religiosas fueron probadas y rechazadas posteriormente en la ciudad-estado de Crotona, Italia. Vivió en la frontera occidental del Imperio aqueménida, que se extendió desde la península de Anatolia y Egipto hasta el valle del río Indo. El Imperio persa aqueménida fue muy tolerante con sus ideas y permitió el intercambio comercial, intelectual y religioso entre los pueblos sojuzgados. Esto hizo posible el establecimiento en sus fronteras de experimentos políticos y religiosos. Ahora bien, la política talasocrática griega que tendía a la libertad intelectual y política, permitió la implantación del

⁴¹ Arist. *Metaph.* 980a, 993a.

⁴² Hernández, 2014: 48-52.

pitagorismo político en Crotona y posteriormente lo rechazó.⁴³ Pero las ideas de esta secta calaron hondo en el pensamiento europeo. Así, varios autores posteriores refieren las ideas pitagóricas. Los griegos clásicos tomaron muchas de las ideas básicas, como Platón. Otros, como Aristóteles, las rechazaron con cierta burla anecdótica. Después, ya en el helenismo, se dio una recreación de sus ideas más allá de lo que quizá fueron. Según el pitagorismo, muchas ideas de los paganos neoplatónicos helénicos se las refiere como provenientes del pasado remoto. Sin embargo, hay coincidencias en las ideas metafísicas básicas, como la inmortalidad del alma y la existencia de un mundo metafísico ideal, superior a la realidad física mutable. El misticismo y la ascesis quizá se debieron al contagio de las ideas religiosas judeo-cristianas.⁴⁴

Las ideas de la armonía matemática del cosmos pudieron estar presentes en la secta pitagórica original, pero de ello no hay constancia documental. El desarrollo de estas ideas fue en el período helénico. Un factor adicional que provoca confusión, es la fuerte adopción moderna de los conceptos de armonía numérica del cosmos que inició a fines del siglo XV, pues se atribuye estas ideas a Pitágoras. Después se desarrollaron de manera gradual desde el siglo XVI y hasta la primera mitad del siglo XX.⁴⁵

1.13 La armonía del cosmos

Esta investigación se centra en la cuestión del número y la armonía, que aportó teorías al platonismo. Las ideas pitagóricas fueron eminentemente religiosas del siglo V al IV a. C. Pero a partir de Platón, dio inicio la imagen del pitagorismo como escuela matemática y astronómica. Inició en la *República* cuando Sócrates concuerda con los pitagóricos en que las ciencias de los astros y las matemáticas están hermanadas, pero estas ideas se desarrollaron cien años después de Pitágoras.⁴⁶ Aristóteles describe las ideas de la armonía numérica del cosmos: *Los llamados pitagóricos creían que los números eran los principios (Archai) materiales de las cosas.*⁴⁷

Las ideas numéricas quedaron afianzadas por Aristóteles en la *Metafísica*:

...en tiempos de estos filósofos y antes que ellos (Empédocles, Demócrito, etc.), los llamados pitagóricos se dedicaron a hacer matemáticas y fueron los primeros en hacer progresar la ciencia. Absortos en este estudio, creyeron que los principios de

⁴³ Hernández, 2001: 58-60.

⁴⁴ Hernández, 2014: 44-46.

⁴⁵ Hernández de la Fuente, 2001.

⁴⁶ Hernández, 2014: 142.

⁴⁷ Arist. *Metaph.* A 5, 986, a 15 citado en Hernández, 2014: 142.

las matemáticas eran los principios de todo. Y como los números son por su naturaleza anteriores a las cosas y aquellos creyeron percibir en ellos, más bien que el fuego, la tierra o el agua, una multitud de analogías con las cosas que existen y producen -creían que cierta combinación de números, por ejemplo, era la justicia, otra el alma y la inteligencia, otra la oportunidad-, y como veían que las combinaciones y proporciones de las escalas musicales estaban basadas en números, discurrían que todas las cosas estaban formadas a semejanza de los números, y que los números eran anteriores a todas las cosas, creyendo que los elementos de los números son los elementos de todos los seres, y que el universo entero es armonía y número.⁴⁸

Podemos afirmar que estas ideas provienen de la adivinación por medio de los números que Pitágoras practicó y, posteriormente, del concepto y juramento del Tetractys. El Tetractys se puede definir aritméticamente la representación con un *calculus*⁴⁹ de la suma de $1+2+3+4 = 10$, relacionado con el tetraedro, el trípode. La naturaleza se representaba por el seis, una combinación de sumas de pares e impares.⁵⁰ Pitágoras afirmaba que el poder del 10 radica en el número 4, la tétrada, pues al partir de la unidad, se suman los números en cuatro sumas sucesivas hasta formar el 10. Por esta razón se invocaba el Tetractys en el juramento más solemne.⁵¹ En las especulaciones posteriores se construyeron series numéricas más complicadas. Con base en las series triangulares originales, se buscaron series cuadradas, pentagonales, hexagonales, etc. Aristóteles nos dice que:

Todas las analogías que podían descubrir en los números y en la música, junto con los fenómenos del cielo y sus partes y con el orden del universo, las reunían, y así formaban un sistema. Y si faltaba algo, empleaban todos los recursos para que aquél presentara un conjunto completo. Por ejemplo, como la década parece ser un número perfecto que abarca todos los números, teorizaron que los cuerpos que hay en movimiento en el cielo son diez. Pero como no hay más que nueve, han debido imaginar un décimo, la Antitierra.⁵²

Se creía que en el centro del universo había un fuego y en torno a éste todos los astros giraban en órbitas circulares.⁵³ Así se producía una cierta armonía o música celestial inaudible a los humanos.⁵⁴

Resulta probable que la cosmología pitagórica del número, como casi todo lo

⁴⁸ Arist. *Metaph.* A 5, 985 b 23 citado en Hernández, 2014: 143.

⁴⁹ Pequeñas piedras empleadas en los ábacos primitivos.

⁵⁰ Arist. *Metaph.* I 896 a 9 12 citado en Hernández, 2014: 145.

⁵¹ Aecio I 3,8 citado en Hernández, 2014: 145.

⁵² Arist. *Metaph.* B I 3, 293 a I 8 citado en Hernández, 2014: 146.

⁵³ Hernández, 2014: 146.

⁵⁴ Arist. *Cael.* B 9, 290 b 12 citado en Hernández, 2014: 147.

transmitido por las fuentes postaristotélicas acerca de la física, los astros o el número, derive de Filolao y Arquitas, aunque su paternidad legendaria se adscribiera a Pitágoras.⁵⁵ La epistemología numérica de Filolao expuesta en su fragmento 4 dijo que toda materia está compuesta y es cognoscible por el número.

Por su parte, quería dar a la armonía una base matemática. Así, estudió las proporciones de las consonancias de octava, quinta y cuarta, presentó una teoría acústica y del sonido y la atribuyó al movimiento de los cuerpos en el aire y su velocidad, en relación con la armonía de las esferas.⁵⁶ Si tomamos cuatro segmentos de cuerda musical, de iguales características físicas pero distintas longitudes (6, 8, 9 y 12 unidades de largo), las tensamos con igual fuerza y las hacemos vibrar, el intervalo entre la de seis y la de doce, el de mayor amplitud, es una octava (diapasón); entre seis y nueve y entre ocho y doce una quinta (diapente), entre seis y ocho y entre nueve y doce una cuarta (diatessaron). Finalmente, el intervalo entre ocho y nueve es un tono. Lo anterior es la base de la armonía occidental y de un sistema de proporciones de uso universal que no se limitan a la música,⁵⁷ sino que tocan a la arquitectura. Las proporciones armónicas las encontramos en *De Architectura* del romano Vitrubio. Él describió las relaciones armónicas que se deben de considerar para la construcción de los arcos semicirculares romanos: *Similiter cum astrologis et musicis est disputatio communis de sympathia stellarum et symphoniarum in quadratis et trigonis diatessaron et diapente, a geometris de visu qui graece logos opticos appellatur.*⁵⁸

Esta obra se utilizó ampliamente en el Renacimiento. Rafael se inspiró en ésta para pintar figuras de cuerdas semicirculares que representaron el *diapason*, el *diapente*, el *diatessaron* y el *tono*.

1.14 *Timeo* de Platón

Platón tuvo contacto con los pitagóricos de Tarento, especialmente con Arquitas, discípulo de Filolao. Las ideas pitagóricas y su propia reflexión lo condujeron a describir una cosmología en el *Timeo*. Aunque filósofos posteriores han ahondado en sus conceptos, podemos interpretar algunas ideas que permanecieron hasta el Renacimiento y que aún siguen vigentes.

⁵⁵ Hernández, 2001: 144.

⁵⁶ Hernández, 2001: 159.

⁵⁷ Reisch, 1503: 102.

⁵⁸ De igual manera, se dan aspectos interdisciplinarios entre los astrólogos y los músicos sobre la afinidad de los astros y de las sinfonías respecto a los cuadrados y triángulos en una cuarta y en una quinta; y también con los geómetras, sobre el tema de la visión que en griego se llama *logos ópticos*.

Distinción entre lo perfecto y lo mutable, *Timeo* divide la realidad en dos partes: *lo que es siempre*, que no cambia, siempre es y que podemos entenderlo con la inteligencia y *lo que siempre deviene*, que jamás es, que se capta por la opinión unida a la percepción y siempre tiene una causa. Lo que nos conduce a que existe un artífice que opera copiando lo inmutable y creando lo que deviene, que son obras imperfectas. El Cosmos pertenece a lo generado, puesto que tiene cuerpo que es visible y tangible; tiene una causa, un hacedor que para constituirlo tomó como modelo lo inmutable, es lo más bello posible, pero imperfecto.⁵⁹

La Aritmética y la Armonía, la belleza del Cosmos, se manifiestan en las razones aritméticas y armónicas que existen en él. Ahí se refleja la perfección de la idea original donde el creador se inspiró, es el alma del Cosmos.⁶⁰ El cuerpo del cosmos es esférico, que es más perfecto, pues contiene todas las otras figuras, al igual que el Viviente contiene a todos los vivientes.⁶¹ El movimiento que se le dio al Cosmos es también el óptimo: giratorio alrededor de un mismo punto. La causa de la elección de dicho movimiento es que está más cercano al intelecto, a lo inmutable. Lo separa de los restantes seis movimientos, los rectilíneos, arriba-abajo, adelante-atrás, derecha-izquierda, que están relacionados con lo irracional, lo mutable.⁶²

Al origen del tiempo, al Cosmos se le asigna una imagen móvil de la eternidad. Su movimiento es eterno, pero con una eternidad que está sujeta al número que distingue el presente del pasado y del futuro. El establecimiento del tiempo dio origen a los astros, cuya función es señalar su paso de manera discreta. El Sol y la Luna señalan el transcurrir del tiempo, el Sol marca el día y la noche, y el año; y la Luna los meses. Los otros planetas también marcan el tiempo, aunque la mayoría de los hombres no lo perciba. Cada vez que los astros retornan a su configuración inicial, se cumple un Año Perfecto.⁶³

La naturaleza está constituida por cuatro elementos, fuego, tierra, aire y agua. Los elementos están compuestos por partículas con formas triangulares básicas que forman con ellos los sólidos platónicos. El fuego está constituido por tetraedros, el agua por octaedros, el Aire por icosaedros, y la tierra por cubos.⁶⁴

El platonismo, y en particular la cosmología del *Timeo*, fue transmitido al mundo latino por autores como Cicerón, Calcidio, Macrobio y Boecio. Tuvo un papel importante en el desarrollo del pensamiento científico y filosófico de la Edad Media, época en la que se perdieron casi todas las obras de Aristóteles, en

⁵⁹ Pl. *Ti.* 27d-28c.

⁶⁰ Pl. *Ti.* 35b-36d.

⁶¹ Pl. *Ti.* 33b.

⁶² Pl. *Ti.* 34a.

⁶³ Pl. *Ti.* 37c-39d.

⁶⁴ Pl. *Ti.* 55d-56c.

especial las relacionadas con las ciencias naturales.

En cuanto a atribuir a Platón una gran influencia sobre el desarrollo de la matemática en la Antigüedad, Neugenbauer:

Me parece a mí igualmente imposible dar cualquier explicación conclusiva para el origen de las matemáticas superiores en los siglos quinto y cuarto en Atenas y las colonias italianas. En el lado negativo, no obstante, pienso que el papel de Platón ha sido ampliamente exagerado. Sus propias contribuciones directas al conocimiento matemático fueron obviamente nulas. Que, por un corto período de tiempo, matemáticos de la categoría de Eudoxo perteneciesen a su círculo no es prueba de la influencia de Platón en la investigación matemática. El carácter muy elemental de los ejemplos de procedimientos matemáticos citados por Platón y Aristóteles no apoyan la hipótesis de que Teeteto o Eudoxo aprendiesen algo de Platón. La noción frecuentemente adoptada de que Platón dirigió la investigación no está soportada por los hechos.⁶⁵

1.15 Cosmología y física aristotélica

En la Grecia clásica, los filósofos presocráticos como Tales de Mileto, Anaximandro y Anaxímenes iniciaron sus cuestionamientos cosmológicos. El objetivo era encontrar la lógica que explicara el mundo que les rodeaba, la naturaleza, a la que llamaron *Physis*.⁶⁶ Pretendieron así obtener una comprensión ordenada de ese mundo. De todos estos intentos, sobresale la obra de Aristóteles, quien observó la naturaleza con acucioso interés, reflexionó, sistematizó, compiló y documentó los conocimientos obtenidos sobre *Filosofía Natural*, y los dejó explícitos en sus obras: *Física: Sobre el Cielo*, *Los Meteorológicos*, *De la generación y la corrupción*, *Historia de los Animales* y *Parva Naturalia*, donde describe con amplitud múltiples aspectos de la naturaleza, su lógica e interpretación. En la *Física*, escribe y explica el movimiento de los cuerpos en el mundo sublunar, la tierra. En *Sobre el cielo*, describe y explica la cosmología, los cuerpos celestes del mundo supralunar, su naturaleza y movimiento. En *Los meteorológicos* describe y explica los fenómenos que se pensaba se producían en el cielo sublunar, la atmósfera, como las auroras boreales, los meteoritos, los cometas, el rocío, la lluvia, la nieve, el granizo y el arcoíris.⁶⁷

Todas sus teorías tienen como base un mundo único, eterno y finito. Supone que el mundo está dividido en dos esferas, una perfecta e incorruptible, y otra pequeña esfera corruptible. Ésta se forma de afuera hacia adentro por esferas concéntricas

⁶⁵ Neugenbauer, 1969: 152.

⁶⁶ La palabra significa "natural". Se compone de φύσις que es naturaleza y el sufijo ικα, griego también que significa "relativo a".

⁶⁷ Vera Cruz, 1557: 26-27.

de fuego, aire, agua y tierra. Es una esfera material que es un mundo de esfuerzo continuo, en el que cada uno de los cuatro elementos necesitan llegar a *su lugar propio*. El fuego va al lugar más alto, seguido por el aire, luego el agua, y finalmente la tierra ocupa el nivel más bajo. La materia anhela la forma. El esfuerzo es un comportamiento orientado hacia una meta, esfuerzo que caracteriza a la naturaleza, animada e inanimada. Lo anterior se manifiesta más claramente en el caso del organismo viviente, en la observación del desarrollo de los embriones que siguen un plan preestablecido que sucede sin imposición externa. De ahí nació el término griego de “entelequia”, para designar este fenómeno de finalidad inmanente y orgánica. Para Aristóteles, la causa final aparece como la culminación del sistema de cuatro causas, que por lo general se enumeran en el orden siguiente: material, formal, eficiente y final. Estas causas pueden considerarse como cuatro maneras, diferentes pero complementarias, de contestar a preguntas acerca de por qué las cosas son como son.

La teoría aristotélica de la naturaleza más que influyó en los pensadores neoplatónicos de la Antigüedad tardía. Hubo traducciones hechas por cristianos nestorianos al siríaco, y las traducciones árabes hechas a partir del griego y del siríaco por cristianos y musulmanes. Por último, a partir del siglo XII, eruditos judíos, cristianos y musulmanes comenzaron el gran movimiento de traducción del árabe al latín que revolucionaría el pensamiento escolástico medieval. Así fue como se introdujo una buena parte del *Corpus Aristotelicum* en Europa occidental.⁶⁸

1.16 La Geometría de Euclides

En *La Academia*, a la izquierda de Ptolomeo y Zoroastro, está una persona inclinada rodeada de jóvenes, y traza una figura geométrica con un compás en una pizarra negra. Se trata de Euclides, autor de *Los elementos*, una obra que ha permanecido casi inalterable en el tiempo.

La geometría inició muy probablemente con las culturas agrícolas, los primeros hombres del cordel, con la estaca y cuerdas, trazaron puntos y líneas que delimitaron superficies agrícolas:

Cortado así el Egipto por los motivos expresados, el mismo Sesostris, a lo que decían hizo la repartición de los campos, dando a cada egipcio su suerte cuadrada y medida igual de terreno; providencia sabia por cuyo medio, imponiendo en los campos cierta contribución, logró fijar y arreglar las rentas anuas de la corona. Con este orden de cosas, si sucedía que el río destruyese parte de alguna de dichas

⁶⁸ Vera Cruz, 1557: 27.

suertes, debía su dueño dar cuenta de lo sucedido al rey, el cual, informado del caso, reconocía de nuevo por medio de sus peritos y medía la propiedad, para que, en vista de lo que había desmerecido, contribuyese menos al Erario en adelante, a proporción del terreno que le restaba. Nacida de tales principios en Egipto la geometría, creo pasaría después a Grecia, conjetura que no es extraña, pues que los griegos aprendieron de los babilonios el reloj, el gnomon y el repartimiento civil de las doce horas del día.⁶⁹

Más tarde hubo volúmenes arquitectónicos.⁷⁰ Después, cuando se la consideró como ciencia matemática especulativa, usaron cajas de arena para resolver problemas más complejos y en las escuelas, los estudiantes romanos utilizaron tablillas con cera, estilete, regla y compás para realizar los ejercicios geométricos. En el *Ritratto di fra'Luca Pacioli con un allievo*⁷¹ de Barbari en 1495, se presenta con gran detalle gráfico la geometría euclidiana descrita a fines del siglo XV.

El mérito de la obra de Euclides es haber sistematizado todo el conocimiento anterior de la geometría y desarrollarla mediante un método deductivo. *Elementos* es una obra que estableció un sistema lógico que después fue utilizado en otras disciplinas.⁷² *Los Elementos* está dividido en 13 capítulos. Del 1 al 4 trata sobre *geometría plana*, del 5 al 10 sobre *razones y proporciones* y del 11 al 13 sobre los cuerpos sólidos. La obra que compiló y clasificó el saber anterior permaneció casi sin alteraciones a pesar de sus múltiples copias y traducciones. Después de la caída del Imperio Romano de Occidente, la obra escrita en griego permaneció dentro del Imperio Romano de Oriente, Bizancio. La copia completa más antigua que se conserva de esta obra data del 888 d.C. En Europa occidental el conocimiento se recuperó hasta que se realizaron las traducciones árabigas del siglo IX en Al Andalus ibérico, de ahí se realizó la primera traducción al latín, por Abelardo de Bath. La obra tuvo una gran difusión en todo el siglo XVI y los siglos posteriores.⁷³ En la Real y Pontificia Universidad de México fue un texto muy usado desde la época en la que fray Alonso de la Vera Cruz era maestro.⁷⁴

1.17 La Geografía de Ptolomeo

Aunque en nuestra época Ptolomeo es conocido como astrónomo, en la *Escuela*

⁶⁹ Hrdt. II 109.

⁷⁰ Ahmes, 1550 a.C.: 41-46 y 56-60; citado en Maor, 1998:11-14.

⁷¹ Jacopo de 'Barbari (atribuido a) Retrato de Fra Luca Pacioli, c. Óleo sobre tabla, 99 x 120 cm. Nápoles, Museo Nacional de Capodimonte.

⁷² Copi, 2000: 187-191.

⁷³ Navarro, 2002/2003: 78.

⁷⁴ Moreno, 2007: 94.

de Atenas se lo presentó como geógrafo. Fue autoridad única del sistema de representación gráfica de la esfera terrestre. En la escena, Ptolomeo, con una esfera terrestre en sus manos y que muestra el Ecúmene, dialoga con Zoroastro. Esta imagen concuerda con la difusión de sus obras en esa época. Su *Geografía* fue la obra más consultada y referida debido a la necesidad europea de esos años, de un método matemático de coordenadas para manejar la información geográfica. Gracias a ésta, sería posible situar en catálogos y mapas todos los nuevos datos generados por los exploradores ibéricos. Es también el referente gráfico del que se partió para dibujar los mapas de la época.

La obra de Claudio Ptolomeo influyó desde la cuenca del Tajo hasta la cuenca del Ganges por un período de 1400 años. Podemos suponer que su obra es una compilación de saberes antiguos a la que agregó ideas propias, aunque ya es imposible hacer una distinción. En su obra cita a Teón de Esmirna. La obra se difundió en el imperio Bizantino y en el islam, pero en la Europa latina se perdió a partir del siglo V y se recuperó gracias a traducciones del árabe y griego al latín hasta el siglo X.

De su amplia obra, se hace énfasis en tres libros: la *Geografía* una descripción matemática de muchos lugares del mundo conocido en esa época, la “Ecúmene”; el *Tetrabiblos*, un breve manual de astrología utilizado en medicina y astronomía judiciaria; y el *Almagesto* amplio compendio de la matemática astronómica que permite calcular dónde se podían localizar los cuerpos celestes en cualquier momento y lugar.

1.18 Geografía

La *Geografía* es un catálogo que proporciona coordenadas de las principales ciudades. Contiene un mapa de todo el mundo conocido en el Imperio Romano del siglo II. Ptolomeo declara que se basó en los datos de la obra del Marino De Tiro, de la cual no tenemos otra noticia, y le agregó datos obtenidos de los marinos romanos y persas.

El impacto de la *Geografía* sobre Europa occidental inició a finales del siglo XIV a partir de manuscritos Bizantinos. Jacopo d’Angelo la tradujo al latín como *Geographia Claudii Ptolomaei* en 1406 y la dedicó al Papa Alejandro V. En la Real Academia de Historia de España, existe un ejemplar, el *Cosmographia Ptolomei*, impreso en Roma por Arnoldus Bruckink en 1478. Éste contiene la siguiente nota: *Myrabiles eleationis maris mirabilis in altis / dominus*,⁷⁵ que se encuentra en la

⁷⁵ Maravillosas son las encrespaduras del mar; más admirable es el señor de las alturas (Sal. 92,4).

primera página del ejemplar, seguida de la firma “Xpo FERENS”, que se atribuye a Cristóbal Colón.⁷⁶

El contenido de la *Geografía* se divide en tres: a) la parte teórica, que critica la geografía de su tiempo y en la él propone su nueva forma de describir la tierra conocida. b) La parte numérica, en la que describe con números los puntos conocidos de la esfera terrestre, sus coordenadas y topónimos, y c) la parte tecnológica, en la que explica las técnicas cartográficas al utilizar las coordenadas esféricas para proyectar en el plano del mapa, así como la forma de elaborar y construir el mapa.⁷⁷ La obra tiene ocho libros: El libro I describe los métodos que utilizó para el acopio y organización de las coordenadas esféricas terrestres. Del libro II hasta el libro VII nos proporciona unas tablas con nombre, latitud y longitud de 7,000 puntos geográficos conocidos en su época, la *Ecúmene*. El resto del libro VII nos da los detalles sobre los tres métodos de proyección de las coordenadas esféricas sobre un plano, para obtener una representación plana, más o menos fiel de la superficie esférica. El libro VIII es una colección de mapas regionales.

La aportación más importante de la *Geografía* es el método matemático para medir y registrar de forma gráfica la superficie esférica de la Tierra. La latitud está medida desde el ecuador situado en algún punto de África hasta el Polo Norte. No se la representa en arcos esféricos medidos en grados, sino en *Climata*,⁷⁸ un dato dado en función del tiempo que transcurre en el solsticio de verano. Asignó 12 horas al Ecuador y 24 horas al Polo Norte. Esta forma de medir la latitud era más fácil en su época: el día solar y la declinación solar anual se medía con sencillos relojes solares. Para medidas más precisas se usaron los obeliscos, monumentos solares que existían en las antiguas ciudades egipcias.

La *Geografía* define algunos puntos como referencias geográficas: Clima I, *A través de Meroe*, día mayor 13 h. 16°56'06.5"N,33°45'02.7"E actualmente *Meruwah*, Meroe, Sudán; Clima II, *A través de Sirene* día mayor 13 ½ h. 24°05'04.4"N,32°53'09.1"E, actualmente *Aswan*, Asuán, Egipto; Clima III, *A través de Alejandría*, día mayor 14 h. 31°12'0"N,29°55'0"E, actualmente, *Isindireyya*, Alejandría, Egipto; Clima IV, *A través de Rodas* día mayor 14 ½ h. actualmente Rodas, Grecia; Clima V, *A través de Roma* día mayor 15 h. 41°54'08"N,12°27'28"E, actualmente, Roma, Italia, aunque se podría suponer que en copias posteriores al siglo IV se sustituyó por Bizancio, la Roma de Oriente, 41°0'31"N,28°58'16"E, actualmente Estambul, Turquía.

A partir de aquí las localizaciones se hacen inciertas, pues se encontraban en las fronteras culturales de la Roma Imperial, Clima VI, *A través de Borístenes* día

⁷⁶ Real Academia de Historia, 2001: 341.

⁷⁷ Tsorlini, 2011: 1.

⁷⁸ Waldseemüller, 1507 f. *xiii v.*

mayor 16 h. 47°50'16.0"N,35°08'18.0"E. Este punto podría situarse en Zaporiyia, Ucrania, una antigua ciudad escita situada en los márgenes del río Dnieper, llamado *Borístenes* por los griegos; Clima VII, *A través de Rhipheón*, día mayor 16 ½ h. de ubicación incierta en los 51 ½ grados de latitud norte. De acuerdo con las descripciones geográficas, podríamos situarla en 51°32'0"N,46°0'0", Sarátov, Rusia ciudad fundada desde la antigüedad a los márgenes del río Volga, río que nace en los Montes Urales; Clima VIII, *A través de Thule*, día mayor de 20 h. de ubicación incierta en los 63 grados de latitud norte.⁷⁹

En su cuarto viaje, Cristóbal Colón, al llegar a las costas de Costa Rica, creyó haber llegado a la costa de Vietnam, Ciamba: *...allí supe de las minas del oro de la provincia de Ciamba, que yo buscaba*⁸⁰. Por ello navegó hacia el sur, buscando el Cabo de *Kattigara*, en el "*Sinus Magnus* de Malaca, *Tolomeo asienta Catigara a 12 líneas lejos de su Occidente*.⁸¹"

Debido a las múltiples copias o debido a lo lejano de los lugares, el extremo de la tierra conocida no esta donde se suponía. Si medimos 180 grados a partir de las islas Canarias, llegaremos a la Península Rusa de Kamchatka, relativamente cercana al estrecho de Bering, donde realmente termina Asia y donde inicia el Archipiélago Aleutiano.

Otra aportación muy importante de la *Geografía* fueron las directrices para la representación plana de la esfera terrestre. Utilizó tres métodos para la proyección en un plano de las coordenadas esféricas: la proyección cónica, la curvilínea y la proyección en perspectiva.⁸² Estos sistemas fueron muy utilizados por los cartógrafos renacentistas, hasta que la *Proyección Mercator* los sustituyó.⁸³

Los métodos cartográficos y el catálogo de puntos geográficos se utilizaron como una base para registrar todos los puntos descubiertos por los europeos en las exploraciones del siglo XV y XVI. Con esos datos y métodos se continuó el registro de la información que los exploradores ibéricos aportaban para aumentar los *Padrones Reales*.⁸⁴ Con ello elaboraron mapas que develaron un mundo nunca conocido por los europeos occidentales. Así, en 1507 Martin Waldseemüller imprimió *Cosmographie Introductio*,⁸⁵ basado en la *Geographia* de Ptolomeo, a la que agregó la información proporcionada por los cuatro viajes de Américo Vesputio. Aquí ya aparece gran parte de la costa este de América.

⁷⁹ Waldseemüller, 2007: 79.

⁸⁰ Colón, 1892: 366.

⁸¹ Colón, 1892: 367.

⁸² Liberatos, 2008.

⁸³ Proyección cartográfica cilíndrica, ideada por Gerardus Mercator en 1569.

⁸⁴ Registro oficial y secreto de los puntos geográficos tomados, cotejados y documentados en el Archivo de Indias.

⁸⁵ Waldseemüller, 2007.

Para su libro *Del Cielo*, fray Alonso de la Vera Cruz se basa en la *Geografía* y la complementa con mucha información adicional en la Especulación VIII: *De los climas* y en la Especulación IX: *Si toda la tierra es habitable según todas las cinco zonas, en las cuales se divide comúnmente, y según todos los climas y paralelos hasta el austro y el aquilón*. Además, hizo una descripción muy prolija de los puntos geográficos de las costas de América, tanto del Atlántico como del Pacífico, e incorporó la información más actualizada de las exploraciones ibéricas en la Especulación X: *Qué es la elevación del polo, tanto hacia el austro como hacia el aquilón, en los lugares del nuevo orbe recientemente descubiertos*; y en la Especulación XI: *Cuál es la elevación del polo en los lugares descubiertos desde el estrecho de magallanes en el mar austral*.⁸⁶

1.19 *Tetrabiblos*

Si observamos en la *Escuela de Atenas* de Rafael al personaje que tiene una esfera celeste en sus manos y contempla a Ptolomeo, es Zoroastro. En el Renacimiento, los astrólogos de Mesopotamia eran considerados expertos en oráculos. Los llamaron *magos caldeos* y se los identificó con la figura casi mítica del profeta Zoroastro, quien vivió entre Irán o Afganistán en la época comprendida del 1000 al 500 a.C. Fundó la religión dualista llamada *Mazdeísmo*, misma que dominó durante todo el imperio aqueménida.

Los astrólogos mesopotámicos habían desarrollado técnicas de registro aritmético de fenómenos astronómicos desde antes de 1800 a. C. Incluso, aplicaban tablas trigonométricas que contenían *tríadas pitagóricas* para cálculos geométricos.⁸⁷ No obstante, que no se olvide que se atribuye a los griegos la aplicación de la geometría especulativa para describir el movimiento de los astros.

Todo lo anterior se conoció gracias al *Tetrabiblos*, *Quadripartitum* de Ptolomeo, llamado también *Apotelesmatika*. Fue un libro relevante para la astrología. Su contenido se utilizó en la Antigüedad y la Edad Media por los médicos y astrólogos judiciales, pues pudieron así establecer juicios sobre el futuro de las personas y el estado de salud que guardaban las diversas partes del cuerpo humano.

El *Tetrabiblos* ha tenido más vigencia que sus amplios complementos matemáticos. Éstos fueron desechados y denigrados en Europa cuando se aceptó el heliocentrismo y las cartas de navegación elaboradas a partir de los *padrones reales* de España y Portugal. Así fue que el astrónomo más conocido de la antigua Roma, Ptolomeo, al paso del tiempo, resultó ser la autoridad más duradera en

⁸⁶ Vera Cruz, 2012: 119-138.

⁸⁷ Maor, 1998: 30-34.

Astrología judiciaria.⁸⁸

El *Tetrabiblos* fue el libro que cimentó la astrología judiciaria, la más duradera de las *ciencias ocultas*⁸⁹. Se escribió en el 140 d.C. y en 1138 se tradujo del griego al árabe, y del árabe al latín por Egidio Tebaldi, en el siglo XIII. Fue publicado como *Tetrabiblos* en Venecia por Erhard Ratdolt en 1484 y existe un ejemplar en la Biblioteca del Museo Naval de Madrid. Este ejemplar contiene asimismo el *Centiloquium*, que son comentarios al trabajo de Ptolomeo de Haly, Ali Ibn Ridwan. El *Centiloquium* fue considerado como pseudo-Ptolomeo y contiene respuestas a las interrogantes astrológicas que Ptolomeo no incluyó en su obra. Hoy se tiene como un texto astrológico importante. Con la aceptación de Gregorio el Magno y Tomás de Aquino al *Tetrabiblos*, la astrología fue estudio obligado en las universidades europeas hasta mediados del siglo XVIII.⁹⁰ El proceso de traducción introdujo muchos errores respecto de la obra original. Una de las últimas ediciones críticas del *Tetrabiblos* fue realizada por Hübner en 1998.

Tetrabiblos está basado en las obras que son eminentemente matemáticas. La presencia de una astrología de carácter incierto dentro de la obra matemática se justificó porque dio una utilidad práctica a la matemática especulativa y con esto, una razón para permanecer vigente. Ptolomeo reconoció que la influencia más importante del mundo celeste era la variación periódica del Sol y la Luna, y que las predicciones astrológicas eran matemáticamente inciertas, pero útiles. Consideró —como sucede en la actualidad con las ciencias de la salud, donde múltiples factores juegan un rol— que las predicciones astrológicas tenían un cierto grado de error.

Ptolomeo atribuyó mayor perfección a la astronomía que a la astrología, pero no por ello negó que el cielo influyese en todos los aspectos terrestres.

En la correspondencia entre fray Alonso de la Vera Cruz y Fray Martín de Rada este último se disculpa ante Vera Cruz por su afición a la astronomía judiciaria. En el catálogo de su biblioteca nos remite a *Hali aben Zagel* (Abenragel) autor del *Tratado de las estrellas* texto de astronomía judiciaria.⁹¹

1.20 *Almagesto*

A pesar de todo lo que hemos dicho de las obras de Ptolomeo, sin duda la más importante fue *Almagesto*. Se trata de una obra de matemática astronómica que

⁸⁸ Boorstin, 1986: 28.

⁸⁹ Boorstin, 1986: 29.

⁹⁰ Tarnas, 1991: 193-194.

⁹¹ Rada, 1576.

consta de 13 volúmenes escritos en griego, el título fue *Syntaxis Mathematica*, y se la conoció después como *Gran Tratado*. En 826, el califa Al-Mamun la mandó traducir al árabe y la titularon *Al-Magisti*.⁹² A partir de este título surgió *Almagesto*, el nombre que dieron a la traducción al hebreo que los judíos de Al-Andaluz hicieron en el año 1176. En el siglo XII, Gerardo de Cremona lo tradujo del árabe al latín. En el siglo XV, el Cardenal Johannes Bessarion llevó de Bizancio a Italia un ejemplar escrito en griego y lo dio a traducir a Georg Peurbachy Johannes Müller Königsberg,⁹³ ambos astrónomos germanos los más importantes de finales del siglo XV. Ellos fueron quienes hicieron un resumen de las principales ideas y lo llamaron *Epitome Almagestum Ptolemai*. En Venecia se imprimió por primera vez en 1515 por Paul Lichenstein.

Ptolomeo nos legó un modelo matemático que permitía calcular la posición de los astros en el cielo desde cualquier lugar del mundo. Incluso fue posible calcular dónde estuvieron en fechas pasadas o predecir su lugar en el futuro, cálculos muy necesarios para cualquier astrólogo. Este sistema se realizaba con un método geométrico complejo, pero los instrumentos eran sólo la regla y el compás. Ptolomeo utilizó epiciclos⁹⁴ para el análisis de los movimientos periódicos aparentes de los astros en el cielo. Éstos se basan en la descomposición del movimiento periódico del astro en sencillos movimientos circulares con diferente amplitud y centro de giro. Los movimientos que se suman o restan para producir el movimiento aparente, periódico y complejo, se analizan mediante las proyecciones de los movimientos circulares en movimientos lineales de las *cuerdas trigonométricas*.⁹⁵ Con este método, cualquier movimiento periódico puede descomponerse en la proyección de cuerdas de una infinidad de movimientos circulares. Se trata de un método preciso. En la actualidad este análisis se realiza con herramientas algebraicas. Se cambió el análisis de cuerdas por el análisis en series senoidales, funciones trigonométricas más sencillas y equiparables con las cuerdas. A este método se lo conoce como *Análisis de Fourier*, y se utiliza en muchas ramas de la ingeniería y en la teoría matemática y física abstracta.⁹⁶

Las medidas de mayor precisión las realizó Ptolomeo con el *Triquetrum*⁹⁷ o *Instrumento Paraláctico* instrumento de madera de 2 a 3 metros de altura descrito en el libro V capítulo XII del *Almagesto*.⁹⁸ *Almagesto* fue la referencia astronómica

⁹² El astrónomo persa Abu Ma'shar (787-886) asumió que Ptolomeo fue miembro de la familia real de los Ptolomeos alejandrinos y que todos fueron sabios. Ésta es la razón por la que en muchas imágenes aparece coronado.

⁹³ Más conocido con el apodo "Regiomontano" proviene de la traducción al latín de la ciudad alemana donde nació: Königsberg (Montaña real o Montaña Regia).

⁹⁴ Método geométrico documentado en Las Cónicas por Apolonio de Perga en Alejandría.

⁹⁵ Neugebauer, 1975: 21-50.

⁹⁶ Carman, 2010: 214-220.

⁹⁷ Fine, 1544: 84.

⁹⁸ Ptol. *Alm.* V, XII. Citado en (Toomer, 1998:5-6).

hasta la caída del Imperio Romano de Occidente. Tuvo reconocimiento en todo el mundo occidental hasta la invención de la imprenta. En *Almagesto*, Ptolomeo expuso su teoría geocéntrica, misma que lo hizo famoso hasta que Copérnico expuso su teoría heliocéntrica en 1543. Ptolomeo creía que la tierra estaba inmóvil en el centro del universo y todos los planetas giraban en torno a ella. Esta teoría tuvo vigencia desde el siglo II hasta el siglo XVI. Tuvo varios seguidores porque fue aceptada por la Iglesia Católica.

Hay quienes piensan que *Almagesto* llegó tarde a Europa Occidental y se olvidó muy pronto, que los complejos procedimientos matemáticos fueron poco entendidos, usados y más pronto olvidados. Esto se puede atribuir a la poca difusión que tuvo el *Almagesto*, ya que fue eclipsado por obras que contenían explicaciones más simples, como las tablas astronómicas de Azarquiel, *De Sphaera Mundi* de Sacrobosco, o el *Epitome Almagestum* del “Regiomontano”. Además, vino poco después la adopción gradual del Heliocentrismo Copernicano.

El *Almagesto* fue una obra poco conocida y por lo mismo muy criticada en la modernidad europea. Fray Alonso de la Vera Cruz comenta sobre los conceptos del *Almagesto* en la Especulación XII: *Del número y orden de los cielos*, y en la Especulación XIII: *De los excéntricos y los epiciclos en Del Cielo*.⁹⁹ La obra de Ptolomeo estuvo presente en la biblioteca de Martín de Rada.

1.21 Un manual de construcción

Una vez que hemos terminado con el amplio análisis hermenéutico de los sabios de *La Academia*, en esta sección daremos un salto cronológico hacia el tiempo de esplendor intelectual del Imperio Romano. Analizaremos a quienes influyeron en el Renacimiento pero que no fueron pintados en el fresco de Rafael: autores muy poco especulativos y centrados en la utilidad práctica.

Iniciaremos con el manual de construcción de Vitruvio y después hablaremos de la *Historia Natural* de Plinio el Viejo. A continuación, tocará el turno de la *Geografía* de Estrabón y la *Corografía* de Pomponio Mela.

El hallazgo del manuscrito de los diez libros de Vitruvio, *De Architectura* hecho por el florentino Poggio Bracciolini en 1416 en la biblioteca del Monasterio de Saint-Gall, fue uno de los eventos que marcó los inicios tecnológicos del Renacimiento. Se detonó así no sólo el desarrollo arquitectónico de los cuatro siglos posteriores en Europa, sino que incrementó el avance de la geometría, de la aritmética, de la astrología, de la armonía, de la mecánica, de la óptica, e incluso, de la filosofía,

⁹⁹ Vera Cruz, 2012: 138-150.

del derecho, de la literatura, de la historia de la medicina. Gracias a la obra de Vitruvio se pudo construir máquinas, acueductos, materiales de construcción, máquinas de desagüe, instrumentos de topografía y sistemas de calefacción central. Estamos frente a un hito histórico que muestra la conservación del conocimiento griego y romano y su difusión mediante la imprenta.

La mayor parte de los conocimientos técnicos o de las artes que se conservaron desde el inicio del Imperio romano hasta el Renacimiento, se transmitieron gracias a *De Architectura* de Vitruvio. Aunque la obra fue un tanto incomprendida y se consideró críptica, no dejó de copiarse en los monasterios de Europa. Durante el transcurrir de la Edad Media, la obra fue citada de forma directa o indirecta por muchos de los sabios medievales, como Boecio, Isidoro de Sevilla, Eginaldo, Alcuino de York, Hugo de Saint Víctor, Vicent Beauvais, Tomás de Aquino. Al día de hoy existen 80 códices medievales de la obra, escritos entre el siglo VIII y el XV.¹⁰⁰

1.22 La Arquitectura de Vitruvio

La composición de la obra suele en el año 30 a.C. En *De Architectura*, Vitruvio ordenó, seleccionó y amalgamó el conocimiento griego de las artes, con el sentido práctico de los romanos. Para ello estableció un sistema de medidas, una tipología de las construcciones arquitectónicas, y la descripción de los arquetipos ideales. Realizó una conversión de saberes tácitos a obras explícitas y codificadas. Lo hizo con éxito tal, que ha pervivido por dos mil años. La obra original tuvo pocas imágenes que al transcurrir del tiempo se perdieron. No obstante, artistas del Renacimiento interpretaron y dibujaron los textos. La obra consta de diez libros. En los tres primeros establece una teoría de la arquitectura, el origen de ésta y el de las medidas. Según el autor, las características necesarias para una obra arquitectónica son la firmeza, la utilidad y la belleza. Recomendó asimismo la adaptación de las dimensiones ideales a las condiciones propias de cada obra, ya sea económicas, geográficas o sociales. Pero no sólo se concentró en temas arquitectónicos, Vitruvio trató la mecánica, la tecnología de construcción y el arte. Ahora bien, con el paso del tiempo, se ha visto que hay incongruencias entre el texto *De Architectura* y la estructura de las de las ruinas romanas. Sin embargo, los estudiosos de Vitruvio argumentan que el romano no pretendió hacer dogmas arquitectónicos, sino sólo lineamientos generales para edificar. La estética que maneja está entre la imitación de la naturaleza y la proporción áurea presente en ésta. Para Vitruvio, lo más importante en la arquitectura es conservar la

¹⁰⁰Calatrava, 1991: 3-4.

proporción, misma que se marca por la relación entre la arquitectura y la geometría. Como principio, da la relación entre las dimensiones geométricas del cuerpo humano que se sintetizan en el círculo del ombligo y el cuadro que forman las extremidades del llamado “hombre de Vitruvio” de Leonardo da Vinci.

Aunque no conocemos alguna referencia directa a Vitruvio de nuestros autores novohispanos, podemos afirmar que el método práctico con que desarrolló su obra está muy presente en *Instrucción Navthica y Dialogos Militares* de García de Palacio. Asimismo, sabemos que máquinas similares a las descritas por Vitruvio, fueron utilizadas en las minas novohispanas, tal como la diseñó Miguel Pérez Alemán en 1544.¹⁰¹

1.23 Historia Natural de Plinio el Viejo

La *Historia Natural* de Cayo Plinio Segundo fue no menos que la principal fuente de hechos acerca del Mundo Natural. La obra se presenta como un desfile triunfal de prodigios, productos exóticos y riquezas, cuya exhibición y conocimiento se deben a las conquistas del Imperio.

Plinio fue comandante ecuestre y posteriormente escribió tratados de caballería y una historia de Roma, obras que no se conservaron. Lo que nos queda de él que no es menor, es su *Naturalis Historia*, tratado enciclopédico del saber antiguo en 37 libros. El autor escribió de astronomía, meteorología, geografía, antropología, etnografía, zoología, botánica, agricultura, medicina y mineralogía. Se trata de una de las más grandes obras individuales que sobrevivió del Imperio romano. En ella, Plinio pretendió abarcar todo el conocimiento que en ese momento se tenía sobre la historia natural, lo que los griegos y romanos conocían sobre la naturaleza y cultura.¹⁰² El autor afirma que recogió una gran cantidad de hechos extraídos de unos dos mil libros y fuentes romanas y griegas: desde Pomponio Mela hasta Aristóteles y mapas de Agripa. Utilizó los conceptos de *klímata* griegos para dividir la latitud y las características de los habitantes. Ya desde su época, recibió críticas sobre su credulidad hacia las fuentes y su tendencia a relatar las *maravillas*, lo extraordinario o monstruoso, sin comprobarlo.¹⁰³

Debido a la organización de la información, la *Historia Natural* llegó a ser el modelo para posteriores enciclopedias. Cuenta con un índice, abarca una gran cantidad de conocimientos y cita referencias de los autores originales. Fue un manuscrito muy copiado y texto obligado de filosofía natural en las universidades

¹⁰¹ Sánchez Flores, 1980: 86-89.

¹⁰² Molina, 2010: 276-279.

¹⁰³ Plinio, 1848-1850: Introduction.

medievales. Su contenido fue referencia para que los exploradores europeos de la Alta Edad Media pudiesen explicarlas maravillas que encontraron en sus viajes.

Una de las primeras impresiones fue la traducción *di lingua latina in florentina*, realizada por Christoforo Landino para el rey Fernando de Nápoles impresa en Venecia por Bartolomaio de Zani Portesio en 1489. Esta obra perteneció a la biblioteca de Cristóbal Colón.¹⁰⁴

1.24 Geografía de Estrabón

Estrabón fue un historiador y geógrafo griego cuya obra se conoce como *Geografía*. Fue un gran viajero que vivió en Roma dentro de la *Pax Augusta*. Estrabón recorrió casi todas las tierras de la Ecúmene. Viajó desde Armenia en oriente hasta Cerdeña en occidente, y desde el Mar Negro en el norte, hasta los límites de Etiopía en el sur. Recorrió el Nilo hasta Asuán, Egipto en una expedición dirigida por el prefecto romano de Egipto. Fascinado por los mitos, fábulas, historias y caracteres de sus moradores, los describió en su obra.¹⁰⁵

*Diremos pues, lo que hemos visitado personalmente por tierra y por mar y aquello en lo que nos hemos fiado de lo que nos han dicho o de otros autores. Hemos visitado, de Oriente a Occidente, desde Armenia hasta Tirrenia frente a Sardo (Cerdeña), y de norte a sur, desde el Euxino (Mar Negro) hasta los límites de Etiopía; de todos los demás autores que han escrito geografía no podría encontrarse uno solo que, viajando, haya recorrido mayores distancias que las mencionadas, sino que los que tratan más abundantemente las regiones occidentales no han abarcado tanto como nosotros en el Este, y los que hicieron lo contrario nos van a la zaga en los países occidentales; y lo mismo sucede con los países meridionales o septentrionales.*¹⁰⁶

La *Geografía* contiene el conocimiento de la Ecúmene a comienzos del primer milenio. Para Estrabón, la geografía fue un instrumento de conquista, que a su vez llevaría una política administrativa imperial cuya finalidad sería el bienestar de los pueblos mediante la extensión de la cultura romana.

El geógrafo no hace geografía para el lugareño ni para el ciudadano cultivado que jamás se ha preocupado de lo que se llaman propiamente matemáticas; ni tampoco para el segador ni para el que cava la tierra, sino para el que es capaz de convencerse de que la tierra entera es así como la afirman los matemáticos y de lo

¹⁰⁴ Salvador, 2007: 130.

¹⁰⁵ Molina, 2010: 258.

¹⁰⁶ Str. II V.11.

*demás que se sigue de tal hipótesis.*¹⁰⁷

Citó a Homero como una fuente geográfica, así como a Polibio. Ahora bien, se lo consideró como escritor poco preciso en los datos cartográficos: por una parte, nos proporciona mucha información literaria y poética de los lugares que recorrió, pues considera la geografía como una *anthoposfera*, definida más por el hombre que vive en la sociedad y que por el ámbito físico.¹⁰⁸

Fue de hecho un libro de referencia en las universidades renacentistas y fue imitado y aumentado por algunos escritores del siglo XVI. Ejemplo de esto es Antonio de Torquemada con su *Jardín de las flores curiosas*,¹⁰⁹ impreso en Salamanca por Joan Baptista Terranoua en 1570, libro que, por cierto, fue criticado por fray Alonso de la Veracruz en la descripción cosmográfica de América en *Del Cielo*.¹¹⁰

1.25 *Chorographia* de Pomponio Mela

Pomponio Mela fue un geógrafo romano autor de *De Chorographia* en el 40 d.C. La obra es un compendio geográfico de tres volúmenes y Plinio el Viejo lo citó en su *Naturalis Historia*. El término griego *chorographia* fue utilizado por Vitruvio.¹¹¹ Mela indica el objetivo de su obra cuando dice:

*Intento exponer la situación de la tierra, obra embarazosa y muy poco apta para la elocuencia, pues se compone casi exclusivamente de nombres de pueblos y de lugares, y de su bastante difusa distribución (Orbis situm), cuya realización es materia más extensa que atractiva, pero sin embargo muy merecedora de ser considerada y conocida, y que si no por la abundancia de talento del que escribe sí por la misma contemplación de ella, puede aportar una recompensa a quienes la estudien. Haré en otro momento una exposición más extensa y más precisa, ahora brevemente expondré lo más significativo.*¹¹²

La frase *orbis situm* es una traducción latina del término griego *chorographía* que explica el trabajo de Mela como un medio camino entre la topografía y la geografía. Su objetivo no es conocer y describir la tierra, sino el mundo en el que

¹⁰⁷Str. II V.1.

¹⁰⁸Molina, 2010: 261.

¹⁰⁹Suárez, 2012.

¹¹⁰Vera Cruz, 2012: 131.

¹¹¹Vitr. VIII VI 2.

¹¹²Mela, 1642: I 1.

habitan y viven los bárbaros y los romanos .¹¹³ Ptolomeo nos explicó la diferencia entre los términos geografía y corografía. La primera nos muestra la unidad y continuidad de la tierra conocida, mientras que la segunda:

*divide los lugares en pedazos y los explica por separado , describiendo simultáneamente casi todo al detalle e incluso las cosas más ínfimas , nos da una comparación para concluir La finalidad de la corografía es la descripción parcial , como si representase solamente una oreja o un ojo ; la de la geografía sería la contemplación de la totalidad, como los que dibujan la totalidad de la cabeza.*¹¹⁴

Sin el rigor matemático de la *Geographia* de Ptolomeo, describe de forma imprecisa los lugares del mundo conocido por los romanos del siglo I. La obra está organizada en forma de periplo: presenta las regiones como se encuentran en itinerario de un viajero marítimo. En la Antigüedad no incluyó mapas descriptivos. Contiene gran cantidad de topónimos y de detalles económicos, culturales y naturales de las tierras que nos relata. Uno de los apartados más interesantes es la descripción que realiza de los pueblos, leyendas y costumbres. Inicia con los principales continentes y sus posiciones recíprocas, luego describe los accidentes costeros y territorios de cada continente según se avanza tierra adentro por los ríos. Esta descripción está conformada como una expedición naval por costas y ríos. Inicia el recorrido en las columnas de Hércules, sigue por el norte de África, se interna en el río Nilo y llega a Etiopía. Sigue hacia Fenicia, Mesopotamia y el mar Negro y se interna en el río Danubio... continúa su recorrido ahora por el cabo Céltico, Galia, Germania, Sarmacia, Britania, Thule y el océano Escítico, que limita el norte de Europa y Asia. Continúa por Sérica e India. Describe las cuencas de los ríos Ganges e Indo, la isla de Trapobana. Continúa por el mar Rojo y termina en Egipto. El esquema explicativo de lo general a lo particular no difiere mucho de las instrucciones que da Ptolomeo. No se limitó al registro de accidentes geográficos, además describió los pueblos que habitaban las regiones, incluyendo resúmenes de su historia y haciendo más vívida la narración con sus actividades más escandalosas por discordantes. Ante las leyendas más fantásticas fue escéptico, pero las incluyó en su relato, pues consideró que constituían parte esencial de la naturaleza del territorio. Este método de descripción se conservó en los cosmógrafos renacentistas, al incluir una descripción etnográfica y de historia natural en sus cosmografías.¹¹⁵

Pomponio Mela fue poco leído en la Edad Media, y fue redescubierto por Petrarca y Bocaccio. Durante el Renacimiento se convirtió en uno de los autores más admirados de la Antigüedad y se usó como autor modelo para el estudio de la

¹¹³ Molina, 2010: 271.

¹¹⁴ Molina, 2010: 272.

¹¹⁵ Molina, 2010: 273-276.

lengua latina. El tomo más antiguo de la obra es una copia publicada en Milán en el año 1471. A partir de entonces, comenzó a extenderse su conocimiento por Europa y en los siglos XVI y XVII hubo varias publicaciones de calidad. La primera traducción española la hizo Joan Faras (Juan Faraz) en 1490. *Chorographía* fue el vademécum de los estudios geográficos en las universidades de España por su facilidad al comentario. Influyó en los primeros cosmógrafos renacentistas y los llevó a hacer descripciones del Nuevo Mundo con un formato parecido al de la obra misma.

La *Historia general y natural de las Indias Orientales* (1535) de Gonzalo Fernández de Oviedo estableció los criterios epistemológicos empíricos que adoptarían las historias naturales del Nuevo Mundo, influido por el método descriptivo de estos geógrafos.¹¹⁶ Fray Alonso de la Vera Cruz imitó el estilo descriptivo de los geógrafos antiguos, cuando nos lleva por un recorrido de costas y principales ríos desde península del Labrador en Canadá, hasta el estrecho de Magallanes y de ahí hasta la Alta California.¹¹⁷

1.26 Un Faro del Saber

Aún con la desintegración del Imperio romano en occidente, el conocimiento griego y latino permaneció latente en Europa. La degradación de la cultura imperial que siguió a la invasión de las tribus bárbaras, no llegó a todos los lugares. Una gran parte de la cultura griega y romana permaneció en el Imperio bizantino, y en islas de conocimiento generalmente localizadas en torno a los monasterios que se fundaron en el occidente de Europa.

El pensamiento de Aristóteles fue cultivado en algunas escuelas islámicas que conservaron y ampliaron el saber griego. También permanecieron saberes como la construcción, la navegación y las artes argumentativas como la dialéctica.

La descripción gráfica del conocimiento que nos da *La Academia* de Rafael, describe los contenidos del saber impartido en la Universidad Medieval. Y aunque la primera Universidad fue la de Bolonia, tomaremos como ejemplo de “Faro del Saber” a La Universidad de París —o La Sorbona— donde Buridan desarrolló la teoría del *Impetus*. Galileo habría de aplicar esta teoría después para la matematización de la dinámica de los cuerpos. Fue en esta Universidad también en donde Martín de Rada estudió Trigonometría Esférica y la teoría de Copérnico. La Sorbona fue un referente académico durante la Baja Edad Media y un modelo de difusión del conocimiento explícito, con énfasis en Teología.

¹¹⁶Portuondo, 2013: 49.

¹¹⁷Vera Cruz, 2012: 128-138.

En la Nueva España, los libros de texto para la naciente Real y Pontificia Universidad de México, escritos por Alonso de la Vera Cruz dieron relevancia a la formación en las artes.

Para comprender la estructura de la *Physica Speculatio* y *De Caelo* de Alonso de la Vera Cruz, es necesario conocer la génesis de las universidades medievales.

En la *Introducción Científica* a la *Physica Speculatio*, Moreno Corral¹¹⁸ nos dice que el conocimiento explícito que permaneció en Europa durante la Edad Media, se conservó en las bibliotecas de los monasterios e iglesias, ya que la transmisión del conocimiento codificado era por y para el clero.¹¹⁹ Cuando se inició la creación de las universidades medievales, el conocimiento textual gradualmente salió de las bibliotecas conventuales; se compartió, acrecentó y difundió, en la ciudades y se formaron élites intelectuales seculares. Así surgió una nueva clase social, la *burguesía*.¹²⁰

Poco a poco, las escuelas creadas en torno a un monasterio bajo la autoridad de un abad, se vieron superadas por las escuelas urbanas creadas en torno a las catedrales, bajo la autoridad de un obispo, quien a su vez nombraba cancilleres; es decir, seculares clericales que regían la universidad con autoridad dada por el conocimiento. Durante el siglo XI, la iglesia latina inició cambios trascendentes para el acrecentamiento de la noosfera.

El papa Gregorio VII encabezó un movimiento que luchó para que la universidad obtuviera una mayor libertad en la búsqueda del conocimiento, para que tuviera reconocimiento y derecho de existir con estructuras y fines propios. La universidad se organizó con el modelo de las escuelas municipales romanas, según modelos del filósofo romano Severino Boecio.¹²¹

La Sorbona fue fundada por Robert de Sorbonne. Inició como una escuela de Teología para estudiantes pobres. Se organizó con un estatuto comunitario y autogobierno y recibió la aprobación papal en 1231, con la bula *Parens Scientiarum* de Gregorio IX. En 1240 se denominó *Universitatis Magistorum et Scolarum Parisiensium* y otorgaba tres grados *Baccalauréat* (Bachillerato), por terminar el *Trivium*, *Licencia* (Licencia), por terminar el *Cuadrivium* y *Doctorate*, (Doctorado) en una de las cuatro facultades: Medicina, Derecho Canónico o Teología.¹²²

En los dos primeros grados se estudiaban las Artes Liberales: Dialéctica, Retórica y Gramática. Estas tres artes se agruparon en el *Trivium* y eran indispensables

¹¹⁸ Vera Cruz, 2012: 25-31.

¹¹⁹ El clero medieval incluye a los formadores y administradores del estado.

¹²⁰ Vera Cruz, 2012: 28-29.

¹²¹ Vera Cruz, 2012.

¹²² La Chancellerie, 2017.

para los Teólogos y Abogados. La Aritmética, Geometría, Astrología y Armonía se agrupaban en el *Quadrivium*. La Astrología se consideró indispensable para la Medicina, y era obligatorio cursar Bachillerato y Licenciatura para poder estudiar Teología, Jurisprudencia o Medicina. Un licenciado tenía formación más que suficiente para ejercer en artes como navegación, comercio, arquitectura, ingeniería, etc. En Europa se fundaron 80 universidades entre 1100 y 1500. A algunas les fue concedido el título de *Studium Generale* por el Papa, el Emperador o el Rey. Este título indicaba que era una escuela de renombre internacional. Así también fue como comenzó la cultura de intercambio del conocimiento.¹²³

El compartir y difundir el conocimiento de esa forma detonó un crecimiento de la noosfera. El hacer críptico el saber, donde el sabio guarda sus conocimientos para su provecho y sólo los comparte con unos pocos de sus discípulos y seguidores, hizo muy lento el crecimiento del conocimiento colectivo. Ejemplo de ello fueron sectas pitagóricas o los discípulos que compartía los *misterios órficos*.¹²⁴

1.27 La filosofía natural medieval

Con el pasar del tiempo, la intelectualidad del período griego y romano perdió criticidad y los llevó a especulaciones filosóficas más idealistas que prácticas. Se privilegió el conocimiento de la metafísica sobre la física. Más tarde en plena caída del Imperio Romano de Occidente, Agustín de Hipona introdujo muchas ideas neoplatónicas en sus obras que influyeron Europa Occidental. Después Isidoro de Sevilla pretendió evitar la desaparición de la intelectualidad latina, así que resumió el saber de su época en las *Etimologías*.¹²⁵

Del siglo VI al XII, mucho del saber clásico permaneció en manuscritos en los cenobios bizantinos sin estudio alguno, sólo en un proceso de conservación histórica. Con la conquista del territorio Bizantino del África Septentrional, el islam entró en contacto con el saber griego, que había sido conservado en la Biblioteca de Alejandría. Aunque muchos documentos fueron destruidos por la guerra, el fanatismo y la ignorancia, del siglo IX al XII, durante el predominio del imperio Abasida, los sabios islámicos apreciaron los textos griegos, y con el contacto con los conocimientos persas e hindúes, se dedicaron esfuerzos desde el estado para estudiar e incrementar los conocimientos de filosofía natural y matemáticas. Así es que, en Bagdad, El Cairo, Samarkanda, Damasco, Toledo y Hamadan, se desarrollaron centros de investigación. Córdoba llegó a tener una biblioteca de

¹²³ Vera Cruz, 2012: 29-31.

¹²⁴ Saberes chamánicos griegos que pervivieron en la Grecia clásica (Hernández, 2011: 32-39).

¹²⁵ Durham, 1989: 90-92.

medio millón de volúmenes.

Con la intención de la aplicación práctica de conocimientos, los sabios islámicos basaron el método en la lectura de los textos y la experimentación. El primer nombre importante en matemáticas es el sabio persa Al-Khwarismi. Escribió *Hisāb al-ʿabr wa'l muqābala*, *Compendio de cálculo por compleción y comparación*, que se considera la primera obra sobre álgebra. Gerardo de Cremona la tradujo al latín en el siglo XII y fue un texto utilizado en las universidades europeas hasta el siglo XVI. De aritmética escribió la primera obra que conocemos sobre la numeración posicional decimal, *Kitab al-ʿYamaa wa al-Tafriq bi Hisab al-Hind*, *Libro de la suma y resta, según el cálculo indio*. Este texto introdujo aquel sistema de numeración en el mundo árabe, en al-Andaluz y posteriormente en toda Europa. La habilidad aritmética para el manejo de algoritmos de cálculo que se desarrolla a partir de la numeración posicional decimal permitió una verdadera discontinuidad en las operaciones de suma, resta, multiplicación, división y cálculo de números y raíces cuadradas y cúbicas, así como otros algoritmos aritméticos que dieron las bases para el Álgebra. El poder hacer cálculos aritméticos complejos sin ábaco fue un gran adelanto para las matemáticas. El sabio persa fue conocido por los estudiosos latinos como *Algorismus*. De su nombre se deriva el término técnico *algoritmo* y él es el fundador del *Álgebra*; método matemático que logró utilizar métodos numéricos para resolver problemas geométricos logrando con ello un avance trascendental en la matematización de la realidad. Al-Khwarismi fue seguido por muchos matemáticos famosos, como el sabio Alkindi, el filósofo Al-Sarakhsi, los tres hijos de Shakir Ibn Musa, el *Banu Musa* autores del *Kitab al-hiyal*,¹²⁶ una recopilación de mecanismos¹²⁷ contenidos en obras griegas, chinas, persas e hindúes. Abū al-Wafā astrónomo y matemático persa, trabajó en Bagdad y escribió *Kitab al-Kamil*, obra en la que describe una tabla de funciones trigonométricas seno y tangente, con incrementos de 15' calculados en una circunferencia de radio unitario. Antecedente del libro *De Triangulis Omnimodis* de Johannes Müller Königsberg, "Regiomontano"; el matemático y filósofo natural Alhazen, estudió la óptica, se le considera uno de los primeros que utilizó el método científico, su libro *Kitab al-Manazir* (Libro de Óptica), basado probablemente en textos griegos, es el antecedente de la óptica de Witelo y fue un texto utilizado por Roger Bacon, Roberto Grosseteste, Leonardo Da Vinci, Giovanni B. della Porta, Galileo Galilei y Johannes Kepler. Abenragel, astrólogo árabe autor de tratado de las estrellas *Kitāb al-bāri' fi akhām an-nujūm*, que fue traducido al castellano por Yehuda ben Moshe en 1254 con el título *Libro cumplido de los juicios de las estrellas* para

¹²⁶ *Libro de ingeniosos dispositivos*, traducido al Inglés por Donald Hill en 1979 y partes de él al alemán por Wiedemann y Hauser Hauser en 1918 y en 1922. El libro fue editado en árabe por Ahmad al-Hassan en 1981.

¹²⁷ Farré, 1998: 10.

Alfonso X el Sabio. En 1485 fue traducido al latín y publicado en Venecia por Erhard Ratdolt como *Praeclarissimus liber completus in judiciis astrorum*, el muy famoso libro completo de los juicios de las estrellas.¹²⁸

A fines del siglo X, Córdoba desplazó a Bagdad como el centro intelectual musulmán. En este momento iniciaron las traducciones toledanas al latín. Azarquiel, astrónomo andalusí, fue un importante constructor de instrumentos astronómicos y compilador de las Tablas Astronómicas de Toledo, más tarde traducidas al latín por Alfonso X el Sabio y llamadas *Tablas Alfonsinas*.¹²⁹ Estas tablas estuvieron muy presentes en los cálculos de la latitud geográfica en la Navegación Oceánica Renacentista.

Los logros del saber islámico se pueden resumir de la siguiente manera: los musulmanes desarrollaron la teoría de números, tanto en sus aspectos matemáticos como metafísicos. Desarrollaron los *números arábigos* y con el uso del *ceros*, se hizo más fácil los manejos con símbolos numéricos. Abrieron nuevos horizontes matemáticos con la notación cifrada y posicional; desarrollaron series numéricas y fracciones decimales. Sistematizaron el álgebra y continuaron el trabajo de los griegos en geometría del plano y del espacio. Desarrollaron la trigonometría plana y volumétrica. Usaron la trigonometría en conjunción con la astronomía.¹³⁰ Muchos de estos sabios medievales fueron antecedentes de los libros de Fray Martín de Rada.¹³¹

En el siglo XIII, Robert Grosseteste tradujo del griego al latín la *Ética Nicomachea* e intentó introducir el aristotelismo a la Universidad de Oxford. Guillermo de Moerbeke tradujo para Tomás de Aquino algunos textos de *Los Meteorológicos*. Gerardo de Cremona tradujo del árabe al latín *Los meteorológicos*, *De Caelo* y el *Demundo* y la *Physica*, sin embargo, hubo mucha resistencia para aceptar la filosofía natural aristotélica en el mundo intelectual de Europa occidental. Poco a poco y gracias a Tomás de Aquino fue que se aceptó en las universidades.

Aristóteles fue la referencia obligada de la Filosofía natural durante la Baja Edad Media y fue la referencia básica de los escritos de fray Alonso de la Vera Cruz.

1.28 Sacrobosco y la *Sphaera Mundi*

El astrónomo inglés Juan de Sacrobosco fue el autor de una obra didáctica

¹²⁸ Rachida, 2005: 8.

¹²⁹ Durham, 1989: 103-104.

¹³⁰ Rachida, 2005: 9.

¹³¹ Carta de Martín de Rada al muy Reverendo Padre Nuestro el Maestro fray Alonso de la Vera Cruz provincial de los agustinos en la Nueva España, Manila, 3 de junio de 1576.

bajomedieval. El *Sphaera mundi* se escribió a principios del siglo XIII para la Universidad de París. Se considera el manual de astronomía y cosmografía más claro, básico, y leído entre los siglos XIII y XVII.¹³²

Este manual postula una relación “tierra-cosmos” que se basa en la tradición medieval ptolemaica del *Almagesto*. Sus fuentes son el astrónomo persa Al-Farghani, autor de *Elementos de Astronomía*, Aristóteles y el gramático romano Macrobio, del último cuarto del siglo IV, autor de la obra neoplatónica *Commentarii in Somnium Scipionis* de Cicerón. Sacrobosco sintetizó esos documentos, los explicó en un modo claro y sencillo las esferas celestes y los adornó con pasajes de Ovidio, Virgilio y Lucano. En el siglo XV y XVI su explicación de las esferas terrestre y celeste. Fue el inicio obligado para cualquier obra cosmográfica.¹³³ Una aportación que es relevante para este estudio, es que ofrece una posible solución para resolver el problema náutico de cuánto mide un grado terrestre, pues ello prueba la esfericidad de la tierra:

*Diz Sacrobosco que , para atingir tal objectivo , o observador teria de esperar por uma noite clara e estrelada , e tomar então a altura da Estrela Polar com um astrolábio; devia em seguida caminhar em direcção ao Norte até que viesse a observar a estrela com a altura anterior acrescida de 1o, a distância entre os dois pontos de observação seria a extensão de um grau de meridiano.*¹³⁴

Sacrobosco enseña una solución imaginaria, y en principio correcta, cuando nos indica un procedimiento para medir la distancia sobre la superficie de la tierra, correspondiente a un grado de meridiano terrestre.¹³⁵ Mediante este método, fijó la distancia de 1° del meridiano de la Tierra, como 700 estadios; 16.6 leguas o 16 ²/₃ leguas por grado, valor que fue adoptado desde el principio por la marina portuguesa. La obra de Sacrobosco fue muy conocida en Portugal durante los siglos XVI y XVII.

1.29 Witelo, compendio de óptica medieval

¹³² Portuondo, 2013: 45.

¹³³ Portuondo, 2013: 46-47.

¹³⁴ Dice Sacrobosco que para lograr tal objetivo, el observador tendría que esperar una noche clara y estrellada, y luego tomar la altura de la estrella polar con un astrolabio. Debía luego caminar hacia el Norte, hasta que observara la estrella con la altura anterior más 1, la distancia entre los dos puntos de observación sería la longitud de un grado de meridiano (Albuquerque, 1983: 31).

¹³⁵ Esta distancia podía ser medida de París 48°51'23.68"N, 2°21'6.58" a algún punto a unos 4 Km. al sur de Amiens 49°53'31"N, 2°17'52" aunque para la precisión de los instrumentos de la época el error no era perceptible. Entre París y Amiens hay una distancia a pie aproximada de 128 Km., la distancia de un grado terrestre es de 111.131 km. un error de 15%.

Al igual que Sacrobosco, otro difusor del conocimiento medieval fue Erazm Ciolek Witelo fraile, teólogo, y filósofo natural que experimentó con la naturaleza de la luz, basado en la obra “*Kitāb al-Manāẓir*”, *El Libro de la Óptica*, “*De aspectibus o Perspectivae*”, del sabio persa Ibn al-Haytham, Alhacén, quien presentó fundados argumentos experimentales en contra de la generalizada teoría de “extramisión”¹³⁶ de la visión y en favor de la teoría de la “intromisión”¹³⁷ de ésta. La teoría la apoyó Aristóteles y establece que la visión se origina por la luz que penetra en el ojo. La obra de Witelo influyó a los científicos del siglo XVI, en particular a Galileo Galilei y Johannes Kepler. El clérigo polaco trabajó en la corte papal en Viterbo. Su texto se usó ampliamente como texto introductorio al estudio de este tema durante casi tres siglos. Aunque no aportó algo nuevo, comenzó con una extensa sección de introducción a las matemáticas, que tenía por objeto proporcionar las herramientas necesarias para el estudio de la óptica. Fue principalmente a través de este texto que se pudieron extender de forma didáctica los aportes Alhacén, Grosseteste y Bacon. Entre las primeras ediciones de la obra de Witelo sobresale la edición preparada por Friedrich Risner en el año de 1572.¹³⁸ El libro se encontró en la biblioteca de Martín de Rada.

1.30 Una maquinaria lógica

En la Baja Edad Media hay otro desarrollo del conocimiento explícito. Uno de los responsables fue el mayorquín Ramón Llull (1232-1315) con su *maquinaria lógica* que Llull que llamó *Ars Magna Combinatoria*.

Esta maquinaria lógica es una técnica para encontrar y justificar todos los conocimientos a partir de unas pocas nociones y principios. Los conocimientos se obtienen por combinación de unos símbolos que los representan.¹³⁹

Llull consideró su maquinaria como una *piedra filosofal* que proporcionaría mayor rigor y exactitud en el pensar, así como mayores posibilidades objetivas de abarcar todo el saber para conducir la acción. Juntó la teoría y la praxis, y las desarrolló como profundo pensador y como activo misionero del saber y de la fe cristiana. Buscó un lenguaje universal con base en vocablos que expresaran las nociones primeras y universales de la mente humana y que todo hombre pudiese comprender. Para resolver las cuestiones, las redujo a una oración gramatical y después contraía esa condición a la materia particular de la que se tratase. El arte de Llull fue, en esencia, una lógica combinatoria, un método de descubrimiento y

¹³⁶ Teoría propuesta por Empédocles que afirma que el ojo emite rayos luminosos.

¹³⁷ Teoría que afirma que el ojo recibe rayos luminosos.

¹³⁸ Cardona, 2012: 473.

¹³⁹ Xirau, 2012: 20-22.

de justificación racional, inventivo y demostrativo. Por medio de este instrumental, el estudioso podía llegar a un saber universal. Esto último inspiró a muchos pensadores a partir del Renacimiento para obtener un saber enciclopédico, principalmente a los alemanes, entre quienes se encontró Leibniz mismo, quien reorientó este afán o proyecto¹⁴⁰.

El estudio de Lull es de particular interés en esta tesis, debido a la influencia que tuvo sobre el período herreriano, corriente cultural que se desarrolló durante el reinado de Felipe II y que indirectamente influyó sobre Diego García de Palacio en la Nueva España. Después lo hizo sobre la ciencia novohispana del siglo XVII.

1.31 Artes Liberales en Ramón Lull

El autor de este método, Ramón Lull, fue un caballero y juglar de la corte del rey Jaime I de Aragón. Se consideró que llevó una vida disipada, pero a los 30 años inició un largo viaje de peregrinación que incluyó Santiago de Compostela, Roma, y Tierra Santa. Dedicó nueve años al estudio de latín, gramática y filosofía católica, islámica y judía. Estudió asimismo a Platón y Aristóteles, a Dionisio Areopagita, Egidio Romano, Ricardo de San Víctor, San Anselmo, San Buenaventura, Pedro Lombardo, Pedro Hispano, Santo Tomás de Aquino, Algazel, Avicena, Averroes, Ibn Tofail y a Al Kindi.

Fundó un monasterio en Miramar Mallorca, donde se enseñó lengua árabe para convertir a los infieles. Empezó una larga serie de viajes para lograr su misión de conversión y paz por Alemania, Berbería, Egipto, Marruecos, Etiopía, Tartaria, Sudán, Inglaterra y Andalucía. En 1289 regresó a Roma donde presentó al papa un proyecto de conquista de la Tierra Santa. Se trasladó a París, polemizó con los averroístas latinos y escribió *Arbre de filosofia de amor*. Viajó a Armenia, Chipre, Rodas, Malta y Mallorca, Génova y Montpellier. Fue convocado al *Concilio General de Vienne* en 1311 donde presentó la *Petitio Raymundi*. En esta obra resumió, moderó y presentó todos sus afanes y logró la fundación de colegios de lenguas en Roma, París, Salamanca, Oxford y Bolonia, para que se enseñara hebreo, árabe y caldeo. Logró también una nueva cruzada a Tierra Santa dirigida por Felipe el Hermoso e hizo que se adoptaran reglas para disminuir la ostentación y lujo de los eclesiásticos. Fijó incluso formas y decoro para la indumentaria eclesial. Después de una serie de viajes, se dice que murió a los 82 años en una nave genovesa que lo trasladaba a tierra cristiana entre 1315 y 1316.¹⁴¹ Discutió con Homar en Túnez, con Ramón de Penyafort en Barcelona,

¹⁴⁰ Beuchot, 1985: 183-188.

¹⁴¹ Xirau, 2012: 10-36.

con Duns Scoto, con averroístas y con Guillermo de Ockham en París.

La salvación ecuménica mediante la depuración de la conciencia cristiana y la conversión de todos los infieles fue lo que lo llevó por todo el mundo cristiano. Para ello formuló la primera *Utopía* y propuso la organización de una inmensa cruzada, donde se prefiguró la aspiración de los mejores hombres de la península ibérica de los siglos XV y XVI. Esto convirtió a Llull en precursor de la empresa realizada por los misioneros ibéricos en el mundo. Esta idea nació en la península ibérica, crisol de las culturas basadas en el libro.¹⁴²

Aunque no tenemos alguna cita directa a Ramón Llull en las obras de los novohispanos que estudiamos, sus ideas están muy presentes en toda la cultura ibérica del siglo XV y XVI. Como se verá más adelante, en especial se encuentran en Juan de Herrera, quien dirigió la política de estado para la investigación y la cultura en la segunda mitad del siglo XVI en todo el imperio español.

1.32 Una canción náutica

El arte de navegar en el Mediterráneo a inicios del siglo XV se encontró inmersa en una tradición milenaria proveniente de Grecia y de otras civilizaciones talasocráticas.

El análisis de la canción marinera anónima *Ayo lo visto mappamundi* nos refleja algunos de los conocimientos náuticos de los marineros europeos del siglo XV. Asimismo, nos muestra el interés creciente en las cortes de Europa occidental por los temas cartográficos y marineros. Al día de hoy existen dos manuscritos de la canción,¹⁴³ lo que sugiere la amplia popularidad que tuvo en la cuenca del Mediterráneo. *Ayo lo visto mappamundi* consta de cuatro estrofas que van seguidas de un estribillo. La canción fue motivo de composición en *cantus firmus* para Johannes Cornago, quien con base en ésta compuso la *Missa ayo lo visto mappamundi*.

1.33 Descripción de *ayo lo visto mapamundi*

Como ya se dijo, es un poema marinero anónimo. Es un mapa musical de interés, porque muestra la familiaridad de una audiencia marina y cortesana con la cultura talasocrática. Hay descripciones auditivas de islas, tal como en los conocidos

¹⁴² Xirau, 2012: 15-17.

¹⁴³ Dos manuscritos del poema están impresos en: Atlas, 1990:109-170.

isolarii, (islarios) de la época.¹⁴⁴ La canción convierte el *isolarii* en un bello periplo armónico: *Ayo visto lo mapamundi/ É la carta dei navigari,/ Ma Sicilia me pari/ La più bella d'aquesto mundi.*¹⁴⁵

Utiliza la homofonía del topónimo Sicilia (Chichilia) con Cecilia, que puede ser su amada Cecilia o Santa Cecilia, a cada una de las cuales el compositor llama "las más bellas islas" que se podían encontrar en un recorrido por el Mar Mediterráneo. *Tres Sicilias son no piùi;/ Tota tri son coronati:/ Rey Alfonso 'n té la duy,/ Citrafarum et Ultrafarum*¹⁴⁶.

En esta estrofa, el poeta describe el Reino de las Dos Sicilias, *Citrafarum*, el Reino de Nápoles y *Ultrafarum*, la isla de Sicilia, gobernadas por Alfonso I. *La terça 'n lo calendari./ Non se parla de la quarta/ Que non se trobar en carta/ E venuta del otro mundi.*¹⁴⁷

Para evocar la ausencia de su amor llama a Cecilia. Le dice a su audiencia que su amor es diferente para las tres "Sicilias": son dos reinos, el de Sicilia y el de Santa Cecilia, patrona de la música.

El *calendari* memorizado fue un instrumento muy utilizado por los marinos, para prevenir los fenómenos meteorológicos. Aquí la referencia, que nos habla en términos marineros: *calendari, citra farum, ultra farum, terça, quarta y carta Vidi Corsica e Cerdenya, / E la isola de Medea; / Non sia nullo qui m'ensenyà / Cipra, Candia, la Moreya*¹⁴⁸...

El poeta marino juega con la nostalgia por la ausencia de su amada y con el conocimiento de las islas contenidas en los mapamundis. El periplo que sigue inicia en Sicilia, sigue en Córcega, Cerdeña, Mar Tirreno hasta Corfú, hasta llegar a Chipre, a Creta y al Peloponeso griego. *Ay cercato con la galleya/ La nov' isola de Castella;/ Ma Sicilia è tanto bella,/ Que pensando me confundi.*¹⁴⁹

Fuera del Mediterráneo, parece nombrar las recientes posesiones castellanas del Atlántico, las islas Canarias, que fueron dibujadas en la carta del mallorquín Marciá de Viladestes en 1413. Estas islas eran una posición muy importante para Castilla en esa época. El poeta dice conocerlas al haber navegado en una Galera por el Mar Océano hasta ellas.

¹⁴⁴ Libros que contenían un catálogo de los puntos geográficos y de las islas.

¹⁴⁵ Yo he visto el mapamundi / y la carta de navegar / más la Sicilia me parece / la más bella de este mundo.

¹⁴⁶ No son más de tres Sicilias / todas las tres están coronadas / el rey Alfonso tiene dos / Nápoles y isla Sicilia.

¹⁴⁷ La tercera en el calendario / no se habla de la cuarta / que no se canta en carta / es venida del otro mundo.

¹⁴⁸ Vi Córcega y Cerdeña / y la Isla de Corfú / no es nada que me enseña / Chipre, Creta, Peloponeso.

¹⁴⁹ He acercado con la Galera / la nueva isla de Castilla / más Sicilia (o Cecilia) es tan bella / que pensando me confunde.

La canción es loa a la entonces reciente adquisición de los reinos de Nápoles y Sicilia para el rey Alfonso, pero en el poema deja fuera a las islas Baleares y a la isla de Madeira.

1.34 Técnicas de navegación medieval

Desde 1295 Ramón Llull referencia los métodos de navegación del medioevo, cuando en *Arbor Scientiae* pregunta *¿cómo miden los marineros las millas en el mar?* La respuesta es una descripción del uso de trigonometría sencilla mediante los ángulos de la rosa de los vientos. Sin detalles del cómo se hace el cálculo, al final nos indica todos los instrumentos necesarios para la navegación: *Et ad hoc instrumentum habent chartam, compassum, acum, et stellam maris*¹⁵⁰.

Tres siglos más tarde, Cortés de Albácar escribió en su *Breve Compendio* de 1556:

*...digo que navegar no es otra cosa sino caminar sobre las aguas de un lugar a otro... Este camino diffiere de los de la tierra en tres cosas, el de tierra firme es firme, éste flexible; el de tierra quedo, éste movable; el de tierra señalado y el de la mar ignoto, E si en los caminos de tierra hay cuevas y asperezas, la mar los paga con las setenas*¹⁵¹ *en tormentas*¹⁵².

La navegación en la Edad Media era un negocio arriesgado: aunado a las tormentas y piratas, la mayor parte de las naves sólo navegaban con la fuerza de los remeros, con el conocimiento empírico de los ciclos climáticos y por las rutas ancestrales. Así, la navegación se limitaba a las épocas del año en las que las condiciones eran favorables. De hacerlo de manera diferente, con vientos no propicios, se corría el riesgo de perder el rumbo con las consecuencias resultantes, pérdidas económicas, de equipo y de vidas. El arte de navegar consistía en conducir un navío a buen puerto. Para ello se requería saber su posición en la superficie del mar y en referencia a los accidentes terrestres y marinos. Todo jugó un rol: desde los datos acumulados por la experiencia, hasta el color del mar, el comportamiento de pájaros y animales marinos, profundidad y muestras del fondo marino. La posición del sol y de las estrellas jugó también su rol: *...hacían algunas consideraciones en el cielo diciendo que los que navegaban de la India para Limirica tenían al toro en medio del cielo y a los Pléyades en*

¹⁵⁰Y para ello tienen un mapa, compás, brújula y la estrella polar (símbolo de la Virgen María). (Llull, 1635: f 570)

¹⁵¹ Sufrir un castigo superior a la culpa cometida.

¹⁵² Cortés, 1556: Fol.LXI v.

*medio de las vergas de los navíos*¹⁵³.

Calcular la distancia avanzada con base en una estimación empírica de la velocidad y el tiempo se obtenía la posición relativa de la nave respecto al punto de partida.

Como ya se describió en el apartado dedicado a la *Geographia* de Ptolomeo, en la Grecia helénica tenían los datos ciertos de la posición geográfica de un punto sobre la superficie terrestre por métodos geodésicos y astronómicos. La latitud se calculó midiendo la menor altura angular de la estrella polar con el horizonte; la longitud con la medida angular entre una línea imaginaria que va de polo a polo. El meridiano de referencia pasaba por las islas Canarias, el punto más occidental conocido. El cálculo de esta medida era más complejo, pero a la caída del Imperio Romano de Occidente, estos conocimientos matemáticos y astronómicos se olvidaron y la referencia a la cuadrícula geográfica teórica se perdió. Lo que quedó fue no más que las tradiciones marineras empíricas, por ello los marinos regresaron a la referencia de los rumbos de los vientos dominantes y a la estima de distancia recorrida. Cada ruta se transmitía por reglas empíricas, siempre referidas al calendario religioso. Las rutas se trazaban con base en la dirección del viaje, el rumbo, y a las distancias entre el puerto de salida y el puerto de llegada.

Cuando en la Baja Edad Media se logró tener la brújula, la seguridad de mantener la nave siguiendo un rumbo deseado fue mayor. Pero cuando el rumbo de la nave no coincidía con el viento dominante, se producía un desvío de la ruta. Por ello se recurrió a un cálculo trigonométrico muy sencillo la *razón del marteloio*.¹⁵⁴

Aun así, los cálculos de la ruta supuesta no eran del todo fiables, por lo que siempre se recurrió a la comprobación visual de la costa, referencia obligada de la realidad concreta. Ahí, no obstante, residían muchos de los peligros marinos: refugios de piratas, corrientes traicioneras, rocas ocultas o bancos de lodo o arena en los que podía terminar mal el viaje.

1.35 El manuscrito de Miguel de Rodas

Para investigar los conocimientos que necesitaba un marino medieval, se ha recurrido al manuscrito de Miguel de Rodas (Michalis), documento recién paleografiado, analizado y publicado por la historiadora Pamela O. Long y su

¹⁵³Santa Cruz, 1921:14.

¹⁵⁴ Conjunto de fórmulas trigonométricas para resolver problemas de la triangulación entre la ruta prevista y el desvío provocado por el viento (Formaleoni, 1783: 28).

equipo.¹⁵⁵

Miguel de Rodas fue un marino griego que sirvió en las flotas y armadas venecianas. El manuscrito de 440 páginas, está escrito en véneto, dialecto romance de Venecia y sus colonias. Se trata de un compendio de los saberes para el arte de comerciar y navegar de la primera mitad del siglo XV. Los temas de navegación tratados en el manuscrito son muy similares a los que trata Diego García de Palacio en su *Instrucción Náutica* impresa en la Nueva España en 1587.

A la aritmética dedica 180 páginas en las que refiere los algoritmos necesarios para hacer negocios. Estos métodos, sin embargo, ya los había descrito Leonardo de Pisa en su *Liber Abaci* de 1202.

Miguel usó numeración decimal posicional, números arábigos y fracciones para representar números racionales, algoritmos para sumar, restar, multiplicar, dividir y calcular raíces cuadradas.¹⁵⁶ Incluyó soluciones aritméticas para sencillas ecuaciones lineales llamadas *Regola della cosa*, usando el método de *dobles falsa posición*¹⁵⁷ y la *regla de tres*.¹⁵⁸ Todos estos contenidos fueron muy similares al *Sumario Compendioso*, de Juan Díez Freyle impreso en la Nueva España en 1556. Diego García de Palacio no describe los algoritmos, pero los usa para los cálculos astronómicos. El manuscrito de Miguel de Rodas describe la navegación con brújula y cartas de navegar¹⁵⁹ llamadas portulanos.¹⁶⁰ Nos presenta así la solución de problemas de navegación usando la *Raxon del Marteloio*.¹⁶¹ Diego trata la solución con los métodos de navegación de altura desarrollados en el siglo XV.

De construcción naval, el manuscrito de Miguel contiene además una clara descripción sobre los navíos de la época, detallando ampliamente sus partes, planos y métodos de construcción.¹⁶² Describe la *Galera de Flandes*, nave que viajó por costas atlánticas de Europa y la Galera Romania, galera bizantina que navegó por el Mediterráneo oriental y el Mar Negro. Lo mismo hizo con la *Galia Scottil*, galera ligera de combate naval. De todas proporciona medidas, aparejos y las chalupas usadas para el desembarcar. Además, describe algunas naves a vela como la Nave Latina, una relativamente pequeña que utilizó una vela triangular para navegar a bolina y avanzar en contra del viento en ángulos más cerrados. Diego García de Palacio describe ampliamente las dimensiones y procedimientos

¹⁵⁵ Rhodes, 2009.

¹⁵⁶ Rhodes, 1445: 2a.

¹⁵⁷ Rhodes, 1445: 12a.

¹⁵⁸ Rhodes, 1445: 10a.

¹⁵⁹ Rhodes, 1445: 120a-125b.

¹⁶⁰ Mapas con descripción de los accidentes y topónimos costeros, con unas líneas coincidentes con la rosas de vientos en varias partes de del mapa.

¹⁶¹ Rhodes, 1445: 47a-48b.

¹⁶² Rhodes, 1445: 138b-145b.

de construcción de una nave.

En cuanto al cálculo del calendario,¹⁶³ Miguel dedicó un amplio tratado con reglas sencillas y nemónicas para saber las fases lunares, fechas del calendario religioso y las fechas importantes para un marino; a saber, las de partida y llegada por condiciones meteorológicas y astrológicas.

El análisis del manuscrito de Miguel de Rodas se realizó porque la *Instrucción Náutica* de Diego García de Palacio tiene una estructura temática similar, aunque García de Palacio dedica más contenido a la náutica y menos a la aritmética. Diego trata ampliamente cada uno de estos temas, pero desde un arte de navegar mucho más avanzado, útil para usos oceánicos.

1.36 Navegación por estima

Los portulanos eran suficientes para la navegación costera, pero cuando se requería navegación a islas o el cruce de grandes golfos, se perdía de vista la línea de la costa por pocos días. Eso requería de una navegación diferente. *Navegación por estima* se basa en fijar un *rumbo* en la brújula y calcular la distancia avanzada por medio del tiempo transcurrido en ese rumbo. Se nombraban con los vientos dominantes en el Mediterráneo: viento Tramontana-Norte y viento Ostro-Sur. Estos dos formaron el rombo básico de la rosa, situado en el eje vertical. El viento Levante-Este y el viento Ponente-Oeste formaron otro rombo situado a 90 grados alineado con el eje horizontal. El viento Griego-Noreste y viento Garbin-Suroeste otro rombo situado a 45 grados de la línea vertical. El viento Maistro-Noroeste y viento Sirocho-Sureste formaron el rombo situado a 45 grados de la línea vertical. Consabidos vientos podían combinarse y dividirse en 32 y 64 partes de la circunferencia. Así, se podía dar lecturas en pasos de 22 grados 30 minutos y 11 grados 15 minutos respectivamente.¹⁶⁴

La distancia se medía con base en experiencia marinera *al ojo de buen marino*. Las distancias sin costa a la vista eran relativamente cortas, por lo que los errores en la estima eran tolerables. Ahora bien, los errores debidos a la declinación magnética en el Mediterráneo eran aproximadamente de un máximo de 7 grados, por lo que el error con el rumbo real también fue tolerable. Todo marino podía saber su rumbo real acudiendo a la siempre confiable *Polaris*, la estrella marinera. Sin embargo, en estas navegaciones por rumbo, el viento o las corrientes podían

¹⁶³ Rhodes, 1445: 103b-11a.

¹⁶⁴ En el lenguaje de navegación, toda medida angular está referida a este instrumento. Los rumbos que la nave tomaba estaban marcados por la desviación angular de la *quilla* de la nave respecto a la línea norte-sur tomada con la *aguja de marear* o brújula.

derivar a la nave, para ello se utilizó una sencilla tabla trigonométrica para reducir a cálculos aritméticos la determinación del rumbo real o la utilización de un gráfico. Todos estos métodos fueron documentados con todo detalle por Formaleoni en *Saggio della Nautica* en 1783. Ahí nos refiere al documento gráfico de 1436 del Véneto Andreas Biancho, fechado en 1436.¹⁶⁵

Para medir la distancia de avance de la nave se utilizó el reloj de arena marino, instrumento que medía “medias horas”. El reloj era cuidadosamente atendido por el timonel de guardia, quien cada vez que el vaso superior terminaba de vaciar la arena en el inferior, daba vuelta al vaso y tocaba la campana del barco para avisar la hora. Este procedimiento se hacía ocho veces, que cubría un lapso de 4 horas, que era el turno de guardia del timonel. Cada media hora se registraba el rumbo en la Plancheta de rumbos. Se usaban pequeñas estacas aseguradas con una cuerda que se introducían en una tabla con una rosa de 32 vientos y 8 agujeros en cada viento perforados en forma de círculos concéntricos. Así se registraba el rumbo cursado y con una matriz rectangular de 10 x 8 agujeros se registraba la velocidad aproximada en nudos. Con el registro de la plancheta de rumbos, la raxon del marteloio o la toleta de marteloio, el mapa portulano y el compás marino, el piloto calculaba y registraba el rumbo y la distancia avanzada por la nave.

La navegación mediterránea permaneció casi sin cambios por 1500 años. Las técnicas de navegación mediterráneas no eran suficientes para la navegación oceánica, pero la utilización de las técnicas trigonométricas de navegación por estima, permitieron a los navegantes ibéricos adentrarse en el mar océano siguiendo un derrotero que les permitiera regresar a puerto seguro.

1.37 Técnicas de Construcción naval

A partir del siglo XIII encontramos ya información parcial en los archivos notariales de Génova. No sería sino hasta el manuscrito de Michalis de Rodas, de principios del siglo XV, que encontraríamos una información más completa, que nos permite conocer los métodos procedimientos de construcción de las naves vénetas.

Estos registros se desarrollaron en la talasocrática república de Venecia, misma que se vio en la necesidad de reproducir en serie los barcos exitosos en el *Arsenal*.¹⁶⁶ La existencia de métodos de construcción, registro, lenguaje y representación permitieron evolucionar las técnicas de construcción naval.

A principios del siglo XV en el Arsenal de Venecia se hicieron cambios

¹⁶⁵ Formaleoni, 1783.

¹⁶⁶ Edificios dedicados a la construcción industrial de galeras y barcos.

administrativos que provocaron de forma indirecta que Giorgio Trombeta de Modone o Timbotta y Michalis de Rodas en 1445 nos dejaran unos manuscritos con amplia información sobre construcción naval. En los métodos constructivos se aprecia la existencia de un sistema antropomórfico de medición, pero de manejo matemático: *Paso, pie y dedo*; correspondientes a *Yarda, pie, pulgada* y a nuestro actual *metro, decímetro, centímetro*.¹⁶⁷ Las *naves cuabras* construidas en el Arsenal de Venecia, eran capaces de navegar en los mares atlánticos, pero no se usaron para la exploración oceánica, eso le correspondió a una nave que se construyó en Portugal en el siglo XV, la *Carabela*.

1.38 La cartografía medieval

*La cartografía es una construcción social, por eso no sólo refleja el conocimiento geográfico, sino también la ideología política, las creencias religiosas, las técnicas disponibles para representar al mundo.*¹⁶⁸

Es posible que las representaciones gráficas de la superficie terrestre se hayan utilizado desde tiempos muy remotos, desde el diagrama que se trazó en el polvo para dar instrucciones de una ruta a seguir a un grupo de cazadores, hasta representaciones gráficas legales de campos de cultivo. Sin embargo, no existen documentos u objetos que prueben la existencia de estos mapas. Ana Luz Ramírez¹⁶⁹ nos indica que, en la Europa Medieval, la esfera terrestre se representó con un icono formado por un océano circular que rodea la tierra emergida. El océano circular penetra en la tierra formando una T y la divide en dos sectores: Europa y África. Un semicírculo representa a Asia y Jerusalén está situada al centro de la figura, donde confluyen los tres continentes. Estos iconos se conocen como *orbis terrarum*¹⁷⁰ o “mapas O-T”. No se usaron para representar el mundo paramétricamente, sino para ilustrar la enseñanza de conceptos religiosos.

Por lo general, los mapas mejor conservados fueron los mapas decorativos de los palacios. Los mapamundis eran verdaderas obras de arte gráfico destinadas a exaltar el dominio de los príncipes. Los mapas de uso militar o marino eran obras dirigidas a la *praxis*, al uso diario y constante, por ello, casi todos se perdieron. Sólo algunas cartas de navegación (portulanos) se conservan y las más antigua

¹⁶⁷ Visiers, 2015: 23.

¹⁶⁸ Ramírez, 2001:9.

¹⁶⁹ Ramírez, 2001.

¹⁷⁰ Isidorus, 1473: f 99v.

es la Carta Pisana.¹⁷¹ En la baja Edad Media, los portulanos mediterráneos y los mapamundis europeos occidentales fueron elaborados por cartógrafos genoveses y venecianos, basados en la copia de repetida de portulanos tradicionales y algunas pocas actualizaciones que los marinos proporcionaban. Los primeros portulanos contaban con una rosa de los vientos, más como elemento decorativo que para cálculo de rutas. Sin embargo, a finales del siglo XIII, con el creciente uso de la brújula, el arte cartográfico inició un trascendental cambio tecnológico. Los marinos tuvieron la capacidad de alejarse y perder de vista la costa. En los mapas portulanos el cambio se reflejó en la presencia creciente de líneas referidas a varias rosas de vientos que reflejan una mayor geometrización, muy necesaria para la navegación de altura. Cuando un marino deseaba trazar una ruta, trazaba una línea del punto de salida al punto de llegada, después transportaba una paralela de esta ruta a la rosa de los vientos más cercana y así podía saber el rumbo que debía llevar en la brújula de abordo.

Como efecto de la cruzada contra los Cátaros a fines del siglo XIII, el dominio de Francia se extendió hacia la costa mediterránea. Debido a ello, la corona de Aragón que había apoyado a los occitanos se vio obligada a expandirse hacia el Mediterráneo occidental. Los reyes necesitaron incrementar la flota y la tecnología naval. Cuando los catalanes tomaron posesión de las islas Baleares, se desarrolló una escuela de cartografía que contó con reconocimiento en toda la región. Los cartógrafos mallorquines elaboraban muy buenos portulanos y mapamundi, arte que se vio favorecido por la libre interrelación entre judíos, islámicos y cristianos. Un ejemplo de este arte está en el Atlas Catalán en la Biblioteca Nacional de Francia, obra atribuida al judío mallorquín Abrahám de Cresques. Se trata de un mapamundi del orbe conocido. El dominio catalán del Mar Tirreno se extendió hasta Grecia. Su mayor extensión sucedió en la primera mitad del siglo XV con el rey Alfonso V de Aragón. A partir de ahí inició un retroceso del poder naval catalán. A este rey Cornago dedicó la *Missa Ayo lo visto mapamundi*.

¹⁷¹ Carta que se encuentra bajo reserva en la Biblioteca Nacional de París.

CAPÍTULO 2

Inicios de la Cosmografía

*Cabalgaduras son los navíos
a los que andan sobre mar,
así como los caballos
á los que andan por tierra.*¹⁷²

A continuación, se describirán otras obras del arte renacentista; a saber, un ingenio del arte de navegar, un mapamundi cosmográfico y un edificio matemático.

Iniciaremos con la carabela, obra del arte de navegar que tuvo trascendencia histórica; a saber, las primeras incursiones profundas en el Océano Atlántico. Gracias a la carabela, el europeo del siglo XV fue capaz de establecer las rutas regulares de conquista y de comercio global. *At Sagres and nearby port of Lagos, experiments in shipbuilding produced a new type of ship without which Prince Henry's exploring expedition and great seafaring adventures on the next century would not have been possible.*¹⁷³

Con este análisis tendremos una referencia para poder comparar la dificultad técnica y científica que hubo en las exploraciones en carabela para descubrir las rutas del Océano Atlántico, con la hazaña del descubrimiento de rutas para el tornaviaje en Naos por el Océano Pacífico. En esta obra se involucraron el capitán Andrés de Urdaneta, el sabio Alonso de la Vera Cruz, el matemático Martín de Rada y el oidor Diego García de Palacio.

Durante este capítulo se abordará la situación previa a este gran cambio epistemológico que inició en Europa. Durante las exploraciones del siglo XV, permaneció el concepto medieval de una tierra emergente confinada en los continentes de Europa, Asia y África. Todos los nuevos lugares descubiertos se consideraron como islas que rodeaban a la masa de tierra emergida. Sin embargo, al inicio del siglo XVI, cuando los exploradores evidenciaron el hallazgo de una gran masa de tierra firme, el imaginario europeo llevó a lo que O'Gorman llama la *Invencción de América*. Esto porque las categorías europeas no eran suficientes para comprender la realidad contemplada.

El inicio de este cambio en el pensamiento quedó documentado en la *Cosmographiae introductio* de Martin Waldseemüller, impresa en Saint-Dié-des-

¹⁷² II partida, Título XXIV, Ley VIII. (Alfonso X el Sabio, 1807: 264).

¹⁷³ Los experimentos en la construcción de barcos que se llevaron a cabo en Sagres y en el puerto vecino de Lagos produjeron un nuevo tipo de barco sin el cual no hubieran podido realizarse las expediciones de Enrique (el Navegante), y tampoco las grandes aventuras ultramarinas del siglo siguiente (Boorstin, 1983:163).

Vosges en 1507. Aquí apareció por primera vez el nombre de “América” y con ello se agregó un nuevo continente a la geografía universal. A la gran información que compiló Ptolomeo en su *Geographia*, Waldseemüller declaró haber agregado en la sección IX del mapa en el extremo inferior izquierdo:

*Una delineación general de varias tierras e islas, de algunas de las cuales los antiguos no hacen mención, descubiertas recientemente en cuatro viajes marítimos entre 1497 y 1504, dos por el rey Fernando de Castilla y dos por don Manuel de Portugal, serenísimos monarcas, con Américo Vesputio, como uno de los navegantes y comandantes de las embarcaciones... Todo esto lo hemos trazado cuidadosamente en el mapa para proporcionar conocimientos geográficos verdaderos y precisos.*¹⁷⁴

Los autores de esta obra utilizaron métodos antiguos para matematizar la realidad geográfica y agregaron nuevas coordenadas que describieron a América como un continente. Por lo anterior la considero una obra de arte que manifiesta el deseo de aprehender y difundir el conocimiento geográfico que se descubrió ante los europeos al contemplar lo que para ellos fue el Nuevo Mundo. Asimismo, manifiesta las aportaciones de los clásicos al *humanismo renacentista*. Se trata de un documento que testifica el inicio del cambio epistemológico de fines del siglo XV y XVI y que condujo a la matematización de la realidad, base epistemológica de la modernidad. Estos cambios los veremos reflejados en los cuatro autores novohispanos de interés en este trabajo.

El final de este capítulo se centrará en *El Escorial*, obra arquitectónica que manifiesta a lo que llegó la transformación del pensamiento europeo en el modernismo. Esta transformación inició en el naciente imperio español bajo el reinado de Felipe II, cuando la epistemología transitó de una especulación intelectual escolástica, al asombro humanista y a la aplicación pragmática moderna.¹⁷⁵

¹⁷⁴ Waldseemüller, 2007: 29.

¹⁷⁵ En el *Congreso Internacional sobre la ciencia y la técnica en la época de Felipe II*, (8-10 de setiembre 1998), realizado en San Lorenzo de El Escorial, se comentó: *Para la formación de cosmógrafos, arquitectos e ingenieros, bajo el influjo de Herrera, creó la Academia de Matemáticas de Madrid. La Botica del Escorial y sus destilatorios supusieron una institucionalización, al máximo nivel, del paracelsismo y la Biblioteca del Monasterio de El Escorial se presenta como una colección, prácticamente completa de todos los saberes tecnológicos y científicos renacentistas. ...Respecto a los jardines... son testimonio, una vez más de su interés terapéutico por la siembra en ellos de simples medicinales, ...y la destilación de hierbas en Aranjuez, acaso Madrid y El Escorial (Martínez Ruiz, 1999: 431).* Todos estos conocimientos quedaron reflejados en las obras de los novohispanos.

2.1 Cabalgando por el océano Ignoto

El Imperio Naval Español se desarrolló con el crecimiento de Castilla. El origen del poder naval castellano está en la tradición marinera de los vizcaínos que se lanzaron al mar Cantábrico como respuesta a las invasiones vikingas que asolaron las costas de la península ibérica durante el siglo IX y X. Poco a poco, los vizcaínos desarrollaron una tecnología naval que les permitió realizar una actividad corsaria que asediaba el comercio de las costas cantábricas^{176 177}.

Los castellanos y los vizcaínos en muchas ocasiones actuaron coordinados. Cuando el rey de Castilla, Fernando III conquistó la ciudad de Sevilla en 1247, fue gracias a la flota cantábrica. La armada naval fue de importancia tal, que el rey Alfonso X le dedicó en la Partida II, el Título XXIV *Que fabla de la guerra que se face por mar*.¹⁷⁸ Asimismo, el historiador del siglo XV, Gutierre Díaz de Gámez, relató en el *Victorial* las andanzas caballerescas del conde de Buelna, Pero Niño, corsario castellano que operó por las costas del Mar Tirreno, Mar Cantábrico y Canal de la Mancha. Este evento provocó terror en las costas inglesas de 1405 a 1407.

Para transitar con alguna seguridad por aguas desconocidas del mar, se requirió de conocimientos, naves, equipo e instrumentos que hasta entonces no se habían utilizado. Los vizcaínos usaron naves de tipo redondo, que desplazaban de cien a doscientos toneles.¹⁷⁹ La nave vizcaína derivó de la Coca Hanseática. Fue un navío de alta borda, con quilla muy acusada y con popa de gran masa, a veces en proa y en popa se le añadían castillos. Resultó más apta para las aguas bajas. Contó con un solo mastil y una vela. Durante el siglo XV creció de tonelaje hasta llegar a los 300, 500 o 700 toneles,¹⁸⁰ pero siempre se usaron en navegación costera.

Los portugueses usaron la carabela para las incursiones atlánticas. Para éstas, hubo una conjunción de saberes tácitos de la arquitectura naval de la coca hanseática¹⁸¹ del Mar del Norte,¹⁸² de la maniobrabilidad del dhow árabe¹⁸³ en los

¹⁷⁶ Villani, 1991: 636.

¹⁷⁷ Hay además noticia de esto gracias a la obra *Instrucción náutica* de Diego García de Palacio.

¹⁷⁸ Alfonso X, 1807: 258-271.

¹⁷⁹ 1.686 toneladas métricas por cada tonel (Orella, 2006: 572).

¹⁸⁰ Orella, 2006: 572.

¹⁸¹ La coca hanseática fue una nave de hasta 200 toneladas, de casco en tingladillo (casco construido con listones sobrepuestos de madera), aportó el uso del timón de codaste (timón montado con bisagras en el centro de la popa, que permitió cambiar el rumbo con menos esfuerzo) y el uso de un mástil con vela cuadrada. Esto le permitió navegar en mar gruesa sin remeros, pero requería el viento en popa. Esta nave apareció en el mar Mediterráneo en 1304 y la tripularon piratas gascones. (Villani, 1999: 636).

¹⁸² Parada, 2004: 214.

mares del océano Índico y con los saberes de la antigua náutica mediterránea ya descritos por Miguel de Rodas.

La carabela fue un cambio tecnológico que permitió al europeo explorar rutas oceánicas desconocidas. Gracias a ésta fue posible encontrar la *volta do mar*,¹⁸⁴ realizar cada vez más arriesgadas incursiones hacia el mar Océano Ignoto y hallar las condiciones periódicas de viento y corrientes marinas para que los navegantes pudiesen establecer nuevas rutas regulares de comercio y dominio militar bajo un concepto global.

Los conocimientos náuticos que adquirieron gradualmente los portugueses del siglo XV se guardaron celosamente por considerarse una ventaja comercial. Más tarde, al inicio del siglo XVI, durante el Imperio de Carlos V, debido a las ideas utópicas del Humanismo aceptadas ampliamente en toda Europa, los castellanos difundieron el conocimiento náutico y cosmográfico por todo el Sacro Imperio Romano Germánico. El saber colectivo se enriqueció con las aportaciones de los sabios clásicos, medievales europeos, islámicos, hindúes, chinos, más las aportaciones de América. En ese intercambio, los marinos comerciantes flamencos y vénetos fueron los más ávidos receptores y difusores de los nuevos saberes. Por medio de la imprenta, hicieron explícito el conocimiento obtenido.

A mediados del siglo XVI, cuando la guerra religiosa europea cobró más fuerza y los corsarios franceses, ingleses y holandeses hicieron peligrar las rutas marinas de abastecimientos del Imperio Español, el rey Felipe II de España trató que los conocimientos se cerraran a los enemigos ideológicos de España y del catolicismo. Así lograría tanto un mayor imperio sobre América y Filipinas, como una difusión más amplia de los nuevos conocimientos en universidades y en la Casa de Contratación de Sevilla.^{185 186}

2.2 Características técnicas de la carabela

La carabela permitía adentrarse en los mares oceánicos para descubrir nuevas tierras. Por ello requería de condiciones especiales. Se trató de una novedosa

¹⁸³ El dhow árabe fue nave ligera de 40 a 60 toneladas, de poco calado y perfil esbelto, con un casco cosido a tope con fibras vegetales. Aportó la capacidad de navegar sin remeros, y con el viento en contra, mediante la vela latina montada en uno, dos o tres mástiles. Con el avance del Islam, apareció en el Mediterráneo procedente del Índico.

¹⁸⁴ Término en portugués usado para referirse a las rutas que se alejan de la costa, se adentran en el océano. Describen un amplio arco y finalmente llevan al punto deseado.

¹⁸⁵ Lugar conocido por la formación de cosmógrafos y pilotos.

¹⁸⁶ En realidad, las razones fueron de seguridad y de diferencias teológicas. Todo lo ocurrido ha complicado la reconstrucción histórica del desarrollo de la cosmografía y de la tecnología náutica ibérica del siglo XVI.

aplicación de la técnica constructiva naval desarrollada en costas del Algarve Portugués a principios del siglo XV. Boorstin nos dice: *The caravel was a ship specially designed to bring explorers back.*

Era una nave ligera y muy marinera, pero con suficiente capacidad para cargar bastimentos para soportar tiempos largos de navegación sin tocar tierra. Si las condiciones así lo exigían, debía poder navegar contra el viento de forma eficiente. Los barcos de exploración no se usaron para comerciar, por ello, lo más importante era la maniobrabilidad y buen desempeño marino para garantizar un fácil regreso al portador de la información. Una vez recorrido el camino, se daba el paso a los navíos comerciales.

Ha sido difícil conocer el desempeño náutico de las carabelas. Los investigadores han echado mano de la arqueología subacuática, de rescate de pecios, de arqueología náutica y de construcción de modelos teóricos en computadora y en madera a tamaño real, para conocer el desempeño físico en condiciones náuticas reales.¹⁸⁷

Los conocimientos de la geometría del casco de las carabelas eran tácitos. El gremio de los Carpinteros de Ribera, los desarrollaron y los compartieron de manera oral.

Por lo efímero de los materiales utilizados en el procedimiento de construcción, hoy no contamos con modelos, imágenes o textos de la época que documenten la técnica de construcción de las carabelas.¹⁸⁸

2.3 Inicios de la navegación oceánica

Camoens inicia en *Os Luísiadas:/ As armas e os barões assinalados,/ Que da ocidental praia Lusitana,/ Por mares nunca de antes navegados,/ Passaram ainda além da Taprobana.*¹⁸⁹

¹⁸⁷ Luis Miguel Coín Cuenca investigó las características náuticas de la carabela en su tesis "Aspectos náuticos de los cuatro viajes colombinos" y después realizó un viaje en un modelo construido en Cádiz. Gracias a esta investigación se obtuvieron datos más que relevantes en torno a la construcción de carabelas. Según este autor y de acuerdo con López Martínez, las carabelas eran naves con tonelaje medio de 35 toneles, con diseño del casco con poco puntal y por consiguiente de poco calado. Al tener menor superficie de rozamiento en contacto con el agua, fue un barco que pudo navegar a una velocidad de 12 nudos. Y tenía la característica de ceñir o navegar de bolina en alta mar, maniobrando con la carga en bodega de proa a popa.

¹⁸⁸ Hay aún algunos carpinteros de Ribera que saben estas artes, pero por transmisión oral. Ha habido simulaciones en computadora y se han construido en tamaño real. Tal es el caso de La Niña de Cádiz, que navegó la ruta del primer viaje de Colón. Se logró con base en el cotejo de la carta de Colón que contenía la ruta y el desempeño de la nave (López Martínez, 2014: 133).

La investigación detallada de los inicios de la arriesgada navegación oceánica en el Atlántico nos permitirá conocer con qué contaba Andrés de Urdaneta y cómo lo aplicó en el primer viaje de Filipinas a la Nueva España.

2.4 Antecedentes de la náutica de los descubrimientos

La navegación por las costas del Atlántico inició desde tiempos anteriores al siglo XV. Existen datos geográficos que permiten suponer un conocimiento de las islas Canarias¹⁹⁰ desde la *Geografía* de Ptolomeo. Asimismo, existen referencias de viajes de vénetos en galeras que nunca regresaron, y se habla de la presencia de navegantes ibéricos en las Canarias desde el siglo XIV.¹⁹¹ Hay, además, datos de periplos griegos hacia África por las costas del mar Rojo y mar Índico. Ahora bien, se sabe de las rutas comerciales ibéricas periódicas por el Atlántico a partir de inicios del siglo XV. Partían de dos puntos: de las costas cantábricas y de las costas de Sagres.

En la Baja Edad Media se incrementó el comercio fuera del Mediterráneo. Así, se hizo necesaria la aguja de marear o brújula.¹⁹²

Por su parte, los mapas no tenían algún sistema de proyección matemática, sólo se basaban en métodos geométricos elementales de trazo gráfico y en los datos empíricos de distancia aproximada y rumbo magnético. No había garantía alguna de precisión geográfica.¹⁹³ Entonces surgió la *Toleta de Marteloio*: sistema complejo que, con base en conocimientos simples de trigonometría, permitió a los navegantes trazar una ruta zigzageante sin perder el rumbo deseado. Se usó para este fin un método de solución gráfica o tablas numéricas calculadas previamente.

En el siglo XIII, gracias al *Establecimiento de Puerto*, se conoció el comportamiento de las mareas en cada puerto. Para ello, se estableció la pleamar en el día de Luna Nueva en la zona portuaria para que los barcos no quedaran en seco. Se contó con tablas de mareas para cada puerto conocido.¹⁹⁴

¹⁸⁹ Nobles barones elegidos/ que de la playa occidental lusitana/ por mares nunca antes navegados/ fueron incluso más allá de Sri Lanka (Camoens, Os Luisíadas, 1572).

¹⁹⁰ 28° 6' 0" N, 15° 24' 0" W.

¹⁹¹ Albuquerque, 1983.

¹⁹² Aunque no se sabe con precisión dónde y cuándo se comenzó el uso de este instrumento, suponemos que sucedió en el siglo XIII. Como resultado de este cambio, aparecieron "las rosas de los vientos" en los mapas portulanos.

¹⁹³ Albuquerque, 1983: 9.

¹⁹⁴ Lo que puede encontrarse en el Atlas Catalán de Cresques (Albuquerque, 1983: 9-10).

Los saberes náuticos del medievo permanecieron tácitos. Se incrementaron y se registraron en los apuntes de cada marino, pero sin tratado de navegación para una difusión explícita.¹⁹⁵

2.5 La navegación oceánica

Relatos históricos atribuyeron a Enrique el Navegante la fundación de la Escuela de Sagres, lugar donde se inició el estudio científico y sistemático de los saberes explícitos de la navegación astronómica. La escuela reunió sabios judíos e islámicos.¹⁹⁶

La navegación mediante la observación de los astros se ha usado desde siempre. Sin embargo, cuando hablamos de navegación astronómica, se trata de una medición precisa de la posición de las estrellas en el cielo, para saber la posición geográfica de la nave en el mar. La determinación de la latitud de varios puntos geográficos se hizo desde la Baja Edad Media, pero los marinos no lo hicieron siempre, puesto que para quienes fue más útil esta medida fue para los astrónomos. Así, en el siglo XV, ellos hicieron y usaron los *Almanaques* o tablas de Efemérides. No fue sino hasta el siglo XVIII que los marinos pudieron echar mano de estos materiales. Suponer que la navegación astronómica fue utilizada recurrentemente en la navegación a las islas Madeira, Canarias y Azores no es correcto.¹⁹⁷ *...não será supérfluo sublinhar mais uma vez que tal náutica não pode ser classificada de astronómica. Só as navegações atlânticas, dominadas por outros condicionalismos, viriam a alterar essa rotina herdada do Mediterrâneo.*¹⁹⁸

2.6 Las exploraciones por la costa atlántica de África

En 1415, el infante Enrique participó en la conquista de Ceuta,¹⁹⁹ enclave comercial para introducir a Europa las riquezas de África. Hubo caravanas con

¹⁹⁵ Sólo hay datos de algunos manuscritos del s. XIII, *Il Compasso da Navigare* y del XV, el de Miguel de Rodas.

¹⁹⁶ Hay quienes niegan la existencia formal de la Escuela de Sagres. Tal es el caso del historiador Luis de Albuquerque, que en su libro *Ciência e experiência nos descobrimentos portugueses*, en la que explica que fue un proceso evolutivo de recopilación y utilización intencional de saberes tácitos, mismos que se difundieron más en los puentes de los navíos exploradores, que en las cortes, universidades o escuelas de navegación.

¹⁹⁷ Albuquerque, 1983: 18-21.

¹⁹⁸ ..no estará de más subrayar una vez más que tal náutica no puede ser clasificada como astronómica. Sólo las navegaciones atlánticas, dominadas por otras condiciones, vendrían a cambiar esa rutina heredada del Mediterráneo (Albuquerque, 1983: 21).

¹⁹⁹ 35°53'12"N,5°18'0"W.

mercancías variadas, mismas que se interrumpieron con la llegada de los cristianos portugueses.²⁰⁰

Después, el príncipe Enrique se retiró al puerto de Lagos,²⁰¹ y a partir de 1525, impulsó una serie de expediciones en carabelas por las costas africanas del Atlántico. Así buscó un camino al mítico Río del Oro africano, y dieron inicio las primeras empresas modernas de exploración.²⁰²

Después de 1430, Enrique el Navegante organizó la exploración de la costa africana al sur del Cabo Bojador, en el Sahara occidental, Marruecos.²⁰³ En 1434 y tras varios intentos, Gil Eanes logró llegar más allá del Bojador. Se trató de un paso decisivo en el inconsciente colectivo, pues marcó el inicio de una carrera imparable hacia el sur del Atlántico.²⁰⁴

En 1436, Afonso Gonçalves Baldaia llegó al río de Oro, La Agüera, en el Sahara Occidental, Marruecos, e intercambió mercancía por un poco del codiciado oro africano. No obstante, la muerte del rey Eduardo I de Portugal y la guerra por la sucesión que le siguió por cinco años, puso en riesgo el proyecto de exploración de África.

El príncipe Enrique murió en Sagres en 1460. Aunque el descubrimiento de la costa occidental del África apenas comenzaba, iba por muy bien camino. En 1469, el rey Alfonso V, sobrino de Enrique, otorgó a Fernão Gomes, una concesión de monopolio del comercio guineano a cambio del compromiso de descubrir cada año un mínimo de cien leguas; a saber, unos quinientos cincuenta kilómetros de la costa africana. Debía además participar al rey de un porcentaje de las utilidades del comercio. La concesión produjo una impresionante sucesión de descubrimientos en África. En 1471, João de Santarém y Pêro Escobar descubrieron la costa septentrional del Golfo de Guinea, la Costa de Mina, la de Benín, la de Gabón y llegaron al Ecuador a las islas de Santo Tomás y Príncipe.

Las corrientes marinas y los vientos dominantes fueron factores que serían, después de todo, determinantes para los principales cambios que se produjeron en beneficio de la navegación oceánica. El conocer los vientos y corrientes en una amplia área del Atlántico, mostró a los navegantes que los vientos soplan predominantemente y durante todo el año, el cuadrante entre el norte y el noreste,

²⁰⁰ Parte de los bienes que llegaban del sur por el Sahara y de la India en el este era la pimienta, la canela, el clavo, la nuez moscada, el jengibre y otras especias. También hubo plata y piedras preciosas, así como oro, que fue producto de lo que después se conocería como “comercio silencioso” (Fernández, 2000: 215-216).

²⁰¹ 37°6'0"N, 8°40'0"W.

²⁰² Boorstin, 1983 :158-161.

²⁰³ 26°7'37"N, 14°29'57"W. Este sitio ya aparece en la cartografía mediterránea del siglo XVI.

²⁰⁴ Al parecer, los cronistas de la época exageraron las dificultades de la empresa, pues el lugar no ofrece barreras náuticas de consideración.

y que las corrientes tienen la misma orientación. Por lo tanto, el retorno de la costa africana se hacía largo y arduo, incluso cuando se prefería navegar con carabela.

2.7 Volta pelo largo²⁰⁵

Tener en circunstancias favorables que permitieran navegar del Cabo Blanco hasta Lisboa o a Lagos fue el resultado de una cuidadosa observación de los fenómenos de la geografía física. No se sabe quién fue el primer piloto que ensayó con buenos resultados la *volta pelo largo*, pero sí sabemos que esta hazaña inició grandes cambios en la navegación y en el pensamiento europeo occidental.²⁰⁶

2.8 La carrera de la Indias²⁰⁷

João II buscó infructuosamente alianza con el sultán de Fez y el *Preste Juan*,²⁰⁸ para lo que apresuró la exploración de las costas atlánticas de África. Diogo Cão llegó a la desembocadura del río Congo en 1482. A su vez, Pêro da Covilhã y Alfonso de Paiva partieron a una exploración secreta de África. En esta exploración se obtuvieron datos muy importantes sobre el comercio de esa región.

Bartolomeu Dias descubrió, entre 1487-1488, la *volta pelo largo* para poder circunnavegar el sur de África. Para ello siguió la corriente del Brasil hasta llegar a la costa este de África. Así y por casualidad, se descubrió el Anticiclón del Atlántico Sur, también llamado De Santa Helena, que es una ruta de las navegaciones a vela entre América Austral y África Austral.

2.9 Búsqueda de la ruta castellana a Indias

²⁰⁵ Vuelta por lo largo, navegación que se aleja de la costa, adentrándose en alta mar.

²⁰⁶ Hay autores, como el navegante Gago Coutinho, que refieren que tal vuelta inició al realizar la singladura de las Canarias a la isla de Madera y Lagos. Ahora bien, Albuquerque nos dice que este gran cambio náutico debió haberse intentado después del descubrimiento de las Islas Azores. Sólo con el reconocimiento de las islas situadas al sureste del archipiélago podrían haber encontrado que la ruta de las islas a Lisboa o Lagos podría hacerse fácilmente navegando hacia el este por el paralelo 38 N o 37 N. Ya existen referencias al Mar de los Sargazos en una carta de 1435 del cartógrafo Andrea Bianco, mar muy temido por sus "calmas chichas".

²⁰⁷ La búsqueda de rutas alternativas de comercio europeo con la India, Indonesia y el Oriente Asiático.

²⁰⁸ Personaje mítico medieval, gobernante, sacerdote o patriarca de un reino situado más allá de las tierras dominadas por los musulmanes. Pudo ser una versión mítica del reino etíope.

La búsqueda de una ruta castellana a las Indias que interviniera poco en aguas portuguesas debía hacerse surcando el océano de este a oeste partiendo de las islas Canarias. Habría que hacer una *volta do mar* por el Atlántico Norte.

Cristóbal Colón supuso que podría ir y venir a la India por la ruta este-oeste de Canarias a Cipango, y asimismo supuso que la distancia a recorrer sería de 2,400 millas náuticas,²⁰⁹ cuando en realidad son 10,700 millas náuticas: distancia 4.5 veces mayor.²¹⁰ Este error náutico hizo que iniciara la navegación castellana de este a oeste. Colón partió el 3 de agosto de 1492 del Puerto de Palos, hizo escala en las Canarias y partió al oeste. Tocó tierra americana en una isla del caribe el 12 de octubre de 1492. Aunque el punto exacto aún se discute, podemos afirmar que exploró las costas orientales de la isla de Cuba y La Española, donde construyó un pequeño fuerte. El 18 de febrero de 1493 llegó a las islas de los Azores y seis días después partió. Llegó a Portugal en *la Niña* y dos días después llegó al Puerto de Palos. Quizá sin saberlo, el primer viaje de Colón aprovechó el Anticiclón del Atlántico Norte, que es la vía de navegación a vela entre Europa y América Septentrional.²¹¹

Desde el primer viaje de Colón, el motivo principal era encontrar la ruta oeste a las Indias. Cuando regresó de su primer viaje, provocó muchas inquietudes en el rey João II, quien conoció perfectamente el proyecto colombino. Debido a los conocimientos geográficos que tenía, desestimó a Colón dados los errores sobre el cálculo de la distancia este-oeste. El rey portugués inició una querrela judicial por los derechos de explotación de las tierras al oeste del Atlántico.²¹²

Esto agregó al Imperio Español necesidad política para delimitar correctamente el meridiano. El árbitro fue el papa Alejandro VI y el Tratado de Tordesillas se firmó por Isabel de Castilla, Fernando de Aragón y João II de Portugal, en un contexto de ignorancia tanto geográfica como náutica. El tratado se firmó entre el primer y

²⁰⁹ 4,444.8 km.

²¹⁰ Verlinden, 2006: 39-40.

²¹¹ Lines, 1983: 96-97.

²¹² Con el antecedente del tratado de Alcáçovas-Toledo y con el fin de evitar una guerra por el derecho de disponer de los recursos ultramarinos, castellanos y portugueses, en el año de 1494, acordaron el Tratado de Tordesillas. Éste fijó la delimitación de las áreas de acción de los reinos. El tratado dividía el globo terrestre con una línea imaginaria trazada en medio del océano, que seguía un meridiano situado a 370 leguas al oeste de los archipiélagos de Cabo Verde: "... que se haga é señale por el dicho mar Océano una raya, ó línea derecha de polo á polo, convien á saber, del polo ártico al polo antártico, que es de Norte á Sul, la qual raya ó línea se aya de dar, é dé derecha, como dicho es, á trezentas é setenta leguas de las islas del Cabo Verde, hacia la parte del Poniente, por grados ó por otra manera como mejor y mas presto se pueda dar, de manera que no sean mas...(Archivo Nacional ,Torre do Tombo, Gavetas, Gav. 17 mç 2 No. 24). Ahora bien, el tratado no especificó el punto geográfico desde donde se debió medir el meridiano, ni fijó la equivalencia entre leguas y grados terrestres.

segundo viaje de Colón y apenas se tenía una idea de las tierras que existían al oeste de las islas de Cabo Verde. Además, los cálculos de la circunferencia terrestre tenían un error de aproximadamente 11 mil km. Sin embargo y a pesar de todo, este tratado logró la paz naval necesaria para permitir la expansión portuguesa al este y la castellana al oeste.²¹³

El Tratado de Tordesillas, no obstante, fue insuficiente para cumplir su cometido. El texto no se actualizó y no evolucionó al ritmo de las circunstancias. En muy poco tiempo quedó obsoleto. Ahora bien, al ser el único documento jurídico con que se contaba, permaneció vigente después de la unión del reino de Portugal al Imperio Hispánico en 1580.

En cuanto ascendió al trono el joven rey de Portugal Manuel I, envió una expedición en 1495 para llegar a las Indias circunnavegando África. Con base en los conocimientos que Bartolomeu Dias aportó, la flota de exploración al mando de Vasco de Gama consistió de dos naves de escaso calado y aparejo de cruz , de unas cien toneladas , una carabela latina , de cincuenta toneladas , un navío almacén de unas doscientas toneladas y una tripulación de 250 marineros. Dio la *Volta do mar* por el Atlántico Austral, navegando hacia el oeste hasta encontrar el borde oeste de la célula atlántica del sur, o Anticiclón de Santa Helena. Rodeó el Cabo de Buena Esperanza, exploró la costa este de África y llegó a Malindi, donde el Sultán les proporcionó un piloto árabe que los condujo a través del Mar Árabe aprovechando el viento noreste del Monzón de Invierno. Llegaron a Calicut el 20 de mayo de 1498 en una travesía de 23 días.

Por lo pobre de sus presentes y el poco valor de la mercancía, tuvo muy poco éxito diplomático con los gobernantes hindúes. Regresó a Portugal contraviniendo los consejos de los pilotos de la región, por lo que el camino de regreso le fue muy difícil. Le tomó 132 días llegar a Malindi y con dificultad cruzó por el Cabo de Buena Esperanza. Con una carabela y una nave tripuladas por 55 hombres, llegó a Lisboa en mayo de 1499. Con ello Portugal inició la lucrativa ruta comercial a las Indias.

Con los conocimientos adquiridos en el viaje de Gama, inició el tránsito de Naos en la ruta a las Indias, incrementando mucho el tonelaje del comercio de productos de lujo y con ello la riqueza de Portugal. Más tarde, Luís Camões relató el viaje de Gama en el poema épico renacentista *Os Luisíadas*.

Vasco de Gama en su largo viaje de ida Portugal a la India, utilizó tres sistemas meteorológicos, el Anticiclón de las Azores, el Anticiclón de Santa Helena y los vientos del Monzón de Invierno.

²¹³ Los problemas que no se resolvieron fueron los de carácter técnico: las leguas portuguesas y castellanas eran diferentes. No había instrumentos con capacidad para medir los grados de longitud. La distancia de los grados de longitud terrestre varían según la latitud en que se miden.

2.10 Viajes de exploración en América

A partir del segundo viaje de Colón, entre 1493 a 1518, el reino de Castilla inició un proceso gradual de conocimiento y reconocimiento para encontrar un paso a las islas de las especias. Ante la gran cantidad información cosmográfica desordenada que llegaba a Castilla, el rey Fernando el Católico, en 1508 reunió en la *Junta de Burgos* a Vicente Yañez Pinzón, Américo Vespucio, Juan de la Cosa, Juan Díaz de Solís y a los administradores de las exploraciones, Sancho Matienzo de la Casa de Contratación de Sevilla y Juan Rodríguez de Fonseca, encargado de organizar las expediciones. En esta junta se decidió que se buscaría la ruta occidental a las Indias y que se conquistarían las nuevas tierras.²¹⁴

En 1516 murió el rey Fernando el Católico, y el Imperio Español entró en un período de inestabilidad política. La exploración decayó, hasta que en 1517 Francisco Hernández de Córdoba salió de Cuba enviado por Diego Velázquez. Exploró así la costa de Yucatán desde Isla Mujeres hasta Champotón. Después, de 1519 a 1521, Hernán Cortés —enviado por Diego Velázquez— salió de Cuba y entró a tierra firme por La Antigua Veracruz. Tras una campaña de dos años y con la caída de la capital del Imperio Mexica, Tenochtitlán, conquistó México. En 1519 Francisco de Garay envió a Alonso Álvares de Pineda, quien salió de La Española, recorrió y cartografió la costa norte y oeste del Golfo de México desde los Cayos de Florida hasta La Villa Rica de la Vera Cruz.

Entre 1524 y 1525, por orden de Carlos V, Esteban Gómez salió de la Coruña y exploró y cartografió la costa atlántica de Norteamérica desde Cabo Bretón hasta Florida. Con la información de las exploraciones, lentamente se fue perfilando el Continente Americano.

2.11 El primer viaje de circunnavegación

En 1519, Fernando de Magallanes partió a buscar un paso hacia las Indias navegando hacia el oeste. Magallanes salió de Sanlúcar de Barrameda en septiembre de 1519, recorrió la costa atlántica sur de América con base en la ruta de Juan Díaz de Solís. En 1520 llegó a Cabo de las Vírgenes, cruzó en Estrecho de todos los Santos y salió por Cabo Deseado. Al salir al océano, se encontró con un fenómeno climatológico llamado *El Niño*. Éste le permitió navegar por un

²¹⁴ Comellas, 2012: 24.

océano Pacífico. Con un tiempo inusual,²¹⁵ se dirigió al norte a lo largo de la costa de Chile. En 1521 llegó a la isla de los Ladrones y después a Filipinas. Murió en Mactán y el piloto Juan Sebastián de Elcano continuó el viaje a Tidore.

Quedaron dos naves, *Trinidad* y la *Victoria*. Ésta se internó en el Sur del océano Índico y después de un trágico periplo, llegó hasta la región de los *Cuarentas bramadores*, vientos australes que soplan con fuerza de oeste al este, finalmente siguiendo la ruta portuguesa llegó a Sevilla en 1522 con 17 tripulantes y una rica carga.

La Nave *Trinidad*, por su parte, intentó llegar a Panamá por el Pacífico Norte. Llegaron a las islas Palaos y a isla Asunción y regresaron a Tidore, donde fueron prisioneros de los portugueses. A España sólo lograron llegar Ginés de Mafra, León Pancaldo y el alguacil Gonzalo Gómez de Espinoza en 1526. Se considera que esta ruta fue el primer intento cierto de navegar siguiendo el Anticiclón del Pacífico Norte o de Hawai.²¹⁶

La exploración de Magallanes-Elcano llevó a Europa el conocimiento sobre el anticiclón del Pacífico Sur, el anticiclón del Índico Sur y estuvo muy cerca de encontrar el anticiclón del Pacífico Norte.

2.12 Determinación de la latitud geográfica

Los marinos portugueses tuvieron que confiar día y noche en seguir un rumbo fijo sin tener algún punto terrestre de comprobación. El procedimiento fue muy parecido a la *regla del marteloio*, lo que suponía una posibilidad limitada de error. Los pilotos pudieron observar el aumento en la latitud en el casi imperceptible cambio diario de las estrellas. Sin embargo, no había métodos para medir este cambio de altura, así que decidían empíricamente cuando estaban cerca del cambio de rumbo. Para dar una mayor seguridad en el viaje, se necesitaba tener cada día una confirmación de una medida confiable que les dijera qué tan lejos o cerca estaban de ciertos paralelos.

Juan de Sacrobosco, autor de la obra didáctica, *Sphaera mundi*; propuso un método que sugería la solución a ese problema náutico. Sin embargo, su método no resolvió el problema que preocupaba a los navegadores de la década de 1435 a 1445.²¹⁷

²¹⁵ Comellas, 2012: 108.

²¹⁶ Comellas, 2012: 151-152.

²¹⁷ Albuquerque, 1983: 26-32.

El método para la navegación oceánica descrito por Albuquerque²¹⁸ evolucionó de la siguiente forma: primero fue uno sencillo que usó las manos para medir los ángulos.²¹⁹ Se midió el cielo a palmos. Con esto, el navegante obtenía, cada noche que fuera posible, la altura en grados de la Estrella Polar en su tránsito por el meridiano local.²²⁰

2.13 Determinación de latitud boreal

Más tarde, para obtener una mayor exactitud en sus lecturas angulares, utilizaron el Cuadrante Marino. La primera obra que describe este uso es *Reportório dos Tempos*, traducida y publicada por el impresor Valentim Fernandes de Moravia, en Lisboa en 1518. Este procedimiento está en el relato de Diogo Gomez de su visita a Guinea. En este relato, dio como prueba de su visita a Guinea su cuadrante de abordaje marcado por él mismo.²²¹ Este procedimiento era similar al que usaban los navegantes árabes e hindúes de la época, que registraban las altitudes de los puertos con nudos en la cuerda del Kamal.²²² A medida que los marinos se aproximaban al ecuador, la Estrella Polar rozaba el horizonte, lo que hacía difícil la observación. Para verificar la posición geográfica en latitudes ecuatoriales, se observó otras estrellas y por comparación de alturas se corregía la posición. Para ello era esencial conocer con precisión la mayor altura diaria de la estrella. El obtener esta medición no fue sencillo. La solución se halló gracias a los astrólogos. Vino entonces el *Reportorio dos Tempos*. Para Albuquerque, este método se empleó antes de que Colón descubriera la declinación magnética en el cruce del océano Atlántico.²²³

De acuerdo con Diogo Gomez, sabemos que los portugueses iniciaron la navegación astronómica en los primeros años de la segunda mitad del siglo XV. La solución fue más que necesaria para realizar la navegación de altura *volta pelo largo* iniciada poco antes de 1450.

Los astrólogos plantearon observar no las estrellas, sino el sol. Las observaciones solares eran más fáciles de realizar en cualquier tiempo.

El procedimiento náutico más antiguo lo encontramos en la edición 1563 del *Reportorio dos tempos*. El texto también se refiere a las denominadas *Pautas do*

²¹⁸ Albuquerque, 1983: 35-37.

²¹⁹ Vernet, 1979: 349-359.

²²⁰ Momento en que el astro corta el círculo meridiano del cenit.

²²¹ Albuquerque, 1983: 37.

²²² Instrumento sencillo que utilizaban los marinos del Océano Índico para medir la Latitud. (Fisher, 1993:17).

²²³ Albuquerque, 1983: 38.

Sol, o Reglas del Sol. Gracias a éstas es posible calcular la singladura recorrida por la nave a partir de la observación del Sol. Esto trajo al método una complejidad mayor: durante el año, el Sol de mediodía está en la misma posición celeste sólo un día. Para poder calcular la latitud, se requiere de usar un calendario de posiciones solares. A estas efemérides solares se las llamó *Pautas do Sol* o Reglas del Sol.

Ya en la era de las exploraciones, los portugueses incluyeron reglas para la navegación de altura con respecto al Sol, la Estrella Polar, a la Cruz del Sur y, en algunos casos, a otras estrellas en que basaban su navegación.

2.14 Determinación astronómica de latitudes australes

En los viajes por el Atlántico Austral en las inmediaciones del Ecuador, la Estrella del Polar desapareció en el horizonte para los pilotos. Había que encontrar una estrella similar que señalara el polo sur celeste, o bien, un método que permitiera la determinación de la latitud en aguas australes. El documento más antiguo que se refiere a esta preocupación es una carta del médico español D. Manuel escrita en Brasil en 1500. En ésta hay un boceto que describe la posición relativa de las estrellas más evidentes del hemisferio sur, pero no hace referencia a las tres estrellas de la Constelación Circumpolar del Octante. Ya en textos del siglo XVI se habla de métodos más atribuibles a los marineros.

2.15 Las observaciones solares para determinar latitud

Las observaciones solares en la náutica portuguesa del siglo XV para la determinación de las latitudes tienen su origen en diversas obras medievales. Con base en el testimonio de Cristóbal Colón, el maestro José Vizinho —astrólogo que tuvo influencia en el desarrollo de la astronomía náutica, en el año 1485— estaba en Guinea ensayando el Regimiento del Sol. Estas primeras observaciones se hicieron sólo en tierra. Colón nos dice que, en los viajes en 1488, Bartolomeu Dias ya estaba equipado para determinar las latitudes australes, cuando por azar, descubrió la *corriente del Brasil*, que lo llevó al encontrar el paso del Atlántico al océano Índico circunnavegando el extremo sur de África.

Para calcular la latitud mediante la altura meridiana del sol, era necesario conocer la declinación de la estrella en el día de observación, misma que variaba diario. Por ello fue necesario calcularla a través de tablas de efemérides solares.

Las tablas indicaban, para un período de cuatro años del 1473 a 1476, la ubicación diaria del sol en su tránsito por el meridiano. El valor está dado en grados, minutos y segundos recorridos en cada signo del zodiaco, entre 0° y 30°. La coordenada se le llamó el "lugar del sol". Una vez conocido este lugar, una quinta tabla podría proporcionar la declinación en grados completos de los "lugares del sol" en diferentes signos del zodiaco. Para esto se requirió de operaciones aritméticas complejas de interpolación. Fueron astrónomos y aritméticos quienes calcularon las declinaciones solares para cada día del año de los cuatro años establecidos en el almanaque Zacuto.

José Vizinho fue el encargado de verificar, corregir y añadir las reglas para determinar la latitud por las observaciones de alturas meridianas solares. Gracias al astrólogo-astrónomo Abraham Zacuto, se obtuvieron las tablas de declinación solar para uso náutico, y los cálculos se deben a Gaspar Nicolas. Se trató aquí de soluciones a problemas prácticos.

Según Joao Barros, desde 1480 el rey Juan II de Portugal organizó una reunión de matemáticos para el estudio y solución de los problemas de la navegación oceánica.

2.16 Determinación de la longitud

La medición de la longitud geográfica fue un dato relativamente simple para su medición "a ojo". Sin embargo, cuando se perdían de vista las referencias terrestres, y las singladuras se veían influidas por vientos y corrientes marinas, la medición del desplazamiento en dirección este-oeste, quedó solo a la opinión del marino. Ptolomeo había planteado soluciones para calcular la longitud mediante la observación de eclipses lunares, pero la observación de estos eventos en distintos lugares y horas era un método difícil de lograr. A partir de Posidonio de Rodas, tomó una medida fija para la circunferencia de la tierra de unos 180.000 estadios y 375 estadios a un grado de longitud. Con esto pudo convertir los grados de longitud a distancias medidas en estadios o en millas romanas.²²⁴

Al inicio de las exploraciones oceánicas europeas, se buscó un método para medir la longitud geográfica. Cuando los españoles iniciaron sus incursiones oceánicas, sus desplazamientos fueron de este-oeste: el problema de la determinación de la longitud geográfica se convirtió en una necesidad urgente.

²²⁴ González Fernández, 2010: 319.

En el siglo XVI la exactitud geodésica tomó una importancia más allá de la necesidad náutica, pues los reinos ibéricos requerían saber los límites legales de sus dominios.²²⁵

Con el fin de dar cumplimiento al Tratado de Tordesillas, se intentaron varios métodos teóricos y prácticos para determinar la longitud geográfica: los relojes de arena, los eclipses, las distancias lunares y las líneas isogónas.

En una carta de Américo Vesputio a Lorenzo de Médicis, en 1500, se relata la observación de la conjunción de la Luna con Marte, en un punto indeterminado situado a una latitud de 82° y $\frac{1}{2}$ al oeste del meridiano de Cádiz, calculada con las Tablas Alfonsinas y el Almanaque de Regiomontano.²²⁶ Este relato se considera el primer documento de una medición astronómica de longitud en América.²²⁷

2.17 La cosmografía en la universidad hispánica

Fue la Universidad de Salamanca con sus académicos y alumnos quienes se encargaron tanto del proyecto de Colón, como de los temas surgidos a partir del Tratado de Tordesillas. Entre 1498 y 1530 se realizaron tentativas para el estudio matemático de la astrología, con especial énfasis en el estudio de la medición de la esfera material.

Gracias a las obras de Pedro Sánchez Ciruelo y de Elio Antonio de Nebrija se observó un cambio paulatino en la intelectualidad hispana del siglo XVI. El primero publicó tratados matemáticos en la línea de los nominalistas y de los calculadores de Oxford. Entre sus obras destaca el *Opusculum de Sphera Mundi*. Ahí, Ciruelo explicó que es deber del filósofo buscar la verdad y dialogar con las obras de los antiguos. Según él, debían hacerse correcciones matemáticas: herramienta de la filosofía natural cimentada en principios inequívocos. Por su parte, Elio Antonio de Nebrija fue el primero en dedicar obra impresa a temas geográficos sobre el nuevo mundo. Su obra es *In Cosmographiae libros introductorium*, en el que analizó las obras clásicas y los significados de los términos cosmográficos. Su obra es de corte humanístico. No tiene ni técnica ni matemáticas.

Después de estos autores, la Universidad de Salamanca realizó una serie de cambios en el currículo matemático y astronómico durante todo el siglo XVI; evolucionó los comentarios a los clásicos hacia un uso mayor del racionalismo matemático.

²²⁵ Portuondo, 2013: 88.

²²⁶ Bandini, 1754: 72-73.

²²⁷ Pohl, 1966: 100.

Hubo una cátedra de Matemáticas y Cosmografía de la Universidad de Salamanca que ocupó Jerónimo Muñoz. La cosmografía que enseñaba Muñoz se apartaba del escolasticismo, negaba la naturaleza incorruptible de los cielos, argumentaba en contra de las esferas celestes y en sus clases se discutía sobre la Teoría Heliocéntrica. Refutó con argumentos de Ptolomeo y Teón de Alejandría la obra *De revolutionibus* de Copérnico. Usó las *Prutenicae tabulae coelestium motuum* de Erasmo de Reinhold, obra que asimismo usó Martín de Rada para sus cálculos. Aun después de muerto, su influencia estuvo presente en la Universidad de Sevilla de 1594, pues integró las últimas herramientas matemáticas para el oficio cosmográfico.

2.18 Instrumentos de medición

Con base en los textos náuticos portugueses del siglo XVI, puede concluirse sin duda alguna que el instrumento preferido por los pilotos en sus observaciones fue el astrolabio. El piloto Juan Escalante de Mendoza en 1575 nos dice: *El más acertado y competente instrumento que hasta ahora se ha descubierto para tomar la altura del sol, es el buen astrolabio, el cuál será mejor cuanto fuere mayor y más redondo, y más pesado, y más bien compasado.*²²⁸

En cuanto al astrolabio planisférico tradicional hay que decir que fue uno diferente al astrolabio. Fue un instrumento complejo que contaba con una placa circular de cobre llena de trazos que permitían la solución de los diversos problemas de la astronomía de la época. Ahora bien, para la navegación se utilizó un instrumento con funciones más reducidas, con el mínimo necesario para dar respuesta a las necesidades corrientes de un marino. Este instrumento está representado en los dibujos de Diogo Ribeiro.

Los constructores de astrolabios eliminaron del instrumento todo lo que no tenía ningún interés para la navegación. Finalmente, reemplazaron el disco base de metal con un anillo graduado que medía las alturas o las distancias cenitales de estrellas. Así fue como se creó el astrolabio náutico, que se diseñó con base en las observaciones y los consejos de los navegantes y pilotos.

²²⁸ Escalante de Mendoza, 1985: 112.

2.19 La cosmografía práctica y los manuales de navegación

El encuentro de los europeos con América en el siglo XVI generó una avidez de conocimiento no sólo en las élites académicas. Los exploradores, comerciantes y agentes extranjeros rebullían por el barrio mariner de Triana en busca de información para sus intereses comerciales y políticos. Buscaron asimismo un marco teórico que les permitiera entender la realidad que recién se descubría. Por el evidente sentido práctico, se abandonaron las explicaciones de los textos antiguos y se volcaron a la búsqueda de los relatos de primera mano que llegaban cada año con la flota de las Indias.

Los cosmógrafos de Sevilla se volcaron hacia el comercio y la navegación práctica más que por la especulación teórica.

Con la solución de problemas prácticos y a la difusión rápida de los nuevos conocimientos, nació un género de literatura cosmográfica, el *Manual de Navegación*, género de obra con origen portugués y que fue exclusivo del imperio español durante la primera mitad del siglo XVI.

Este tratado daba las bases para el desarrollo de la práctica y presentó el conocimiento de forma explícita y codificada. Se pretendió sintetizar los principios teóricos para la navegación. Los autores se basaban en métodos astronómicos y los traducían pedagógicamente para la comprensión de los pilotos, quienes solían ser personas iletradas. Esto hizo a los tratados más que populares en el siglo XVI.

Los principios de la navegación astronómica ya eran muy conocidos en las élites intelectuales desde el siglo XIII, pero los pilotos no las utilizaban. Los grandes exploradores como Bartolomeu Dias, Vasco da Gama, Cristóbal Colón y Fernando de Magallanes utilizaron métodos medievales para explorar el océano. El *Manual de Navegación* proporcionó los fundamentos teóricos de la filosofía natural para el arte de navegar. Iniciaba con los principios astronómicos de la *Sphaera mundi* de Sacrobosco, los fundamentos matemáticos de la *Geographia* de Ptolomeo, la experiencia práctica del autor y terminaba con una descripción geográfica del mundo. Esto incluyó información sobre las América y Asia Oriental.

Los manuales más leídos fueron *El arte de navegar* de Pedro de Medina y *Breve compendio de la shpera y el arte de navegar* de Martín Cortés.

A pesar del rechazo de los pilotos a los manuales de navegación, se creó la necesidad de formar en el menor tiempo posible al personal experto en navegación. Por ello, los manuales continuaron en edición e imprenta en España, Francia, Holanda e Inglaterra. El método de enseñanza de la náutica continuó su carácter académico.

En la época asimismo se escribieron manuales para la minería y la artillería con el mismo formato. El manual de navegación proporcionó instrucción técnica náutica a otros agentes, como comerciantes y políticos, y dio *certezas científicas* al arte de navegar, que era por demás azarosa.²²⁹

2.20 Diálogo, teoría y práctica

Las soluciones teóricas propuestas por los astrónomos y los cosmógrafos no fueron del todo aceptadas por los marinos, y hubo intensos debates entre quienes dirigieron la política de navegación atlántica.²³⁰

Existió una fuerte dialéctica cuando se recurrió a los teóricos para que propusieran soluciones a los problemas náuticos. Se confrontaron los consejos de los cosmógrafos teóricos y las experiencias de los navegantes prácticos. Hablamos, ni más ni menos que, del saber explícito de los cosmógrafos, quienes en su afán de generalización y sistematización, en más de una ocasión fueron sordos a las particularidades de la realidad. Por el otro lado estaba el saber tácito de otros hombres, quienes, al momento, se vieron obligados a buscar soluciones alternativas específicas a las muchas dificultades que enfrentaron. No había posibilidad de recurrir a los saberes de los científicos. Tuvo que haber, a pesar de las diferencias, una reconciliación: sin las navegaciones que traían nuevos datos desde lo desconocido, el científico no tendría noticias de realidades, como el cielo del hemisferio sur y sus características. Ahora bien, sin la astronomía teórica heredada de la Edad Media, habría sido casi imposible para los pilotos navegar sin recurrir a las efemérides del Sol o a las constelaciones australes.

Durante la primera mitad del siglo XVI, el control sobre los métodos náuticos se debatió entre teóricos de la universidad y la corte, y los prácticos de Sevilla. No fue sino hasta que Felipe II subió al trono que los teóricos quedaron como autoridades en materia geográfica y de navegación, lo que dejó a los prácticos a un lado.²³¹

En un lapso relativamente corto, el concepto europeo sobre el mundo cambió radicalmente entre la llegada del viaje de Colón y el arribo del viaje de circunnavegación de Magallanes-Elcano en septiembre de 1522. En esos casi 30 años, los europeos pudieron conocer las islas y la costa americana y africana del Atlántico, la costa africana del Índico, las islas y costas del sudeste asiático, el océano Pacífico, algunos puntos e islas de la costa americana del Pacífico y los

²²⁹ Portuondo, 2013: 68-78.

²³⁰ A saber, el Consejo de Indias, los de Estado y Guerra, los altos funcionarios de la Casa de la Contratación y los cenáculos de cosmógrafos que se movían entre Madrid y Sevilla tomaron parte en la discusión.

²³¹ Portuondo, 2013: 78.

dominios del Imperio Mexica. El cúmulo de información que llegó a Europa fue muy grande y de inmediato provocó reacciones en los gobiernos, universidades, iglesias, y en el pueblo mismo. Los descubrimientos y la información geográfica realizados en poco más que una generación, cambiaron el concepto europeo del mundo y de la realidad.

2.21 La invención de América²³²

Como ya se dijo, Cristóbal Colón siempre pensó encontrarse en la costa oriental de Asia. Debido a sus creencias medievales, nunca pudo aceptar la existencia de un nuevo continente. Además, en los recorridos de exploración que realizó, no encontró evidencia que le permitiera pensar de forma diferente. Fue un cosmógrafo posterior quien tuvo la intuición de la existencia de un nuevo continente. Las ideas, datos y observaciones de Américo Vesputio quedaron plasmadas en una bella obra del arte gráfico: *el Mapa de Waldseemüller*.²³³

2.22 Nacimiento de la cosmografía

La búsqueda de conocimiento de los cosmógrafos hispánicos fue una tarea social orientada por el estado con un fin evangélico. Con ello se justificó el beneficio del gobierno personificado en la monarquía de los Habsburgo, quienes compartían con la mayoría de sus súbditos, la creencia en tener un destino providencial: ser los elegidos por Dios para implantar una monarquía universal católica hasta la consumación de los tiempos.²³⁴ Los cosmógrafos respondieron a un mandato utilitario: se les demandó productos específicos como resultados aprovechables en un plazo y costo razonables. En este contexto, Copérnico, las sistemáticas observaciones celestes de Brahe, las búsquedas de la armonía celeste de Kepler, los desarrollos matemáticos e intelectuales de Galileo o la nueva interpretación de la naturaleza de Bacon resultaron del todo inútiles para los fines institucionales del imperio. Fue en lugares de inestabilidad política y religiosa donde el conocimiento trazó nuevos rumbos.²³⁵

²³² O’Gorman, 1995.

²³³ Se trata de una síntesis matemática del conocimiento geográfico antiguo y el nuevo. Fue un objeto de conocimiento muy útil para que los sabios y gobernantes europeos pudieran contemplar de forma ordenada y veraz, los conocimientos que los exploradores del siglo XV llevaron a Europa.

²³⁴ O’Gorman, 1972: 55.

²³⁵ Koestler, 2007.

Según Portuondo, la cosmografía fue una disciplina creada dentro del Humanismo Renacentista. Fue una ciencia que contenía geografía, cartografía, etnografía, historia natural y astronomía.²³⁶ Como ciencia manifestó su autonomía hasta que adoptó como fundamento teórico el *corpus* de obras clásicas. Para la autora, al método renacentista le fue imposible sostenerse: la cosmografía en su concepto inicial abarcó muchas disciplinas, y no fue suficiente para dar un marco teórico eficiente que permitiese comprender la realidad de América. Por ello, se dividió epistémica y metodológicamente en varias ciencias. La parte descriptiva —la geografía humana— fue competencia de historiadores y cronistas. La cosmografía derivó hacia la modelación matemática de la realidad. Con ello, acrecentó, perfeccionó y transformó, el método de conocer mediante las ciencias exactas el mundo natural.²³⁷

Los cosmógrafos hispánicos²³⁸ introdujeron epistemologías alternativas y nuevos métodos de conocimiento que cambiaron la forma en que los europeos concebían al mundo natural. Se basaron en juicios sobre el mundo natural, en los informes dados por testigos de primera mano y en las propias investigaciones y experiencias. Sustituyeron así el texto que contenía los relatos bíblicos y los textos clásicos como método para la interpretación de los nuevos datos.

Con el fin de elaborar una descripción fiel y útil del mundo, los hispánicos hicieron viajes de exploración, geografías descriptivas, desarrollaron nuevos métodos cartográficos y nuevas técnicas de navegación. Además, en las nuevas tierras obtuvieron información de primera mano. Desarrollaron proyectos de investigación organizados desde el estado para una búsqueda de conocimiento coordinada por y para el imperio.²³⁹ Utilizaron un conjunto de métodos encaminados a la creación de conocimiento sobre el mundo natural, métodos que incluían la filosofía natural, el empirismo, la historia natural, la magia natural y las matemáticas aplicadas. Todo ello lo sintetizaron en la cosmografía.²⁴⁰

La cosmografía renacentista, basada en la filosofía natural aristotélica, dividió conceptualmente el cosmos en dos esferas: la celeste y la terrestre; en dos espacios materiales que se podían modelar matemáticamente con la geometría euclidiana, con la astronomía y la geografía ptolemaica. Asimismo, agregaron a esta descripción, algunas temporales, tanto naturales y humanas, ambas basadas

²³⁶ Portuondo, 2013: 17.

²³⁷ Portuondo, 2013: 26.

²³⁸ El término “hispánico” no se refiere a una nacionalidad de origen, sino a la condición de servicio a la naciente Monarquía Universal Hispánica.

²³⁹ Portuondo, 2013: 18.

²⁴⁰ Portuondo, 2013: 19.

en los datos y métodos usados en la *Historia Natural* de Plinio, la *Corographia* de Pomponio Mela y la *Geografía* de Estrabón.²⁴¹

Al principio del siglo XVI, la mayoría de los cosmógrafos hispánicos trabajaban en La Casa de Contratación en Sevilla y en el Consejo de Indias. La casa de Contratación se fundó en 1503 para regular todo comercio y navegación hacia el Nuevo Mundo. Coordinaba cualquier negocio mercantil de las posesiones españolas en ultramar; a saber, recaudación de impuestos, supervisión judicial a las empresas comerciales y tráfico humano. Esta actividad hizo que los náuticos fueran capaces de levantar mapas, confeccionar instrumentos, seguir derroteros seguros y adiestrar a los nuevos pilotos. Necesitaron de cartas náuticas de detalle y mapamundis, instrumentos y tablas astronómicas precisas.²⁴² El Consejo de Indias, por su parte, fue menos pragmático. Su función fue asesorar al monarca. De él dependía el tribunal judicial responsable de los asuntos legales y políticos de las tierras descubiertas, así como el nombramiento de administradores y religiosos.²⁴³

2.23 Américo Vespucio y *Mundus Novus*

El secreto con que los hispánicos manejaron la información de las Indias, provocó en los otros países curiosidad, que poco a poco se satisfizo con obras impresas basadas en fugas de una información dispersa e incompleta. Entre ellas, tenemos la de Américo Vespucio, *Mundus Novus* escrita antes de ser el Cosmógrafo Mayor de Indias. En ésta, describió cuatro viajes de exploración al Nuevo Mundo, que dijo haber realizado entre 1497 y 1504.²⁴⁴

Parece ser que este primer viaje relatado en su obra no lo hizo realmente, sino que tomó los datos de otros exploradores. Este viaje describe un recorrido por el Golfo de México, Cuba y Florida, y la costa septentrional del Atlántico Norte. El segundo estuvo al servicio de los reyes de Castilla y fue parte de los viajes de Alonso de Ojeda. Salió de las islas de Cabo Verde, recorrió tierra firme de América desde la desembocadura del Amazonas, las costas de las Guyanas, Venezuela y Colombia hasta el Golfo de Venezuela y Santo Domingo. El tercer viaje lo realizó un año después, al servicio de los reyes de Portugal, salió de Cabo Verde con rumbo al occidente. Al llegar a tierra firme, se dirigió al Bahía de Guanabara, Brasil y al Río de la Plata. Fue en este viaje que se convenció de haber encontrado un

²⁴¹ Portuondo, 2013: 38-39.

²⁴² Portuondo, 2013: 20.

²⁴³ Portuondo, 2013: 21.

²⁴⁴ En 1508 fue nombrado Piloto Mayor de la Casa de Contratación de Sevilla, cargo que desempeñó hasta su muerte en 1512.

nuevo continente. El relato del cuarto viaje es confuso y aporta muy poca información. Al parecer se refiere al viaje del explorador portugués Gonzalo Coelho, quien llegó a Bahía de Todos Santos en Brasil en 1503 y después recorrió la costa hacia el sur.²⁴⁵

2.24 El concepto de un cuarto continente

Martin Waldseemüller se considera el primero en haber dado a conocer de forma gráfica la geografía del nuevo continente y haberlo nombrado América, en honor a Américo Vespucio.

Con el tiempo hubo una obvia avalancha de datos inconexos que aportaban de forma verbal los navegantes exploradores, pero a la vez hubo la necesidad de sistematizar esos nuevos descubrimientos. Eso generó una demanda de información que los medios de comunicación no podían satisfacer. Se dio asimismo un acercamiento a las fuentes griegas propiciado por la diáspora de sabios bizantinos que huían de la invasión turca.

2.25 Mapas antecedentes

Una obra digna de mención es la del cardenal francés Pierre d'Ailly, el *Imago Mundi*. El mapa contiene un resumen de la *Geographia* de Ptolomeo y resonó por toda Europa, antes de la época de los descubrimientos. La cartografía alcanzó un considerable desarrollo a mediados del siglo XV. Un ejemplo es el mapamundi de Andreas Walsperger.²⁴⁶ Fra Mauro de Murano registró los descubrimientos portugueses realizados en África en un mapamundi terminado en 1459 por órdenes del rey Alfonso V. En 1482, Nicholas Germanus²⁴⁷ publicó una *Geographia* en Ulm, e incluyó un mapamundi y 27 mapas detallados del Viejo Mundo y cinco cartas que describían los descubrimientos recientes.

Más tarde, el cosmógrafo y astrónomo Martin Behaim de Bohemia construyó un globo terráqueo de 17 cm. de diámetro entre 1491 y 1493, al que se lo conoció como *Globo de Nuremberg*.²⁴⁸ Éste contiene errores geográficos, no incluye información que ya era conocida y sólo describe el llamado “viejo continente”.

²⁴⁵ Waldseemüller, 2007: 26.

²⁴⁶ El mapa se realizó en Constanza y es el primer intento que conocemos que hizo una conciliación entre las descripciones geográficas medievales y la *Geographia* de Ptolomeo.

²⁴⁷ Waldseemüller, 2007: 17.

²⁴⁸ Gortari, 2014: 205.

Ahora bien, el primer documento en el que aparecen las tierras recién descubiertas es el mapa de Juan de la Cosa,²⁴⁹ dibujado en 1500. Éste ya señala el Trópico de Cáncer y el Ecuador y aunque no tiene coordenadas geográficas, los puntos geográficos del Nuevo Mundo están muy bien situados. Registró los descubrimientos de Cristóbal Colón, Sebastián Caboto y las costas de Brasil. El Planisferio de Cantino²⁵⁰ —que es anónimo— presenta una parte continental del Nuevo Mundo descubierta hasta 1502 por los portugueses y castellanos: se trata de las costas de Terranova y las islas de Cuba y La Española. Tiene, además, líneas horizontales que representan el círculo ártico, los trópicos y la línea equinoccial. Carece de referencias a paralelos y meridianos y no tiene coordenadas de latitud o longitud. Entre 1504 y 1507 el cartógrafo genovés Nicolo Caveri dibujó un planisferio²⁵¹ en diez hojas de pergamino. En éste formó un mapa de 2.2 por 1.050 metros y repitió las imágenes del Planisferio de Cantino. Insinúa algunos trazos que parecen ser el Golfo de México y las penínsulas de Florida y Yucatán. A éste se lo considera como la principal fuente para el trazado del mapa de Waldseemüller.

2.26 *Universalis Cosmographia*

Waldseemüller, el más distinguido cartógrafo del Gimnasio Vosguence, realizó el primer mapa que mostró las nuevas tierras como un continente separado del Viejo Mundo.²⁵²

La descripción y motivo de la obra están descritos en una sección del mapa y dice lo siguiente:

*Una delineación general de varias tierras e islas, de algunas de las cuales los antiguos no hacen mención, descubiertas recientemente en cuatro viajes marítimos entre 1497 y 1504, dos por el rey Fernando de Castilla y dos por don Manuel de Portugal, serenísimos monarcas, con Américo Vespucio, como uno de los navegantes y comandantes de las embarcaciones... Todo esto lo hemos trazado cuidadosamente en el mapa para proporcionar conocimientos geográficos verdaderos y precisos.*²⁵³

²⁴⁹ Gortari, 2014: 206.

²⁵⁰ Waldseemüller, 2007: 20.

²⁵¹ Waldseemüller, 2007: 21.

²⁵² Como fuentes de esta obra podemos considerar la *Geographia* de Ptolomeo, los datos aportados por los descubrimientos ibéricos del siglo XV y principios del XVI, las noticias del *Il Milione* de Marco Polo incorporadas al mapa de Fra Mauro, el Globo de Behaim, el mapa de Nicholaus Germanus, lo aportado por Juan Caboto y los hermanos Corterreal, las navegaciones de Bartolomeu Dias, Vasco da Gama y Pedro Álvarez de Cabral, Cristóbal Colón, el mapa de Nicolo Caveri y el libro *Mundus Novus*.

²⁵³ Waldseemüller, 2007: 29.

En otra parte del mapa destaca la importancia de los descubrimientos de Vespuccio y menciona a Colón. El mapa llamado *Universalis Cosmographia secundum Ptholomei traditionem et Americi Vespucci aliorumque lustraciones* consta de 12 secciones de 45.5 por 62 cm. grabadas en madera, que forman un mapamundi de 1.29 por 2.32 m. uno de los más grandes de su época. En el mapa están marcados los grados de latitud y longitud y abarca la totalidad de la superficie de la tierra. Fuera del mapa están los 12 vientos, al centro y arriba están dos pequeños círculos que representan dos hemisferios terrestres, el izquierdo tiene al Viejo Mundo y a Ptolomeo; el derecho al Nuevo Mundo y a Américo Vespuccio. Aunque con ciertos bemoles, lo más novedoso del mapa es presentar un continente nuevo separado del Viejo Mundo por dos océanos.

Otra obra de relevancia fue la impresión en plano de una esfera terrestre, similar al globo de Behaim. Se trata de una representación en sólido de la información geográfica existente hasta esa época. Un ejemplo que sí se armó en forma esférica fue el *globo de Hauslab*.

2.27 *Cosmographiae introductio*

La *Cosmographiae Introductio* se escribió para ayudar a la comprensión del mapa y a la construcción del globo terráqueo. Está dividida en dos partes, la primera se basa en la *Geographia* de Ptolomeo, y la segunda es un relato de los viajes de Vespuccio.

El nombre de América lo usó en 1515 Johanes Schöner en uno de sus globos terrestres. Sebastian Münsterlo utilizó en varias obras suyas y Gerhard Mercator llamó América a la totalidad del continente en su carta de 1538. En su *Theatrum orbis terrarum*, Abraham Ortelius denominó al continente como *América seu orbis novus*.²⁵⁴ La cartografía española y portuguesa llamó por mucho tiempo a América “Indias Occidentales” o “Indias” o “Nuevo Mundo”.

Cosmographiae introductio es una obra de conocimiento explícito extraordinario. Se trata de la representación de la realidad geográfica en forma plana y en sólida. Se acompaña de un texto explicativo que toma en cuenta todos los conocimientos disponibles hasta esa fecha y algo más: es una abstracción, una matematización de la realidad representada en objetos de conocimiento. Esto poco después llevó las matemáticas hacia otras aplicaciones prácticas.

²⁵⁴ América u “orbe nuevo”.

2.28 Obras cosmográficas posteriores

Existen otras obras cosmográficas importantes. Una que es el *Cosmographicus liber* de Pedro Apiano. Esta obra dio origen a textos cosmográficos posteriores. El libro inicia con la teoría basada en el *Tratado de la Esfera* de Sacrobosco, continúa con la práctica del uso de instrumentos cosmográficos y cierra con una descripción geográfica del mundo conocido.²⁵⁵ Son libros que contienen objetos de conocimiento. El lector puede realizar experimentos para comprobar la teoría y aplicarla en problemas prácticos.

Una obra no tan difundida pero que contiene características muy peculiares es *Astronomicum Caesarum* dedicada a Carlos V y basada en el *Almagesto* de Ptolomeo. La impresión es una de ilustraciones policromadas a mano, y contiene una serie de discos móviles, formados hasta por seis capas de papel que permiten el cálculo de las posiciones astronómicas de los cinco planetas, la luna y las fiestas litúrgicas para cada día del año.

2.29 Los Cronistas de las Indias

Así como sucedió con los cosmógrafos, de manera paralela se desarrolló el género de los cronistas; a saber, escritores humanistas que describieron el acontecer temporal de los descubrimientos, las características históricas de las tierras que se descubrían y con ello, la evolución del pensamiento europeo.

Nótese que estos textos, aunque en su origen se destinaron a personas poderosas ya sea del Estado o de la Iglesia, tuvieron una difusión muy rápida con el público general. Las ideas fueron las del humanismo y no las del interés comercial.

La imprenta de caracteres móviles —instrumento nuevo en ese entonces— provocó la apropiación del conocimiento de forma exponencial.

2.30 Pedro Mártir de Anglería

En su obra *Cuatro historiadores de Indias*, Edmundo O’Gorman nos describe al primer Cronista de Indias, el humanista Pedro Mártir de Anglería. Él describió el ascenso del Imperio Español y lo documentó en la correspondencia que tuvo con

²⁵⁵ Portuondo, 2013: 56.

la curia romana y los nobles de la península italiana. Ahí se develaría la realidad del Nuevo Mundo.

Anglería es asimismo autor de *Libretto de Tutta la navigatione del Re Spagna de le Isole et terreni nouamente trovati*, obra en la que describe los tres primeros viajes de Colón, el viaje de Pedro Niño de 1490 y el viaje de Cristóbal Guerra de 1500. En 1530 se imprimió en Alcalá de Henares *Opus epi / astolarum Petr. Marty / ris Anglerii...* que es la primera edición completa de las cartas de Pedro Mártir de Anglería. Son en total 812 cartas en latín enviadas a prominentes personajes. Anglería es quien primero nos muestra el interés que despertó Colón con sus descubrimientos:

*Hace pocos días volvió de los antípodas occidentales cierto Colón, de Liguria. Ha regresado trayendo como pruebas muchas cosas preciosas, pero principalmente oro, que naturalmente, se produce en aquellas regiones... pero demos de lado a las cosas ajenas, illustre conde, pasémoslas por alto.*²⁵⁶

Más tarde el descubrimiento llama más la atención del cronista. En este compendio epistolar llamado *Décadas*, se desarrollan los grandes temas sobre el Nuevo Mundo: historia natural, antropología, religiones comparadas, sociología y relatos de las exploraciones. Habla también de los intentos de organización política, religiosa, social y económica de los nuevos territorios. Nos revela el largo proceso de concebir la existencia de un ente geográfico que no tenía cabida dentro de la cosmovisión de la época. En una de las cartas dirigida a Ascanio Sforza, escribe: "*Colonus ille novi orbis repertor*", al inicio de un párrafo en el que notifica a su corresponsal que los reyes católicos han concedido a Colón el título de *Almirante del mar de las Indias*.²⁵⁷

2.31 Gonzalo Fernández de Oviedo

Una vez iniciada la aceptación del concepto de un cuarto continente, se debían explicar las características de esa nueva entidad. Esta tarea la llevó a cabo Gonzalo Fernández de Oviedo con una obra escrita a petición del Emperador Carlos V, *Sumario de la natural historia de las Indias*. Más tarde completaría el

²⁵⁶ O'Gorman, 1972: 14.

²⁵⁷ Ahora bien, de esto no se sigue que haya tenido entonces el concepto de *Nuevo Mundo*. Más bien siempre se mantuvo dubitativo ante las afirmaciones de Colón, Peralonso Niño, Vicente Yáñez Pinzón, quienes tenían la seguridad de estar en las costas orientales de Asia. Cuando Américo Vesputio afirmó la existencia de un nuevo continente, Anglería no se declaró plenamente por esa posición, como lo demuestra en la segunda *Década* de 1514 donde se refiere a las nuevas tierras como *el creído continente*.

escrito y se conocería como *Historia General de las Indias*. En estas obras, Oviedo plantea la posibilidad que América podría ser motivo de una nueva consideración filosófica: *(Es) una de las cosas más dignas de ser sabidas y de tener en veneración por tan verdaderas y nuevas*. La naturaleza de América por sí misma es tema de una conquista filosófica.²⁵⁸

Oviedo inició una obra de historia natural, pero a lo largo de la obra termina como simple cronista. Desarrolló una fundamentación que justifica el conocimiento de la naturaleza y que conduce a cumplir con la condición superior para lo que fue creada la humanidad: conocer la obra del Creador. Más tarde dedicó su obra a la descripción de sucesos históricos, dentro de un concepto imperialista español utópico, muy presente en su época.

La obra de Oviedo, en contraste con Anglería, nos muestra una imagen inteligible de la empresa de las Indias, acontecimiento grandioso y henchido de la más alta significación histórica.²⁵⁹ Gonzalo Fernández de Oviedo influyó en los criterios epistemológicos empíricos que usaron las historias naturales del Nuevo Mundo. El autor escribió para los lectores imperialistas, ávidos de conocer el potencial económico de las nuevas tierras, el temperamento de sus habitantes y el grado de adecuación del medio para un europeo.²⁶⁰

En la España de mediados del siglo XVI, ya estaban desarrollados los conceptos de Historia Natural e Historia Moral, una mezcla de la Cosmografía e Historia, integradas dentro de una jerarquía aristotélica renacentista de la naturaleza. La Historia Moral hizo un examen crítico de los sucesos del pasado de los naturales de América, según una interpretación humanista. Sería una investigación de hechos relevantes que permanecían en el recuerdo social y que debían ser consignados y guardados en los anales históricos, según el método usado por los historiadores antiguos.

El jesuita Joseph de Acosta escribió *Historia Natural y Moral de las Indias*, en la que describió las costumbres, ritos y creencias de los naturales de México y Perú obtenidas de sus viajes e investigaciones en ambos virreinos. En la primera parte, que fue de historia natural, afirmó que el hombre es el ser más perfecto de la creación, por su alma inmortal y libre albedrío, que es un ser culmen de la creación y diferente a ella.²⁶¹

Con esta obra se terminaron las pretensiones cosmográficas hispánicas de aprehender la realidad con criterios renacentistas. Después de esta obra, el

²⁵⁸ El tema lo amplió y terminó Joseph de Acosta, considerado el Aristóteles del Nuevo Mundo (O’Gorman, 1972: 48-49).

²⁵⁹ O’Gorman, 1972: 50-58.

²⁶⁰ Portuondo, 2013: 52.

²⁶¹ Portuondo, 2013: 50-52.

análisis científico de la realidad comenzaría a dividirse en disciplinas que poco a poco se especializaron y distanciaron entre ellas. El objetivo común fue la búsqueda de modelos para la matematización de la realidad.

2.32 La recopilación de la nueva información

Ante el flujo incesante de información que provenía del Nuevo Mundo, se propusieron y aplicaron epistemologías diferentes, como ya lo hemos indicado antes. Los cosmógrafos ibéricos se inclinaron por encontrar nuevos caminos para aprender lo que llegaba de las Indias. Privilegió el dato obtenido por testigos directos para la filosofía natural y la historia y buscó una descripción matemática de la geografía. Sin embargo, en otros lugares donde los sabios no tenían acceso a los datos de primera mano, se desarrollaron epistemologías que se basaron más en el análisis de la realidad mediante métodos peripatéticos. Se basaron en los textos clásicos, bíblicos y similitudes con objetos de la antigüedad. Uno de los métodos fue el de la *Visión emblemática del mundo*.

2.33 Alonso de Santa Cruz y su aportación cosmográfica

Alonso de Santa Cruz fue explorador , mercader, geógrafo, cronista y cartógrafo . Tuvo acceso a una abundante bibliografía de los autores clásicos en materia cosmográfica. En su *Islario*, citó hasta cuarenta y seis autoridades , entre ellos a Pedro Mártir Anglería , Beda el Venerable , Estrabón, Tito Livio , Ambrosio, Macrobio, Cayo Plinio, Olaus Magnus, Pomponio Mela, Heródoto, Homero, Flavio Josefo, Julio César , Gonzalo Fernández de Oviedo , Ptolomeo, Sacrobosco, Jordanus y Tucídides .²⁶² Alonso de Santa Cruz y su padre participaron activamente en la expedición de Sebastián Caboto en 1498. Alonso de Santa Cruz contribuyeron financieramente para la expedición y exploraron el Río de La Plata, mismo que cartografiaron y exploraron por cinco años. Ahí Alonso reunió gran cantidad de información sobre geografía e historia natural de la región. Después de esta experiencia se abocó a la astrología y a la cosmografía.

Alonso de Santa Cruz fue nombrado *Contino*²⁶³ de la Casa Real y se quedó al cargo del trabajo de sabio de palacio para escribir , explicar, informar sobre diferentes aspectos de la cosmografía y su aplicación a la política imperial de

²⁶² Cuesta, 2016: 3-7.

²⁶³ Sinónimo de continuo, que denota una vinculación de continuidad entre el sabio y el monarca.

Carlos V. Años después, fue nombrado asesor personal en cosmografía para Felipe II.

2.34 La obra de Santa Cruz

Su amplia y erudita obra fue conocida gracias al inventario que se realizó de la codiciada *Arca encorada vieja* donde se encontró el trabajo de su vida. Este y otros documentos de Alonso terminaron en la mesa de Juan López de Velasco. Sus escritos fueron amplios y de temática moral, histórica, geográfica y cosmográfica. De estas dos últimas mencionaremos el *Islario General*, la *Geografía Universal*, la *Geografía del Perú*, dos obras muy referidas por él pero aún no encontradas, el *Astronómico real* y las *Instrucciones para descubridores*. Esta última dio el método epistemológico para el *aprehendizaje* del Nuevo Mundo que usaron los compiladores ibéricos en el siglo XVI.²⁶⁴

El *Islario General* incluyó a la prosa narrativa del género cosmográfico, con historia general y particular de cada provincia. La estructura del itinerario se pareció a los textos clásicos de Pomponio Mela. El *Islario* es una obra de transición entre el estilo literario renacentista y las exigencias de la *Praxis* para el *Arte de Navegar*. Santa Cruz nunca dio por terminado su proyecto. Dejó un método descrito en las *Instrucciones para descubridores*, obra en la que se sintetizó el método cosmográfico en 17 puntos. Bajo su óptica, la obra no era para particulares. A su muerte, la cosmografía dio un giro hacia lo empírico y matemático, bajo la guía de Juan de Herrera, que dispuso poner los datos necesarios a disposición de varios individuos debidamente formados y capaces.²⁶⁵

2.35 Sistematización del nuevo conocimiento

Con el inicio de la Edad Moderna, comenzó la sistematización de la búsqueda del conocimiento promovida desde el Estado. En el Renacimiento, la mayor concentración científica se desarrolló en las cortes reales, mientras que la investigación de los saberes antiguos residía en la cátedra de las universidades y en los acervos de monasterios. Durante el siglo XVI, el ámbito académico y el cortesano compartieron el conocimiento sólo “en lo necesario”. No fue sino en las cortes renacentistas donde nuevas personas agregaron su saber tácito, sus ideas

²⁶⁴ Cuesta, 2016: 16.

²⁶⁵ Portuondo, 2012: 94-100.

y sus experiencias. La naciente sociedad española fue una móvil y cambiante tanto en las clases sociales como en sus ideas.

2.36 La influencia del Rey de España

El rey creó proyectos generales para todos los reinos ibéricos,²⁶⁶ como la Academia de Matemáticas. Tales proyectos nos muestran la capacidad de apropiación de las iniciativas científicas desarrolladas en los reinos que compusieron su monarquía.²⁶⁷

2.37 Política estatal para desarrollo del conocimiento

Como ya lo expresamos anteriormente, durante el reinado de Carlos V y aún más en el reinado de Felipe II, en Europa se produjo una convulsión científica y técnica que tuvo como epicentro al naciente imperio español. Se desarrolló un ambiente propicio para que floreciera el conocimiento. Dentro de este proceso y en la segunda mitad del siglo XVI, apareció como actor más que relevante Juan de Herrera, colaborador muy cercano a Felipe II, intérprete y realizador de los proyectos reales y agente muy activo para el desarrollo de los conocimientos matemáticos. De más es decir que se trata de herramientas intelectuales necesarias para la navegación, así como para las demás disciplinas. A Herrera se lo considera el creador de la *Academia de Matemáticas de Madrid*, fundada por Felipe II en 1582,²⁶⁸ y dirigida por el cosmógrafo portugués João Baptista Lavanha.²⁶⁹

Un paso por demás relevante fue la labor del humanista Pedro Ambrosio Ondérez, quien tuvo la encomienda de traducir los textos matemáticos del latín al castellano. Entre 1587 y 1590 Juan de Herrera intentó fundar academias de matemáticas en las principales ciudades del reino para poder sustentar el desarrollo tecnológico español y preparar profesionistas según el concepto de la época. El *Memorial de Juan de Herrera* al rey del 15 de diciembre de 1588:

... como en algunas ciudades de España se leyesen las ciencias de las matemáticas, a fin de que con ellas se habituasen los hombres en las cosas

²⁶⁶ Que eran los territorios de Portugal, Milán, Brabante y Nápoles.

²⁶⁷ Una de las ventajas de haber sido señor de muchos reinos, fue haber conocido y adoptado todos los saberes de diversos lugares: desde la arquitectura hasta el pensamiento humanista, desde la botánica hasta la fauna de cada sitio.

²⁶⁸ Wilkinson, 1996: 20-21.

²⁶⁹ Fue asimismo autor de varias obras de navegación.

pertenecientes a buenos ingenieros, arquitectos, cosmógrafos, pilotos, artilleros, y otras artes dependientes de dichas matemáticas y muy útiles para la buena policía de la república...

Las cortes de las ciudades dieron largas al cumplimiento de la orden, principalmente por razones económicas. En 1590 estalló la crisis que provocó la inflación²⁷⁰ debida al aumento de circulante por la inserción en la economía española del metal precioso de América. No hubo aumento paralelo de la producción de bienes y servicios.²⁷¹

La política de fomento a la tecnología de Felipe II se debió a la extensión y diversidad del imperio. Los territorios descubiertos debieron conocerse, conquistarse y protegerse de las invasiones de otros europeos. Todo ello sucedió mediante el incremento del conocimiento geográfico y matemático. Hubo un fin práctico y de resultados inmediatos que no permitieron la especulación que sí influyó en otras regiones europeas. Astrónomos, cartógrafos, topógrafos, cosmógrafos fueron más que necesarios, así como ingenieros que fortificaron y urbanizaron las ciudades que crecieron constantemente.

2.38 La biblioteca de Herrera

El tema es relevante por la aproximación científica a la realidad de Herrera. Entre sus ejemplares figuraba Plinio el Viejo, la *Geographia* y la *Syntaxis mathematica* de Ptolomeo y la obra de Pedacio Dioscórides Anazarbeo, *Acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos*. Aunque en su época los descubrimientos geográficos y científicos cuestionaron a los clásicos, Herrera entendió el universo con base en el modelo aristotélico. Aun así, se sesgó hacia lo práctico. En la cosmografía, se inclinó por la matematización de los problemas más que por las descripciones históricas. El *Tratado de la Figura Cúbica*, atribuido a Herrera, sigue un esquema basado en las teorías de Ramón Llull quien a su vez tiene un claro origen aristotélico. Las ideas del punto, línea, superficie y cuerpo, así como los conceptos de tamaño, magnitud, dimensión y lo que toca al espacio finito también es pensamiento aristotélico. El autor se interesó por la fabricación de instrumentos novedosos de navegación, asunto que para el imperio español resultaba de gran importancia.

²⁷⁰ Aramburu, 1992: 81-83.

²⁷¹ Hamilton, 2000: 5-6.

2.39 Promoción de las matemáticas

Juan de Herrera era considerado en su época como *matemático*. La alta estima que tenía por las matemáticas queda reflejada en su texto de la “*Institucion de la Academia Real Mathematica*”, donde la denomina “*puerta a todas las demas ciencias por su grande certitud y mucha evidencia*”, con base en Platón.

En el aspecto teórico, se le atribuyen dibujos con secciones cónicas. Él trabajó en la cuadratura del círculo, en problemas respecto al cubo y a la teoría geométrica sobre la generación del movimiento circular en las máquinas.²⁷² Todos estos temas no aportaron conceptos nuevos en su época, pero sí es una nueva visión sistemática de recopilación de conocimientos explícitos para una amplia aplicación y difusión tácita, misma que tan necesaria fue para la expansión del Imperio Español.

2.40 La exploración metódica del mundo

Ordenanzas de Felipe II

Con las *Ordenanzas de descubrimientos, nueva población y pacificación de las Indias* se ofreció una solución legal a la exploración y conquista del imperio español en las tierras de ultramar. Se hizo a través de una ordenación metódica de las experiencias acumuladas durante los casi 75 años de penetración imperial en América y que hasta entonces se sustentaron en una política de conquista y asentamiento basada en Capitulaciones.²⁷³ Estas ordenanzas se caracterizaron por proponer una solución que moderaba la penetración violenta en favor de la penetración pacífica y más evangelizadora. Se introdujo por primera vez el término “pacificación” en contraposición al de “conquista”. Por medio de las Ordenanzas se estableció el fin de la conquista e inició una regulación de la etapa de colonización.

2.41 Marco jurídico de Juan de Ovando

Juan de Ovando y Monroy fue un sacerdote jurista quien, bajo mandato de Felipe y dados los abusos de los conquistadores y virreyes en las Indias, se dedicó a fijar

²⁷² Aramburu, 2013: 23-24.

²⁷³ Las capitulaciones son contratos de carácter público, por los cuales la Corona de Castilla, encomendaba a un caudillo la realización de un determinado servicio público, sea descubrir en forma naval o terrestre o poblar o rescatar un territorio.

responsabilidades. Fue capaz de aislar las causas de la mala gestión sistemática del gobierno espiritual, económico y político de Indias; entrevistó a religiosos, comerciantes, colonos y burócratas del Nuevo Mundo y afirmó que eran dos las causas de las malas gestiones: la falta de leyes y el desconocimiento en España de la realidad en las tierras recién conocidas. Puso, así, en marcha un gran proyecto para recopilar, organizar y difundir entre el Consejo, información necesaria para la administración de las provincias de ultramar. Se reunirían, revisarían y volverían a promulgarse leyes, órdenes reales y edictos que se hubieren emitido desde el encuentro con el Nuevo Mundo.²⁷⁴ Ovando estableció dos categorías para la información: la moral y la natural: la moral era la que se debía a la acción del hombre, y era temporal y mutable. La natural era perpetua y se debía al estado del agua, territorio, plantas, animales e incluía la descripción de *Naturalezas y Calidades* de los nativos. Se basó en el modelo descriptivo en las *Instrucciones* de Santa Cruz. Sin embargo, por el volumen de información, tal obra enciclopédica muy pronto se quedó obsoleta,²⁷⁵ pero el establecimiento de las leyes garantizó permanencia y continuidad.

Se estableció un canon epistemológico y metodológico para las prácticas cosmográficas, y así profesionalizó la disciplina. Estableció un procedimiento sencillo e ingenioso para la determinación de la longitud geográfica de ciudades y puntos importantes para el estado.²⁷⁶ Estamos frente a un ejemplo pionero de sistemas clasificatorios de información útil. Las Leyes de Ovando no se cumplieron cabalmente en las Indias. La información llegaba a las Indias de manera heterogénea e inconsistente; esto a casusa de la ignorancia o incomprensión de los agentes de captura de datos, los gobernantes, clérigos, frailes y curas.²⁷⁷

2.42 Cambio epistemológico

En la Península ibérica, los sistemas epistemológicos que se desarrollaron hacían énfasis en la obtención de datos de primera mano. Se basó todo en el hecho y se dejó a un lado interpretación peripatética, basada en la autoridad de los clásicos. Adoptó la filosofía epistemológica descrita más tarde por Francis Bacon, con su énfasis en el relato testimonial de primera mano como medio para determinar su condición *factual*.

²⁷⁴ Portuondo, 2012: 138.

²⁷⁵ Portuondo, 2012: 140-141.

²⁷⁶ Portuondo, 2012: 147.

²⁷⁷ Portuondo, 2012: 157.

2.43 La obra de Juan López de Velasco

Berthe nos dice que, de 1571 a 1574, Juan López de Velasco compiló y escribió su obra más reconocida, que es *Geografía y descripción universal de las Indias*; un gran tratado de geografía de América en el siglo XVI. Desde su puesto de cronista y cosmógrafo mayor, López de Velasco recibió en 1572 los papeles, documentos y mapas que elaboró y reunió el cosmógrafo mayor Alonso de Santa Cruz. Al cumplir con las obligaciones de su cargo, se sirvió de ellos para sus trabajos, se sirvió asimismo de muchas otras fuentes, como los manuscritos inéditos de fray Bartolomé de las Casas. También usó las cartas y papeles de Juanote López de Velasco lo citó como cosmógrafo perito al principio de su *Geografía*.²⁷⁸

Juan López de Velasco contó con una documentación muy considerable y heterogénea de las Indias occidentales.²⁷⁹ La primera parte es una síntesis clara y completa de los aspectos esenciales de la geografía y de la historia de las Indias hacia el año 1570. Trata los temas de descubrimiento y reparto; también de geografía física como clima, estaciones, vientos, relieve; de historia natural como árboles, semillas, animales, aves y peces, minas y metales.

2.44 Influencia de Herrera en la Cosmografía

En 1570 Juan de Herrera se vinculó a la cosmografía imperial y supervisó la contratación de cosmógrafos para la Corte. El 13 de diciembre de 1573 se le concedió a Juan de Herrera el privilegio por diez años de usar en exclusiva una serie de instrumentos de navegación que había inventado para hallar la longitud y latitud de un punto geográfico. El método se basó en la declinación magnética. A partir del viaje de Herrera a Portugal, se interesó más por la cosmografía y la cartografía. Herrera proyectó la enmienda de la cartografía de las Indias con instrumentos ideados por él mismo, y conforme a ello, en 1582 Felipe II ordenó a Jaime Juan, discípulo de Jerónimo Muñoz,²⁸⁰ hacer las descripciones de islas y tierra firme de las Indias y de las Filipinas, con el cálculo de la meridiana y de la desviación de la aguja. A Jaime Juan le fueron entregados instrumentos de navegación que debía enseñar a utilizar a marineros y pilotos, y que fueron diseñados por Juan de Herrera.

²⁷⁸ López de Velasco, 1894: 10.

²⁷⁹ Berthe, 1998: 151-156.

²⁸⁰ Navarro, 2000: 358.

A pesar de algunas reticencias del Consejo de Indias respecto al viaje, Felipe II y Juan de Herrera intervinieron decisivamente para lograr que Jaime Juan partiera para Indias con instrucciones muy precisas para recabar y registrar datos.²⁸¹ Salió de Sevilla en 1583. Ya en México, observó el eclipse lunar de noviembre de 1584, con ello fijó la longitud del lugar, y fue acompañado en la observación por Francisco Domínguez de Ocampo, el cosmógrafo de la expedición de Hernández de Toledo. Con un gnomon portátil y un reloj lunar,²⁸² Jaime Juan aceptó obtuvo un valor de 19°13'N, 103°W del meridiano de Toledo²⁸³ y envió sus observaciones a España. Partió a Filipinas a continuar sus observaciones, pero murió al poco tiempo. En 1583 Juan de Herrera y Bernardino de Escalante fueron comisionados a Lisboa para estudiar, junto con los pilotos y cosmógrafos portugueses, las causas de las numerosas pérdidas de barcos en la Carrera de Indias. Escalante elaboró en 1585 un informe de los trabajos efectuados, donde se decía:

La reformación en la arte de navegar que oy se usa es importantísima, y de tanta neçesidad que a descuidarse dello ni havra pilotos ni geógraphos que, diestros en sus artes, puedan aprovechar a las navegaciones de España... después de preguntados los pilotos por la razón de sus yerros muy manifiestos, y a los geógraphos de sus descuidos en las cartas, y entendido donde todo proçedía, fue, con acuerdo de Juan de Herrera y mio, ordenado que pues por ellos no se podían hazer las observaçiones neçesarias, faltándoles las sciencias, a lo menos llevasen dos cartas de marear; ...y según la variedad dellas y informaçión de los pilotos que por ellas navegaron, se fuese reformando una, por la qual después todas las demás se hiziesen; y los instrumentos y regimientos y agujas se adereçasen conforme a la verdad y demostraçiones mathemáticas²⁸⁴...

En el memorial que Juan de Herrera envió al secretario del rey Felipe II el 2 de mayo de 1584, mencionó lo difícil que le resultó la invención de los nuevos instrumentos para la navegación, en especial el de las longitudes. Manifestaba además tener hechos otros dos instrumentos para tomar la meridiana y el ángulo de la desviación de las agujas. En la enmienda de los instrumentos de navegación y de cartas de marear intervino después Pedro Ambrosio Ondériz, que había sido nombrado Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias el 9 de septiembre de 1591. Sobre ello elaboró un memorial en 1593 y en ese año partió a Sevilla para continuar estudiando este problema en la Casa de la Contratación.²⁸⁵

En opinión de Portuondo, en el estudio de las observaciones del eclipse de 1584, Jaime Juan expresó su opinión sobre el cambio epistemológico que sucedió a la

²⁸¹ Aramburu, 2013: 61.

²⁸² Portuondo, 2012: 278-282.

²⁸³ Rodríguez, 2007: 26.

²⁸⁴ B.N. Manuscritos, Ms. 5.785, fol. 179. (Aramburu, 2013: 62).

²⁸⁵ Aramburu, 2013: 61-63.

cosmografía. Ahí expresó que no se debía confiar, para geografía de regiones remotas, en unos marinos ignorantes que apenas tenían formación cosmográfica, y con instrumentos defectuosos, la descripción de tierras extensas y remotas. Por ello, era imposible cartografiar las provincias distantes y sus mapas ya trazados no eran de fiar. Con todo, se tenía la esperanza que con los nuevos métodos se determinarían las longitudes sustentados en firmísimas demostraciones validadas por la experiencia de astrónomos expertos.²⁸⁶ Esto tuvo como consecuencia que para la descripción geográfica se recurriera a la prueba matemática, como Herrera lo quería, lo que dejó a un lado los cuestionarios y el método de los eclipses de luna propuestos por López de Velasco. Esto provocó una escisión paulatina y constante de la cosmografía en dos áreas discretas de especialización: la matemática de Juan de Herrera y la descriptiva que se había usado antes basada en los autores clásicos.²⁸⁷

El cambio epistemológico en la Nueva España se podrá percibir muy claramente al observar las obras de Urdaneta y Vera Cruz escritas en la época prefilipina y se las comparará con las reimpresiones españolas de Vera Cruz, y la obra de García de Palacio, ambas ya bajo la influencia del pensamiento herreriano. Este cambio lo podremos apreciar en el próximo capítulo.

²⁸⁶ Opinión basada en la traducción al español del documento en latín en Rodríguez-Sala, 173 (Portuondo, 2013: 283).

²⁸⁷ Portuondo, 2013: 285.

Capítulo 3

La Nueva España hacia el oriente asiático

*... dejando las sutilezas
para los que profesan la materia
más para escuelas
que para marineros²⁸⁸...*

Este capítulo hará un análisis de los conocimientos cosmográficos que documentaron cuatro personajes novohispanos, Andrés de Urdaneta, Alonso de La Vera Cruz, Martín de Rada y Diego García de Palacio. Se hará una comparación con los conocimientos de la época para saber el estado relativo del saber cosmográfico en la Nueva España. Se echará mano del conocimiento explícito que tenemos gracias a estos cuatro autores, claramente, desde la perspectiva novohispana del siglo XVI, cuando la Nueva España se consideraba un reino perteneciente al Imperio Español.

Iniciaremos con la historia de la exploración y creación del reino de la Nueva España y los primeros intentos que se hicieron para explorar el norte del océano Pacífico y a las dificultades que se enfrentaron los novohispanos. Después se hablará del marino, capitán, monje y cosmógrafo, Andrés de Urdaneta. Seguiremos con la historia del filósofo y monje Alonso de la Vera Cruz; luego la del matemático y monje Martín de Rada y finalmente con la del doctor y oidor Diego García de Palacio. Con ello tendremos una vista de la evolución del conocimiento cosmográfico y náutico en el siglo XVI en la Nueva España.

3.1 El origen de la Nueva España

Con el fin de conocer los acontecimientos que vivieron Urdaneta, Vera Cruz y Rada en la Nueva España, relataremos la historia previa reciente a la llegada de ellos, se describen los grandes cambios culturales que dieron origen al México actual, los acontecimientos militares, políticos y sociales que influyeron en los esfuerzos novohispanos para explorar el mar del Sur.

Mientras que el rey Manuel I de Portugal *el afortunado* se esforzó en expandir las rutas comerciales hacia el sudeste asiático, el Imperio Español abandonó las exploraciones por la sucesión en el gobierno. El período lo podemos situar entre la Junta de Burgos en 1508 y la entronización de Carlos de Habsburgo como Carlos I, rey de España en 1516, y como Carlos V, emperador del Sacro Imperio Romano

²⁸⁸ García de Palacio, 1944: folio 9r.

Germánico en 1519.

En el desorden del interregno en 1511 se creó la Junta de Indias, misma que presidió Juan Rodríguez de Fonseca. La junta formaba parte del Consejo de Castilla. Para 1524, Carlos I creó el Consejo de Indias, lo independizó del Consejo de Castilla y lo formó con un presidente, doce consejeros y varios funcionarios especializados. El primer presidente fue su propio confesor: el provincial de los dominicos García de Loaysa y Mendoza.

Durante el período de Fonseca, las exploraciones fueron enviadas y financiadas por los ricos Adelantados de la mar de las islas del Caribe. Una de ellas la comandó el extremeño Hernán Cortés, quien más tarde habría de lograr la conquista de Tenochtitlán, capital del Imperio mexica.

3.2 Exploraciones de Garay

Hubo personajes poco conocidos y sucesos previos a la conquista de México-Tenochtitlan, que tuvieron mucha repercusión en las primeras exploraciones novohispanas del Pacífico. En 1517, el gobernador de la isla de Cuba, Diego Velázquez de Cuéllar, envió al encomendero Francisco Hernández de Córdoba a explorar hacia el oeste de Cuba. Recorrieron las costa norte y oeste de la península de Yucatán y la punta sur de la península de Florida.²⁸⁹ Hernández de Córdoba regresó con la noticia de que había una ciudad en Yucatán, a la que llamaron “El Gran Cairo”.²⁹⁰

3.3 La exploración y conquista del Anáhuac

A Cortés se lo comparó con Alejandro Magno o con Julio César²⁹¹. Cortés —a diferencia de estos dos conquistadores— no tuvo un gran ejército. Cuando llegó el momento de quedarse sin abastecimiento, los soldados de Cortés usaron lo dado por la tierra. Aun con las carencias, hubo algo que sí supo hacer: obtener de su gente disciplina y fidelidad. Supo asimismo aprovechar del malestar social contra el imperio de terror y tributación que habían aplicado los mexicas a las tribus

²⁸⁹ Misma que ya había sido descubierta en 1513 por el gobernador de Puerto Rico, Juan Ponce de León.

²⁹⁰ Francisco Garay, gobernador de la isla de Jamaica, ante la noticia de la riqueza de Yucatán, mandó una flota para explorar el Golfo de México bajo el mando de Alonso Álvarez de Pineda. Cuando llegó a la Villa Rica de la Vera Cruz, tuvo problemas con Cortés y volvió a Jamaica. Pineda cartografió toda la costa norte del Golfo de México.

²⁹¹ Espino, 2000: 300.

vecinas. Esto provocó que los habitantes del Anáhuac²⁹² se aliaran con él. Estos pobladores llevaron sobre sus hombros el peso real de las batallas. Cortés, además supo echar mano del pensamiento mítico fatal de los mexicas, mismo que se potenció con las nuevas enfermedades que se presentaron en la población indígena²⁹³.

En abril de 1519, Cortés fundó la Villa Rica de la Veracruz y constituyó un cabildo que lo nombró Capitán General. Así daría inicio a la marcha hacia Tenochtitlán. Durante el año de 1520 llegaron varias expediciones a las costas del Golfo de México, con lo que se incrementó el poderío de Cortés.

Antonio de Solís, cronista mayor de Indias nos relata estos acontecimientos:

Llegó primero un navío , que gobernaba el capitán Camargo , con sesenta soldados españoles; poco después otro con más de cincuenta de mejor calidad , y siete caballos, a cargo del capitán Miguel Díaz de Aux , caballero aragonés , y tan señalado en aquellas conquistas , que fue su persona socorro particular ; y últimamente, la nave del capitán Ramírez; que tardó algo más , y llegó con más de quarenta soldados , y diez caballos , con abundante provisión de víveres y pertrechos. Desembarcaron unos, y otros, sin detenerse los primeros a recoger el resto de su armada, marcharon la vuelta de Tlascála , dexando exemplo a los demás, para que siguiesen el mismo viage , como lo executaron todos voluntariamente, porque hacían ya tanto ruido en las islas cercanas los progresos de la Nueva -España, que tenían ganada la inclinación de los soldados, fáciles siempre de llevar adonde llama la prosperidad, o la conveniencia.²⁹⁴

Con base en lo anterior, podemos afirmar que Cortés echó mano de los gastos que Garay y Velázquez hicieron para conquistar el Anáhuac.

Después de una ardua campaña diplomática, política y militar, Hernán Cortés logró tomar Tenochtitlán en 1521, e inmediatamente envió a Gonzalo de Sandoval a asegurar las regiones del Imperio Mexica que tenían acceso al Golfo de México. Así inició la exploración y conquista de las cuencas de los tres ríos que partían o colindaban con el valle de México y que formaban gran parte de la región del Anáhuac.

²⁹² El mundo conocido y en parte dominado por el imperio Mexica (Marín, 2010: 18).

²⁹³ León Portilla, 2009: 21-28.

²⁹⁴ Solís, Antonio. *Historia de la conquista de México , población y progresos de la América Septentrional, conocida por el nombre de Nueva España* . Libro V, cap. VI. Citado en (Bañales,2011: 85).

3.4 Búsqueda de la mar del Sur

En los primeros meses de 1522, a menos de un año de la toma de México-Tenochtitlán, los europeos llegaron a las costas del Pacífico con base en las rutas de los Pochtecas.²⁹⁵

*Despaché cuatro españoles, los dos por ciertas provincias y los otros dos por otras; e informados por las vías que habían de llevar y, dándoles personas de indios amigos que los guiasen y fuesen con ellos, se partieron... unos anduvieron cerca de ciento treinta leguas... y llegaron al mar... Los otros dos españoles se detuvieron algo más porque anduvieron cerca de ciento cincuenta leguas por otra parte hasta llegar a la dicha mar.*²⁹⁶

Hernán Cortés escribió al ya emperador Carlos V desde Coyoacán, Nueva España —en ese entonces Cuyoacan— la tercera carta de relación. Es ésta relata la conquista de Tenochtitlán, los sucesos de la expedición de Garay y la intención de explorar el Pacífico:

*Por la relación que agora envío, verá V. M. la solicitud y diligencia que yo he puesto en descubrir la mar del Sur, y como gracias á nuestro Señor la he descubierto por tres partes... he comenzado á hacer cerca de la costa, bien noventa leguas destas provincias, navíos y bergantines;... acá no solamente yo lo he descubierto la dicha mar, pero aun en cierta costa de ella tengo poblados dos cientos y cincuenta españoles... suplico á V. Cesárea M. tenga por bien de le mandar oír, porque este negocio es de tanta importancia que es mucha razon que V. A. le tenga en mas que á todo el resto de las Indias.*²⁹⁷

Ahora bien, el primer intento novohispano de exploración del Pacífico se interrumpió por un incendio del astillero, debido, quizá, a las rebeliones de los naturales de la región.²⁹⁸

En 1523 Francisco de Garay se dirigió personalmente a la región del Pánuco, fletó once barcos y se dirigió a Victoria Garayana. Desembarcó al norte del Pánuco y su ejército entró en conflicto con Pedro de Alvarado que dirigía a los hombres de

²⁹⁵ Comerciantes, recaudadores de tributo y espías de los mexicas.

²⁹⁶ Hernán Cortés, 1969:191-192. citado en (León-Portilla, 2001: 36).

²⁹⁷ Cortés, 1866: 160.

²⁹⁸ En marzo de 1523, Cortés envió un ejército fuerte al mando de Gonzalo de Sandoval. Así fue como consolidó la dominación de la región e inició la explotación de las minas de metales preciosos.

Cortés que estaban en el Pánuco.²⁹⁹ El ejército de Cortés tomó la armada y provisiones de Garay, quien murió a finales de ese mismo año.

Por su parte, Fernando de Saavedra se encargó de la exploración territorial y de la explotación de las riquezas mineras. Ya en 1524 se llevaron a cabo exploraciones hacia la costa norte del Pacífico.

3.5 Primeros intentos de exploración

En Zacatula se reinició la reconstrucción de la armada para explorar el mar del Sur. En su cuarta carta de relación, Cortés manifestó su propósito de buscar una mejor ruta a las Molucas que la descubierta por Magallanes. Declaró que se había propuesto ampliar sus exploraciones, bajo el supuesto de la existencia del mítico estrecho de Anián³⁰⁰ que permitiría el paso del Atlántico al Pacífico por Norteamérica: *por la parte Norte hasta llegar a los Bacallaos, porque se tiene cierto que en aquella costa hay estrecho que pasa a la mar del Sur, y se hallase, según cierta figura que yo tengo.*³⁰¹

3.6 Primera expedición novohispana hacia las Molucas

La estabilidad del gobierno se quebrantó en la Nueva España, al punto de casi iniciarse una guerra civil. Esto cesó cuando Cortés apareció de nuevo en México en 1526. Dados los desórdenes en su ausencia, el rey ordenó un juicio de residencia a Cortés. La corona desconfiaba de él y hubo ciertos documentos que alimentaron este sentimiento.³⁰² Asimismo, hubo acontecimientos —como las fracasadas expediciones de los gobernadores Velázquez y Garay— que influyeron en el ánimo de otros poderosos gobernadores del Caribe, quienes procuraron presentar en la corte a un Cortés ambicioso y levantisco. Todo esto volvió lenta la exploración novohispana del mar del Sur.

En 1526, el rey Carlos autorizó a Cortés enviar la flota que tenía dispuesta para explorar el Pacífico, ya fuera para auxilio o para obtener información de las dos

²⁹⁹ Parodi, 1978: 620-622.

³⁰⁰ Estrecho que se creía existente entre el Reino de Anián, situado al Este de China y Reino de Quivira situado al Oeste de Norteamérica (Hervás, 1801: 300).

³⁰¹ Hernán Cortés, 1969: 232 citado en (León-Portilla, 2001: 37).

³⁰² Ejemplo de estos documentos fueron los del escribano Diego de Ocaña, quien en las cartas enviadas al Consejo de Indias informaba de la llegada del patache "Santiago". Afirmó que las islas de las especias estaban cerca y recomendaba al rey enviar una expedición para llevar semillas y plantarlas en las nuevas tierras. Así se incrementaría su fama, su poder y su riqueza.

expediciones ya enviadas a las Molucas: la de Loaisa de 1525 y la de Sebastián Caboto de 1526. En esas mismas fechas llegó el patache “Santiago” que se había separado de la expedición de Loaisa a la Nueva España. En 1527, Álvaro de Saavedra Cerón dirigió una primera expedición a las Molucas.

3.7 Expedición de Saavedra

Con autorización del emperador Carlos V, Hernán Cortés inició la preparación de la tercera navegación transpacífica hacia las islas Molucas. Un testigo, Vicencio de Nápoles, nos relata en su *Relación del Viaje...*³⁰³ que se hizo acopio de bastimentos y se construyó una flota de tres embarcaciones, dos naos y un patache; *La Florida* al mando de Álvaro de Saavedra Cerón.

3.8 Hernán Cortés y la Mar del Sur

Hernán Cortés llegó de España a México el 15 de julio de 1530 y ya conocía los informes de algunos sobrevivientes de las expediciones a las Molucas. Tiempo después, Cortés se embarcó a una exploración del Pacífico y llegó así al comercio de las especias. Y no sólo logró esto: Cortés obtuvo de la Reina Juana las capitulaciones para explorar y poblar las islas del Mar del Sur:

*... vos don Hernando Cortés... podeís descubrir, conquistar y poblar cualquier isla que hay en la mar del Sur, de la Nueva España, questén en su paraje y todas la que hallades hacia el poniente, no siendo en el paraje de las tierras en que hoy hay proveídos gobernadores; y ansí mismo vos damos la dicha licencia y facultad, para que podáis descubrir cualquier parte de tierra firme que hallades por la costa sur hacia el poniente que no se falla hasta agora descubierto ni entre en límites y pasaje norte-sur de la tierra que está dada en gobernación a Pánfilo de Narváez e Nuño de Guzmán.*³⁰⁴

A principios de junio de 1532, Diego Hurtado de Mendoza, zarpó con dos navíos de Acapulco con instrucciones de explorar la costa y no tocar tierra de Nuño de

³⁰³ AGN, Hospital de Jesús, 433, Exp.1 citado en (Rodríguez-Sala, 2017: 5).

³⁰⁴ Real cédula por la que el rey concede a Hernán Cortés pueda descubrir y poblar el mar del Sur ... 5 de noviembre de 1529, AGI, patronato, 16, Núm. 2. citado en (León-Portilla, 2001: 45).

Guzmán. Lo que hallaron ahí fueron las islas Marías, en Nayarit. Después de un naufragio en Jalisco, nunca se supo más de Diego de Hurtado.³⁰⁵

3.9 Pedro de Alvarado y la mar del Sur

Al igual que Cortés, Pedro de Alvarado tuvo un fuerte deseo de participar en la conquista de las islas de las especias. Desde la capitulación concedida por la reina Juana en Medina del Campo, el 5 de agosto de 1532, se facultó a Alvarado para conquistar, poblar y gobernar de forma vitalicia, cualquier isla del Mar del Sur y tierra firme al poniente de la Nueva España. La condición era que no contase ya con gobernador castellano. Así, entre 1532 y 1534, Alvarado se puso en obra y partió a las islas del Mar del Sur. Después de ciertos encuentros con Diego de Almagro en Perú y con Alonso de Maldonado, y tras haber conquistado las Hibueras, partió a España. Ahí logró concretar el proyecto de expedición a las islas del Mar del Sur.³⁰⁶ Se trató de un intento de empresa particular, con fuerte participación estatal. Fueron los pilotos quienes tuvieron los conocimientos tácitos de cosmografía, pues antes ya habían realizado viajes. Tal es el caso de Macías del Poyo y Andrés de Urdaneta, así como Pedro de Alvarado —quien fue agente, fiador y responsable principal gracias a la capitulación de la reina Juana. Bernal Díaz del Castillo narra lo acontecido:

Y volviendo a esta mi relación, puso en la mar del Sur doce navíos de buen porte, bien bastecidos de pan y carne y pipas de agua y todas las cosas que en aquel tiempo pudieron haber, y bien artillados y con buenos pilotos y marineros, pues, para ser tan pujante armada, y estando tan apartados del puerto de la Veracruz, que son más de ciento cincuenta leguas hasta donde se labraron los navíos, porque en aquel tiempo aún no se trataba Puerto de Caballos, gastó en ellos muchos millares de pesos de oro, que en Sevilla se pudieran labrar más de ochenta navíos, que no le bastó la riqueza que trujo del Perú, ni el oro que le sacaban las minas en la provincia de Guatemala, ni los tributos de sus pueblos, ni lo que le prestaron sus deudos y amigos y lo que tomó fiado de los mercaderes; pues lo que gastó en caballos y capitanes y soldados y arcabuces y ballestas y todo género de armas fue gran suma de pesos de oro. Pues ya puesto a punto sus naos para navegar y en cada una sus estandartes reales, señalados pilotos y capitanes y las instrucciones de lo que habían de llevar, y las señas de los faroles para si de noche hobiese alguna tormenta, y después de oído misa del Espíritu Santo y bendecidas sus banderas de un obispo de aquella provincia, y el mismo adelantado por capitán general de la armada, dan velas en el año de mill y

³⁰⁵ Antonio de Herrera, *Historia general de los hechos de los castellanos...* Madrid: Real Academia de Historia, 1934-1957. década quinta, libro VII, cap.III. citado en (León Portilla,2001:46-47).

³⁰⁶ Ortuño, 2005.

quinientos y treinta y siete o treinta y ocho años, que esto no se me acuerda bien, y fue navegando por su derrota hasta el puerto que llaman de la Purificación, que es en la provincia de Jalisco, y en aquel puerto habían de tomar agua y bastimentos y más soldados, puesto que llevaba ya en los navíos sobre quinientos y cincuenta soldados. Pues como lo supo el virrey don Antonio de Mendoza desta tan pujante armada, que para en estas partes se puede decir muy grande, y de los muchos soldados y caballos que llevaba y artillería, túvolo por muy gran cosa, como es razón de tener, de cómo pudo juntar y armar trece navíos en la costa del Sur, y que se le pudiesen allegar tantos soldados estando tan apartado el puerto de la Veracruz y de Méjico, porque, como memorado tengo, no venían navíos de Castilla con mercaderías a Puerto Caballos, como agora vienen, y es cosa de pensar en ello a las personas que tienen noticia destas tierras y saben los gastos que se hacen. Pues como el Virrey don Antonio de Mendoza supo y se informó que era para descubrir la China, y alcanzó a saber de pilotos y cosmógrafos que se podía descubrir muy bien por el Poniente, y se lo certificó un deudo suyo que se decía Villalobos, que sabía mucho de alturas y del arte de navegación, y también porque alcanzó a saber que había enviado tres navíos a descubrir las mismas islas el valeroso don Hernando Cortés antes que fuese a Castilla ni fuese marqués, acordó de escribir de Méjico al don Pedro de Alvarado con ofertas y buenos prometimientos para que se diese orden en que en el armada hiciese compañía con él, y para lo efetuar fueron a hacer el concierto don Luis de Castilla y un mayordomo del virrey que se decía Agustín Guerrero; y desquel adelantado vio los recaudos que llevaban para ello, y bien platicado sobre el negocio, se concertó que se viesen el virrey y el adelantado en un pueblo que se dice Chiribitio, que es en la provincia de Mechuacán.³⁰⁷

3.10 Antonio de Mendoza y la mar del Sur

Para poner orden entre Nuño de Guzmán, Hernán Cortés y Pedro de Alvarado y hacer valer la autoridad real, se nombró en 1535 a Antonio de Mendoza y Pacheco como primer virrey de la Nueva España. El militar, político y diplomático realizó las capitulaciones de Tiripitío, Michoacán, para organizar de forma coordinada los esfuerzos dirigidos a la exploración de las rutas a las islas de las especias por la ruta del océano Pacífico. Éstas colocaron los esfuerzos particulares bajo la autoridad del Sacro Imperio Romano Germánico y controlaron la iniciativa comercial de los conquistadores novohispanos. Ellos, con recursos económicos que recién habían adquirido por la conquista del Imperio Mexicano, reunieron a un buen número de los depositarios del conocimiento cosmográfico sobre las rutas a las islas de las especias. Así fue como se sumó una gran cantidad de saber náutico tácito:

³⁰⁷ Bernal Díaz del Castillo, *Historia verdadera de la conquista de Nueva España*. Madrid: ed. Sarpe, Biblioteca de la Historia 53 - 54, Madrid, 1985, II :439-450 citado en (Ortuño, 2005).

mediante la conjunción de pilotos y capitanes con experiencia en viajes de circunnavegación en la Mar del Sur y monjes agustinos con conocimientos geográficos.

En junio de 1540, Pedro de Alvarado zarpó de Acajutla Guatemala con una flota de doce embarcaciones y ochocientos hombres, entre ellos Andrés de Urdaneta y se dirigió a los puertos de la Nueva España con la intención de destino final en las Islas Molucas.

Con la Flota de Alvarado, Antonio de Mendoza organizó y envió varias expediciones de exploración y conquista. Sobre la ruta del noroeste pasaron por Sinaloa, Sonora, Arizona, Texas y Nuevo México hasta llegar a un punto situado cerca del paralelo 40°N:³⁰⁸ la *provincia de Quivira*. Tiempo después y en apoyo de esta exploración, Fernando de Alarcón partió de Acapulco y llegó al río Colorado. El testimonio de la “Relación” del viaje de Alarcón se utilizó para la elaboración de mapas del noroeste de la Nueva España.³⁰⁹

3.11 La Guerra Mixtón y sus efectos

La muerte de Pedro de Alvarado fue un suceso que cambió la exploración novohispana del Pacífico. La Guerra del Miztón o Mixtón —así llamada por el lugar en donde se llevó a cabo la batalla más importante— fue una rebelión por demás relevante. Se extendió por Nayarit, Jalisco y Zacatecas. Hubo miedo de que los naturales, a causa de su furia, quemaran la Nueva España en su totalidad.³¹⁰

El gran antecedente de esta rebelión fue la expedición de Nuño de Guzmán. Diez años antes, los naturales abandonaron sus poblaciones y huyeron a las montañas, aterrorizados por la crueldad del ejército de Nuño. El conflicto comenzó a gestarse con la ausencia de los naturales ya bautizados, quienes asistían a las misiones franciscanas. Después destruyeron las misiones y asesinaron a frailes y encomenderos.³¹¹ Las acciones las dirigió el jefe Xiulteque, los señores de Jalpa y Tlaltenango, y por Tenamaztle, hermano del señor de Nochistlán. Ellos coordinaron los ataques de varias tribus contra los españoles. Los consejos vinieron de los chamanes “Huehuetlatolli”³¹² o el “Tlatol”.³¹³ Los caciques atacaron

³⁰⁸ Carta de Francisco Vázquez Coronado desde la provincia de Tiguex al Emperador, el 20 de octubre de 1541, en (Pacheco, 1864-1884. V3:367).

³⁰⁹ León-Portilla, 2001: 64-65.

³¹⁰ León-Portilla, 2015: 11.

³¹¹ Medrano Enríquez, 2009: 55.

³¹² El mensaje de los viejos.

³¹³ Demonio, en lenguaje de los frailes europeos.

con el grito de guerra: “¡*Axcan quema, tehuatl, nehuatl!*”.³¹⁴ El gobernador Oñate envió a Miguel de Ibarra a Juchipila, Zacatecas, con un escuadrón de castigo, compuesto por españoles e indígenas que fueron derrotados por los alzados. Como era de esperarse, todo lo anterior provocó mucho miedo en Guadalajara:

*Murieron muchos indios amigos de Tonalan, y serían más de doscientos y más de diez españoles, los mejores soldados del reino, que fue harta pérdida. ...Y se comenzaron tantos llantos y clamores en ella (Guadalajara) particularmente de las mujeres y niños que llegaban al cielo, y el gobernador Cristóbal de Oñate comenzó a prevenirse y a poner en armas a los españoles, temiendo según la nueva, tendrían presto a los enemigos en la ciudad.*³¹⁵

Para León-Portilla, los sucesos del Miztón más que influyeron en el modo de conquistar y evangelizar. El cambio fue documentado en las Leyes promulgadas por Felipe II en 1573 bajo el título *Recopilación de Leyes de los Reinos de Indias*.

3.12 La guerra chichimeca

“Chichimecas” fue el nombre genérico que dieron los españoles a los naturales que vivían al borde sur del desierto chihuahuense.

La fiera resistencia de estas tribus dio un giro a la conquista de México: puso en serio peligro la expansión hispana hacia el septentrión: sólo la riqueza de las vetas argentíferas zacatecanas mantuvo el interés de permanecer y dominar la región. La dificultad de la conquista chichimeca provocó que muchos españoles continuaran su camino hacia el oriente en busca de empresas más fáciles y que los misioneros se desilusionaran y después cambiaran sus métodos de inculturación. La conquista militar de esa región pasó poco a poco de capitanes y huestes españolas, a mestizos locales que estaban más adaptados a la región,³¹⁶ como Miguel Caldera, quien conoció la cultura de los naturales. Con diversos métodos de diplomacia, compra y conversión religiosa nació una orgullosa cultura mestiza, raíz del pueblo mexicano.³¹⁷

Gracias al miedo y a la desconfianza a los naturales bautizados, los franciscanos poco a poco cambiaron la enseñanza hacia una más religiosa y menos

³¹⁴ “¡Ahora sí, tú o yo!”. López Portillo y Weber, José. *La rebelión de Nueva Galicia*, segunda edición, México, 1975: 403. citado en (León-Portilla, 2015: 25).

³¹⁵ Tello, Fray Antonio. *Crónica miscelánea de Xalisco*. libro II, vols. I y II, Instituto Jalisciense de Antropología e Historia y Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 1968-1973:155. Citado en (López-Portilla,2015:57).

³¹⁶ Powell, 2014: 19-68.

³¹⁷ Powell, 2014: 213.

humanística y científica. Los españoles abandonaron los sueños de nuevas conquistas en la Nueva España, pues el desierto chihuahuense les representó no sólo dificultad sino pobreza: más de un conquistador se fue a oriente en busca de nuevas posibilidades de riqueza. Así, en la Nueva España sólo quedaron los colonizadores.

3.13 La transculturación en la Nueva España

El clero fue el principal agente de difusión de las artes, oficios y artes liberales para los naturales y españoles de la Nueva España. Según Robert Ricard,³¹⁸ el período de 1523-1572 es fundamental en la formación de México. Durante éste se llevó a cabo el entrecruce de civilizaciones en el que se amalgamaron los elementos culturales del Anáhuac y las aportaciones españolas. De esa unión nació México: allí está en germen el desarrollo íntegro del país en sus épocas posteriores.

Fue en ese período que se llevó a cabo la “Conquista Espiritual” de la Nueva España. La difusión de la cultura europea en los naturales fue obra esencialmente de las órdenes mendicantes —independientes del episcopado— cuya autoridad estaba limitada por los privilegios pontificios concedidos al clero regular misionero.³¹⁹

La expansión de la cultura europea latina osciló entre el deseo heroico de difundir el evangelio y el miedo a los naturales y su cultura. Las condiciones climáticas asimismo jugaron su rol al atenuar el fervor apostólico. Desde los inicios, el clero se encargó de la educación. Benito Martínez proporcionó noticias a la corte española dos años antes de la conquista de Tenochtitlán. El papa León X creó el *Obispado Carolense* y nombró al dominico Julián Garcés como primer obispo de la supuesta Isla de Yucatán. Garcés fundó la primera diócesis en Tlaxcala, y en 1538 escribió la *Carta Latina* al papa Julio III. En este escrito reconoció y defendió las culturas del Anáhuac: *Ganémosle más tierras en las Indias al demonio que la que él nos hurta con sus turcos en Europa.*

En 1529 se presentó como obispo a Fray Juan de Zumárraga a quien se lo nombró como “Protector de los Indios”. Él enfrentó los abusos de Nuño de Guzmán, trajo la imprenta de Juan Cromberger, y fundó el Colegio de Santa Cruz

³¹⁸ Ricard, 2013: 30.

³¹⁹ Ricard, 2013: 31.

de Tlaltelolco para nobles indígenas. Asimismo, inició la fundación de la Universidad de México.³²⁰

La etapa capital del desarrollo del apostolado franciscano en México fue de 1525 a 1531. Los lugares en donde más influencia hubo que en la Ciudad de México, en Hidalgo y Morelos, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco, Colima y Nayarit. Al norte hubo actividad en los fundos mineros de Zacatecas y Durango, y también hubo exploraciones apostólicas en Sinaloa.³²¹ Los dominicos llegaron en 1526 y en 1533 los primeros frailes agustinos, quienes llegaron a poblaciones que los frailes de otras órdenes no habían atendido.

Los conventos e iglesias fueron los lugares donde se llevó a cabo la transculturización en la Nueva España. Se enseñó la doctrina cristiana a los naturales y también algunos oficios para que pudiesen trabajar. A las niñas se las preparó para el matrimonio y para la formación de familias cristianas. Leer y escribir se reservó para los varones y esta enseñanza no se impartió en todos los centros. La educación se diferenció de acuerdo con las clases sociales. Las llamadas “artes liberales” sólo se impartieron en Tlaltelolco o Tiripitío y eran los hijos de los tlatoanis o caciques los beneficiados. Los resultados fueron muy positivos: los mejores textos sobre la cultura del Anáhuac los realizaron sus alumnos. Ahora bien, estos centros no perduraron, pues las artes liberales fueron un antecedente para la burguesía naciente o uno necesario para la educación superior y el orden sacerdotal. Los españoles no quisieron ordenar “clero indígena” por razones de desconfianza de los frailes y sacerdotes. Como consecuencia, en el Primer Concilio Provincial Mexicano de 1555, se prohibió ordenar a mestizos, indios y negros.³²²

Al inicio de la transculturización, las ideas de utopías humanistas se aplicaron en algunos conventos franciscanos y agustinos. Sin embargo, cuando se encontraron con resistencias culturales entre los mesoamericanos y más entre los llamados “chichimecas”, se suspendieron estos experimentos y las iniciativas se dejaron morir. No obstante lo anterior, entre los españoles y criollos se cultivaron y difundieron las artes liberales y las disciplinas universitarias: Teología, Filosofía, Derecho y Medicina, impartidas con los estatutos de la Universidad de Salamanca.³²³

Uno de los lugares para difusión de las artes liberales en la Ciudad de México fue el Colegio de Tlaltelolco, administrado por franciscanos y entregado al patrocinio de la Corona en la persona del virrey Antonio de Mendoza. Tiempo después se comenzó a impartir lectura, escritura, música, latín, retórica, lógica, filosofía y

³²⁰ Dussel, 1970-1971: 289-299.

³²¹ Ricard, 2013: 114-155.

³²² Ricard, 2013: 285.

³²³ Veracruz, 2012: 33-35.

medicina indígena. Ahora bien, para 1550 este colegio estaba casi en ruinas y en 1570 se intentó refundar. Sin embargo, la gran epidemia de 1575 diezmó a los alumnos, y ya no fue posible recuperar el colegio.³²⁴

3.14 Andrés de Urdaneta

El primer personaje que vamos a estudiar es Andrés de Urdaneta. Nació en Villafranca y aunque no haya datos sobre su educación, firmó como testigo en documentos de importancia, así es que suponemos que fue letrado. La sobriedad de sus descripciones tiene tintes religiosos. Fue quizá diplomático y dominó varios idiomas: euskara, castellano y además, dado el léxico náutico que manejó, entendió en portugués, así como el malayo y algunas otras lenguas del sudeste asiático.³²⁵

Cuando vino el viaje a las Molucas que hizo Jofre de Loaisa,³²⁶ Andrés de Urdaneta, aún joven, formó parte de la tripulación. Es probable que su conocimiento para después convertirse en navegante lo haya adquirido en los puentes de *La Florida* junto al piloto murciano Macías del Poyo.³²⁷

El viaje descrito fue por demás desastroso. No sólo murieron los mandos de la expedición —incluido Loaisa— sino parte de los oficiales.³²⁸ La paulatina muerte de los mandos hizo que Urdaneta no fuese sólo el segundo al mando de la expedición, sino capitán y tesorero de la misma³²⁹.

El joven relató *Relación el viaje de la Armada del Comendador García Jofre de Loaisa a las Islas de la Especiería o Molucas en 1525, y sucesos acaecidos en ellas hasta 1536 por el Capitán Andrés de Urdaneta*, en 1536. Fue este escrito producto de su memoria, pues los documentos con los que contaba se le confiscaron en su llegada a Portugal. Al haber durado once años el viaje que

³²⁴ Ricard, 2013: 276-285.

³²⁵ En los tiempos de Urdaneta, ya se iniciaba el fraccionamiento cultural de Europa y Martín Lutero difundía una teología diferente a la católica. Carlos V se enfrentaba al poderoso y expansionista imperio turco de Soleimán el Magnífico, mismo que pretendió también tener la misión divina para lograr un dominio universal. Por su parte, el rey de Francia, Francisco I pretendió dominar Italia y se alió con los turcos: se declaraba así en lucha constante contra el imperio. En Alemania habían comenzado ya las guerras campesinas e inició la reforma radical —que Lutero en su momento apoyó y después condenó.

³²⁶ De Miguel, 2008: 15-18.

³²⁷ Barandica, 2012: 37.

³²⁸ En estos viajes era común que murieran antes los marineros que los oficiales. Aunque en esta ocasión murieron por igual.

³²⁹ De Miguel, 2008: 42.

realizó, el relato en uno de naturaleza cosmográfica y contiene amplios relatos de los recursos de las islas que visitó, los animales del océano y las costas, los habitantes y sus costumbres. No ahonda en detalles míticos, históricos, éticos o religiosos, sino que se enfoca en la practicidad de la náutica. Se trata de un escrito con descripciones etnográficas y asimismo económicas de los diversos lugares. No da espacio a lo anecdótico, pues fue un escrito dirigido al rey. Así pues, la finalidad fue que éste se interesara por la explotación y dominio de las tierras exploradas.

Resulta por demás asombrosa la descripción de la ruta que siguió, misma que podemos conocer gracias a los puntos geográficos referidos. Algunos de los lugares son: la isla Gomera y la isla Annobon—que él llama San Mateo.³³⁰ A esta última isla, Urdaneta la describió de manera cosmográfica y detalló sus recursos pesqueros. También hizo observaciones de la naturaleza durante el viaje trasatlántico. Después hace un relato de las desventuras que sufrieron para poder entrar en el Estrecho de Magallanes y detalla la ruta, con rumbos y distancias, para navegar dentro del laberinto de rocas, bajos e islas que es el estrecho. No falta la descripción de los habitantes de esa región, así como de los contactos con ellos y de los recursos económicos del lugar.

El siguiente punto geográfico que nos describe es Cabo Deseado, del que se refiere de la siguiente forma:

...y está este cabo en altura de LII grados y un tercio³³¹; Partimos del puerto de mayo, viernes a XXV de mayo de 1526 años, e el sábado siguiente, a XXVI dias del dicho mes desenbocamos del estrecho con el viento sueste e caminamos al norueste.³³²

A su llegada a las islas Marianas, Urdaneta de nuevo hizo una descripción cosmográfica con especial énfasis en sus habitantes, sus costumbres y los recursos económicos. Sin duda en sus escritos llama la atención son las Agad'na, que son ágiles embarcaciones de dos proas, que tienen al lado un balancín estabilizador y una vela polinesia; he aquí su descripción:

...las canoas en que van a pescar son pequeñas e tienen vn contrapeso por la vna parte de madera gruesa, echo a manera de una toñina³³³; este contrapeso anda por barlobento de continuo³³⁴, amarrado en dos palos que salen del cuerpo de la canoa;

³³⁰ En esta última, hay una referencia a que el capitán general ofreció a los capitanes y oficiales el comer “picuda”, lo que después provocó el deceso de la mayoría de los mandos de expedición. (Rodríguez, 1978: 5-11).

³³¹ Rodríguez, 1978: 49.

³³² Rodríguez, 1978: 50.

³³³ Tonina, atún, delfín.

³³⁴ Continuo.

la canoa es echa con dos proas, que tan seguida es en la popa como en la proa, y tan rrezia anda a la vna parte como a la otra; las belas son latinas, echas desteras muy texidas...

Asimismo, describe la manera que cambian de sentido al curso de la canoa: *...y andan muy mucho a la bella³³⁵, para azer otra buelta no buelben la canoa más que la bela, solamente amuran a la popa, que es como la misma proa, e así queda de continuo el contrapeso por barlovento.*

Urdaneta continuó su relato con base en la ruta que siguió, y tiempo después, cuando vinieron las hostilidades entre portugueses y castellanos, se organizaron tres cuadrillas armadas y Urdaneta fue nombrado cuadrillero de una de ellas. Iniciaron la construcción de un *baluarte de madera e piedra movediza en tierra*, lo artillaron con algunos *tiros de bronce e hierro³³⁶* y nombraron como teniente del fuerte a Fernando de la Torre. Así fue como inició la llamada “guerra del Maluco”.³³⁷ En el marco de esta guerra, Urdaneta relató lo siguiente:

...e nos hazíamos mucho mal los vnos a los otros, e como avía mucho tiempo que estábamos en estas yslas y pasávamos muchos trabajos en guerras e sin socorro ninguno, avíasenos muerto parte de la gente, los vnos en dolencias, los otros en guerras³³⁸ ...

Después de varias batallas, la guerra se dio por terminada con el empeño de las islas del Maluco.

3.15 El “empeño” de Zaragoza

En el tratado de Tordesillas , dos reinos europeos se repartían el Atlántico y las tierras cercanas en su beneficio, y se negó el derecho a esas tierras para otros reinos europeos. Ahora bien, ni en las bulas ni en el tratado mismo se habló de “partición” del mundo . Tampoco hay referencia a las tierras de Asia oriental. Cuando los dos reinos ibéricos se encontraron en el sureste asiático , se suscitó la idea del *contrameridiano de Tordesillas* que pasaría por Asia oriental.

³³⁵ Vela.

³³⁶ Rodríguez, 1978: 91.

³³⁷ A manera de “anécdota”, se dice que a Urdaneta y otros compañeros se les incendió el depósito de pólvora. Esto provocó en Urdaneta graves quemaduras en el rostro. Al aventarse al mar a causa de las quemaduras, estuvo cerca de perder la vida.

³³⁸ Rodríguez, 1978: 147.

Debido al problema científico de la medida de la longitud geográfica, esta segunda línea suscitó más problemas que la primera : no quedaba claro si el *Maluco*, pertenecía a la demarcación española o a la portuguesa. Los dos reinos pretendían tener derecho sobre el *Maluco*. Varios investigadores portugueses han demostrado, a partir de los documentos, que los cartógrafos y cosmógrafos, tanto españoles como portugueses creían que las Molucas estaban en la demarcación española, pero los portugueses llegaron antes, y utilizaron la política de hechos consumados y mayor poder militar.

En febrero de 1524, se firmó el tratado de Vitoria entre españoles y portugueses para intentar establecer la línea de Tordesillas y su contrameridiano de manera definitiva. Para ello se reunieron expertos, pero no llegaron a acuerdos por falta de conocimientos técnicos.³³⁹ *... ay dubda y debate así sobre a quién perteneçe la propiedad de Maluco como sobre la posesión dél y somos concordados que se vea por justicia por astrólogos, pilotos e marineros y letrados... cuyo es el dicho Maluco y en cuya demarcación cae*³⁴⁰ ...

Para dirimir la cuestión , Carlos I empeñó sus presuntos derechos sobre las Molucas en el tratado de Zaragoza, en 1529.³⁴¹

Con la firma del tratado de Zaragoza los reyes ibéricos quedaron en paz. Los españoles reconocieron el derecho portugués a comerciar libremente en el océano Índico, donde estaba la mayor parte del negocio mundial de las especias.³⁴² Fernando de la Torre, Urdaneta y los castellanos continuaron comerciando y merodeando por las islas Molucas como aliados de los de Gilolo, mientras los portugueses luchaban contra la alianza de los sultanatos de las Molucas. Cuando finalmente se vio que la lucha por las Molucas era inútil, Urdaneta viajó por rutas portuguesas hasta fines de febrero de 1535, cuando se embarcó con Macías del Poyo hacia la India en un junco. Ahí llegó a las Islas de Banda, en Indonesia: *Están estas yslas de banda ochenta leguas de Maluco, y están en altura de quatro grados por la banda del sur.*³⁴³ Aquí ya habían comerciado nuez moscada y

³³⁹ Cervera, 2013: 34-35.

³⁴⁰ Mariño, 1978: 114-115.

³⁴¹ Mediante este tratado, el rey de España cedía al monarca portugués el derecho de posesión y el derecho a navegar y comerciar en el Maluco a cambio de trescientos cincuenta mil ducados de oro. Al igual que en el tratado de Tordesillas, el tratado de Zaragoza establecía una línea de polo a polo, un meridiano límite entre la zona empeñada a los portugueses (al oeste de esa línea) y la zona propiamente española.

³⁴² La cantidad de especias que se vendía en Europa era relativamente pequeña, por lo que los portugueses sacaron por el concepto del comercio de las especias mucho más de lo que pagaron a Carlos I por el empeño de la zona . El tratado de Zaragoza fue un buen negocio para ambos reinos. Pero no fue así para los españoles, quienes llegaron a las Molucas, e ignorantes de los acuerdos, quedaron sin apoyo alguno de su emperador (Cervera, 2013: 35-36).

³⁴³ Rodríguez, 1978: 259.

esperaron al cambio de los monzones. Se embarcaron y llegaron al puerto de Panarukan en Java, Indonesia: *Abrá de la yslas de banda a este dicho puerto de panaruca dozientas e cincuenta leguas, y estará en siete grados, poco más o menos de vna banda.*³⁴⁴ Después describió los productos, la potencia bélica y marina, y que su relación con los portugueses era muy buena. A finales de julio de 1535 llegaron a Malasia: *Abrá dende panaruca a malaca obra de dozientas leguas.*³⁴⁵ Ahí asimismo describió los productos, el comercio, y una fortaleza portuguesa con 500 hombres. El 15 de noviembre partieron en junco hacia Sri Lanka, y en la ruta hacia Cochín, Kerala, India, se encontraron con Hernando de la Torre. Como Urdaneta y Macías del Poyo salieron de Cochín antes que él, les entregó una relación del viaje de Loaisa, así como algunas cartas. Urdaneta y Del Poyo se embarcaron en la nao “San Roque” el 12 de enero de 1536 e hicieron escala en la isla de Santa Helena: *Está la dicha ysla de santa Elena en diez grados por la parte del sur; ...En esta ysla está vn hermitaño portugués, y no ay otra gente ninguna. Es una ysla muy pequeña que no tiene más de quatro leguas de redondez.*³⁴⁶

Llegaron a Lisboa el 26 de junio de 1536 y al llegar, se les confiscaron todos los documentos que traían:

*Al tiempo de desenbarcar en la dicha ciudad de lisboa, miróme la guarda mayor muy vien, primero mi persona, e después la caxa, donde hallaron en vn portacartas la Relación y la carta, que fernando de la torre ynviaba a V.M., los quales me tomó la dicha guarda mayor de las naos que bienen de la yndia, aunque yo me agravié mucho; e asimismo me tomaron el libro de la contaduría de la nao en que fuymos a maluco, con otro libro grande mío, e ciertas cartas de ombres castellanos de nuestra conpañia, que quedavan en la yndia de portogal; e asimismo traíamos asentadas las islas de maluco e banda e otras yslas en papel blanco, e después çerradas como cartas mensajeras por traerlos más disimulados los quales tanvién tomaron. Asimismo tomaron de la dicha caxa la derrota que hizo la carabela, que fué de la nueva españa a maluco, con otras memorias y escripturas, lo qual todo tomó la dicha guarda mayor sin avto describano, ni nada, sino así de echo.*³⁴⁷

En febrero de 1537, el Capitán Urdaneta entregó en Valladolid un relato del viaje *Relación del viaje de la Armada del Comendador García de Loaisa a las islas de la Especiería o Molucas en 1525, y sucesos acaecidos en ellas hasta el de 1536 por el Capitán Andrés de Urdaneta.* Todo el relato se basa en su memoria.

³⁴⁴ Rodríguez, 1978: 261.

³⁴⁵ Rodríguez, 1978: 262.

³⁴⁶ Rodríguez, 1978: 265.

³⁴⁷ Rodríguez, 1978: 265.

Tiempo después, ya en 1539, Urdaneta invirtió en una expedición fallida a Chile que de hecho jamás sucedió. El “empeño” de Zaragoza dejó fuera del trato las demás islas de la mar del Sur, lo que dio oportunidad a Pedro de Alvarado para obtener la capitulación de 1538 y así obtener las “Yslas del Poniente”. Esta empresa atrajo a Urdaneta y se embarcó en 1538. La expedición pasó por Santo Domingo. Ahí Urdaneta informó sobre la mar del Sur a Gonzalo Fernández de Oviedo. Llegó con Alvarado al Puerto Caballos y cruzaron Centroamérica hacia el puerto de Acaxutla para pertrechar la expedición al mar del Sur. Una vez que zarpó la flota, Urdaneta llegó a Tehuantepec, Huatulco, Acapulco y Zacatula hasta llegar a Barra de Navidad y participó en la Guerra del Miztón como capitán de ciento cincuenta infantes. Eso le ganó la confianza de Mendoza.³⁴⁸

En 1544 el corregidor en Ávalos fue Andrés de Urdaneta, y al entregar cuentas frente a los oficiales reales, no obtuvo las cantidades requeridas de tributo. En 1547 se lo consideró entre los capitanes que acompañarían a Francisco de Mendoza y Cristóbal de Oñate a la expedición planeada para ayudar a sofocar el levantamiento en el Perú, pero la rebelión fue apagada y su jefe, Gonzalo Pizarro, fue decapitado.³⁴⁹ En 1550 Antonio de Mendoza fue enviado a Perú para gestionar la paz entre los conquistadores. En Nueva España fue sustituido por Luis de Velasco “el Viejo”, lo que trajo movimientos en los puestos de la corte y gobierno virreinal. Urdaneta se vio en la necesidad de pedir “ayuda de costa” que no le llegó. Entre la corte de Velasco llegó Antonio Corço, piloto de la expedición de Villalobos, ellos promovían la colonización de las islas Filipinas. Quienes acompañaron a Corço en la empresa fueron García Escalante de Alvarado, Guido de Levezares y Gonzalo Dávalos. Todos ellos recibieron favores y buenos puestos en el gobierno.³⁵⁰ Los frailes agustinos que fueron con Villalobos regresaron a la Nueva España en 1549; Jerónimo de Santistéban fue nombrado provincial en Michoacán, Nicolás Perea fue prior en México, Sebastián Trastierra fue prior en Tzirosto y Jacana y Alonso de Alvarado fue prior en Acolman. Todos ellos formaron un cúmulo de conocimientos sobre cosmografía.

Finalmente, Urdaneta sirvió a un convento y quizá tomó el hábito de la Orden de San Agustín el 19 de marzo de 1552.³⁵¹

*Yo fray Andrés de Urdaneta... hago profesión y prometo obediencia a Dios Todopoderoso ...y a vos venerable padre fray Agustín de la Coruña, prior del monasterio del nombre de Jesús... desta ciudad de México, ... y de vivir sin proprio y en castidad según la Regla ...asta la muerte.*³⁵²

³⁴⁸ Barandica, 2012: 37-43.

³⁴⁹ De Miguel, 2008: 70.

³⁵⁰ Barandica, 2012: 43-51.

³⁵¹ Rodríguez, 1978: 277.

³⁵² LPM TU, f. 30v; original. citado en Rodríguez, 1978: 277.

No hay muchos datos acerca su actividad religiosa pero sí sabemos que perseveró en sus actividades náuticas.

3.16 El Tornaviaje

Acerca del Tornaviaje de Urdaneta se ha escrito mucho, por lo que sólo apuntaré algunos datos cosmográficos obtenidos de los documentos *Memoria de las cosas que me paresçe que será bien que el Rey nuestro señor tenga notiçia dellas para que mande probeer lo que más fuere seruida es lo siguiente*, fechado en México, 1560 y signado por “fr. Andrés de Vrdaneta”³⁵³ para describir los preparativos del viaje: “*Relación del viaje y jornada que el armada de su magestad hizo en el descubrimiento de las islas del poniente, que partió del puerto de la navidad el año de mill quinientos y sesenta y quatro años, de que fue por general el muy llustre señor Miguel López de Legaspi*”³⁵⁴ fechado entre 1564 y 1565, para describir el viaje de ida a Filipinas; *Parecer de Fr. Andrés de Urdaneta sobre si el Maluco y las Islas Filipinas pertenecen al Rey de Castilla, y si las Filipinas caen dentro del empeño de 1529*³⁵⁵ fechado en Madrid, el 8 de octubre de 1566, para describir los métodos que usó Urdaneta para definir la pertenencia de las Filipinas al rey de Castilla y *Derrotero del piloto Rodrigo de Espinosa de la buelta de la yslas del poniente*³⁵⁶ y del libro de De Miguel³⁵⁷ para describir los datos cosmográficos del viaje de regreso a Nueva España.

3.17 Proyecto de ruta al oriente asiático

En el primer documento,³⁵⁸ Urdaneta dio las recomendaciones que consideró necesarias para el viaje a Filipinas, y para que la ruta permaneciera activa durante buen tiempo.

Inició con cambiar el puerto de partida de Barra de Navidad a Acapulco donde recomendó poner el astillero. Las razones fueron económicas, de distancia, logística, salud y disponibilidad de personal para construir y abastecer la flota.

³⁵³ AGI, Patrº 23, rº 15, 4hs. fol. citado en (Rodríguez, 1978: 297).

³⁵⁴ AGI,Aud. de Filipinas, 29. citado en (Rodríguez, 1978: 511).

³⁵⁵ AGI,Patrº 49,rº12 citado en (Rodríguez, 1978: 560).

³⁵⁶ AGI,Patrº 23, rº16: fols. 45-54 citado en (Rodríguez, 1978: 511-537).

³⁵⁷ De Miguel, 2008.

³⁵⁸ “Memoria de las cosas que me paresçe que será bien que el Rey nuestro señor tenga notiçia dellas para que mande probeer lo que más fuere seruida es lo siguiente”, en (Rodríguez, 1798: 283-297).

Recomendó hacer el viaje con dos galeones y como ruta transoceánica, ir de Veracruz a Acapulco por razones de distancia y de “acarreo”. Sugirió tener “buenos oficiales”³⁵⁹ para hacer artillería de bronce porque la de hierro se gastaba pronto. Para las anclas prefirió enviar hierro y oficiales y realizar la fundición en Acapulco. Ante la falta de mano de obra, quiso que muchachos que eran vagabundos aprendiesen los oficios de carpinteros, herreros y se enseñase “buena cantidad de géneros” a “esclabos comprados de la Real Hacienda”. Para los aparejos recomendó llevar plantas de cáñamo así como sembrar agaves en las islas de oriente para mantenimiento de los navíos. Pidió traer de España brea, pez y alquitrán —aunque las hubiese también en México— así como lonas para velas, linternas para los navíos, aceite para lámparas, clavos y pernos, y hierro para fabricarlos. Una lista que merece atención especial para este estudio es “cartas de marear, y agujas”,³⁶⁰ “ampolletas”,³⁶¹ “astrolabios y ballestillas” y una persona que fuese diestra en hacer mapas y brújulas, y otras cosas que sirven para navegar, artilleros y “buena gente de mar” para mandar y navegar. Insistió en la necesidad de personal técnico.

Para la navegación recomendó tres rutas: al poniente, zarpar de Nueva España a principios de octubre a mediados de noviembre, con rumbo WSW hasta llegar a 14° y medio de latitud norte, cambiar a rumbo oeste y buscar la isla “San Bartolomé”, Atolón Taongui, islas Marshall para tomar leña y agua; partir con rumbo W¼SW hasta 13° y de ahí tomar rumbo oeste hasta la isla “Botalia”, Rota, islas Marianas. De ahí navegar con rumbo W¼SW hasta 11°N y cambiar a W hasta llegar a las Filipinas.

Ruta al sur: zarpar después de 10 de noviembre hasta el 20 de enero, tomar rumbo SW, en busca de Nueva Guinea hasta llegar a 25°S ó 30°S. De no hallarse ahí o antes, cambiar a rumbo W por doscientas leguas. Si no estaba ahí, cambiar al rumbo WNW hasta “el húltimo cavo descubierto” situado a 5°. De ahí se debía navegar hacia las Filipinas, donde se llegaría a más tardar en noviembre de 1562.

Ruta al norte: zarpar en el mes de marzo porque se esperaban buenos tiempos para navegar por la ruta del Ártico, siguiendo la costa de la Nueva España hacia el NW hasta llegar a 34° o más. Ahí se debía pedir información a los indios en la tierra que descubrió Juan Rodríguez Cabrillo, para descubrir más al norte. Luego se debía tomar hacia el SW hasta 35° ó 37° y ahí cambiar al W hasta China cerca de Japón y de ahí a las Filipinas. Si no se podía, la costa W de la Nueva España, se subiría hasta 37°N y se tomaría rumbo W hasta llegar a “Botaha”, Rota, y de ahí a las Filipinas. Recomendó que no se dilatase mucho la partida hacia la Nueva

³⁵⁹ Obreros expertos.

³⁶⁰ Mapas y brújulas.

³⁶¹ Relojes de arena.

España porque en Filipinas la bruma destruía las naves muy pronto. Si los portugueses se enteraban de su presencia, podría haber daños. Si no se partía hacia Filipinas, pronto los navíos podrían utilizarse para explorar la mar del Sur. Asimismo, informó que, por noticias de Pedro Menéndez de Avilés, los franceses habían descubierto un paso al mar Poniente de la Nueva España, situado en “tierra de bacallaos.”

3.18 De Navidad a Cebú

En el segundo documento,³⁶² que se atribuye a Miguel López de Legaspi, nos relata el viaje de Barra de Navidad. Partieron la madrugada del 21 de noviembre de 1564 con rumbo SW. La Audiencia Real de La Nueva España indicó que se hiciese el viaje directo a las “yslas felipinas” siguiendo la ruta de Villalobos. Cambió el rumbo a W¼SW y el 29 de noviembre se apartó de la flota el “San Lucas”. El 18 de diciembre llegaron a 9ºN y cambiaron de rumbo al W fijando la altura en 9º y ¼ buscando la isla “Los Reyes”. Debido a las cartas que cada uno usaba, el 9 de enero llegaron a la isla “de los barbudos” (Marshall Islands). Hasta ahí navegaron 1,459 leguas, 4,992³⁶³ millas.

Plun escribió en su diario que estimaba haber rebasado a “Los Reyes”. Urdaneta hizo una observación inadmisible de la polar a 9º20'N³⁶⁴, Urdaneta opinó:

no serían mucho que, que estos ysleos y arreçifes que fuesen los jardines que Villalobos descubrió, avnque si eran ellos nos hallábamós más atrás de lo que se pensava y no abíamos hallado tanto camino como se hallava por los puntos, y que esto parecía por estar en la misma altura... y los pilotos se rreyan dello, diziendo no podía ser, por que estábamos mucho más adelante³⁶⁵...

Todos los pilotos difirieron mucho en sus estimaciones y observaciones astronómicas. Por ello cambiaron el rumbo para ponerse a 10ºN y navegar rumbo W para buscar la isla “Matalotes”. Continuaron con rumbo W hasta el 17 de enero, cambiaron de rumbo para llegar a 13ºN. Continuaron con rumbo W, para llegar a la isla Mindanao, Filipinas. Así evitaron los problemas de navegación que enfrentó Villalobos y tocaron la isla Guam, Marianas, mismas que vieron el 22 de enero.

³⁶² “Relación del viaje y jornada que el armada de su magestad hizo en el descubrimiento de las islas del poniente, que partió del puerto de la navidad el año de mil quinientos y sesenta y quatro años, de que fue por general el muy llustre señor Miguel López de Legaspi”, en Rodríguez, 1878: 406-511.

³⁶³ 17 ½ leguas por grado terrestre.

³⁶⁴ De Miguel, 2008: 97.

³⁶⁵ Rodríguez, 1978: 419.

Navegaron 1,500 millas a 4.7 nudos.³⁶⁶ Después de explorar y tomar provisiones, partieron de Guam el 3 de febrero con rumbo W y el 13 de febrero llegan a la isla “Tandaya” frente a la bahía de Oras, Samar, Filipinas. Navegaron de Barra de Navidad a Filipinas 2,229 leguas, 7,623 millas a un promedio de 4.35 nudos.³⁶⁷ Exploran las islas, y con dificultad adquirieron información y suministros de los naturales.

El 27 de abril llegaron a Cebú, Filipinas. Ahí decidieron fijar un asentamiento definitivo y construyeron el fuerte “San Pedro”. Gracias al comercio y a la recolección en las islas, repararon y aprovisionaron al galeón “San Pedro” para el tornaviaje. Durante la estancia en Cebú, Martín de Rada realizó mediciones astronómicas para medir la longitud de Cebú. Esto lo trataremos ampliamente más adelante.

Para probar él mismo que las islas Molucas y Filipinas estaban dentro del hemisferio castellano, se valió de dos métodos: el primero utiliza la longitud geográfica registrada en dos mapas portugueses:

Asi mismo hallo, por vnas cartas de navegar echas en Portugal que tengo en mi poder, ...las quales há más de 28 años que las hube en lisboa de vno que andava en la navegacion y carrera de la yndia, ques vn padrón de los quales contiene figurada la tierra desde Europa, donde llaman la costa de malabar hasta cabo de comorín, ques en la costa de la yndia; la otra carta, que es menor, tiene desde el mar Rubro hasta cabo de Chinchas, que es en la costa de la China, que esta en 25 grados de latitud de la parte del norte. Tiene asy mismo la ysla de Maluco con otras muchas hasta las yslas de Los Ladrones. La mayor carta destas dos estava ya husada e muy tratada, que paresçe que nabeguaban por ella para la Yndia y que las dichas yslas de Maluco estan en la demarcaçion de Su Magestad. ...midiendo con compás los dichos 180 grados de longitud que pertenesçen al sereníssimo señor rei de Portugal desde la dicha línea de demarcaçion, questá echada en las 370 leguas mas poniente de la ysla suso dicha de san antón, midiéndolos por la equinoçial por la parte de levante, porque hallo, como aquí se puede ver por las mismas cartas, que desde la dicha línea de la demarcaçion hasta el cabo de comorín ay por la costa mayor 140 grados de longitud midiéndolos por la equinoçial, como esta dicho, e por la carta menor hallo que ay desde el dicho cabo de Comorín hasta la ysla del Maluco 45 grados de longitud, midiéndoles asy mesmo por la equinoçial, los quales juntados con los 140 grados suso contenidos suman 185 grados, que sacados los 180 que pertenesçen a al sereníssimo señor Rey de Portugal quedan 5 grados de longitud, los quales son de la demarcaçion de Su Magestad. E asy concluyo que según esta cuenta entran en la demarcaçion de Su Magestad las dichas yslas de

³⁶⁶ De Miguel, 2008: 98.

³⁶⁷ De Miguel, 2008: 99.

*Maluco, y mas todas las yslas e tierra e mar que contienen en 5 grados de longitud más al poniente de las yslas de Maluco suso contenidas.*³⁶⁸

El segundo método que utilizó tiene un componente matemático más complejo:

*yo mido esta dicha longitud por las mismas cartas es por arco y cuerda por los rumbos que ba prosiguiendo la costa de la tierra, berificando por la tabla de los senos retos, numerando el diámetro del seno en 60 mill partes, conforme al qual número están sacados todos los números de la tabla [roto], las latitudes e asy mesmo [comido], como si dixesemos del norte al leste, mediante todo lo suso dicho e sacado la quenta adelante contenida, por la qual hallo que ay desde la dicha línea de la demarçacion hasta las yslas del maluco 194 grados y $\frac{1}{4}$ de longitud, e sacados los 180 grados que pertenesçen al serenissimo señor Rey de Portugal quedan 14 grados y $\frac{1}{4}$, los quales pertenesçen a la Magestad del Rey, Nuestro Señor. Ileguan los 180 grados de longitud que pertenesçen a Portugal hasta tomar vn poco de la ysla de burney, desde donde echada una línea meridional que baya de polo a polo todo lo que de la dicha línea está para la parte de levante pertenesçe a su Magestad del Rey, Nuestro Señor, como se vera por la quenta siguiente.*³⁶⁹

Y así, con base en las tablas de función trigonométrica de seno, convirtió las leguas recorridas de punto a punto geográfico en distancias recorridas de oeste al este. Estas distancias después las convirtió en grados terrestres. Este método es muy similar a la “regla del marteloio”, pero utiliza tablas de seno con mayor precisión.³⁷⁰

3.19 De Cebú a México

El regreso a la Nueva España está relatado en los derroteros del piloto mayor Esteban Rodríguez,³⁷¹ del segundo piloto Rodrigo de Espinosa³⁷² y del contra maestre Francisco de Astigarribia.³⁷³ Partieron de Cebú el 1 de junio de 1565 con rumbo NE. Navegaron entre las islas Filipinas buscando el Embocadero de San Bernardino. Espinosa describió con detalle y situó geográficamente Capul Pass, entre las islas Capul y Dalupirit, Filipinas:

...tomé el sol en doze grados y tres quartos, y de allí la buelta del hueste hazía vna grande ensinada; estando en esta punta, que está en doze grados y tres quartos,

³⁶⁸ Rodríguez, 1978: 553-554.

³⁶⁹ Rodríguez, 1978: 554-555.

³⁷⁰ Rodríguez, 1978: 555-560.

³⁷¹ AGI, Patronato 23, R 19. citado en (De Miguel, 2008: 121).

³⁷² AGI, Patronato 49, R 12:fol.6. citado en (De Miguel, 2008: 121).

³⁷³ AGI, Patronato 49, R 19:fol.1. citado en (De Miguel, 2008: 121).

se hace una ysleta pequeña questá del norte sur... entre esta ysleta y la otra, questá de la parte del veste della como tras leguas, pasó el galeón San pedro; de aquesta ysleta, questá de la parte del veste desta ysleta la buelta del noroeste verás cómo a çinco leguas vna ysleta grande que tiene dos bolcanes altos.³⁷⁴

Salieron a mar abierto el 9 de junio de 1565, entre la isla Luzón y la las isletas Biri, y tomaron rumbo E¼NE:

Sábado, a nueve del dicho, tomé el sol en treze grados largos, que aquí es donde se rremata la ysleta felipina, y luego buelve la costa la buelta de leste; ...ay dos o tres ysletas pequeñas de buelta del noroeste, como seys o siete leguas hasta la ysleta de los bolcanes. En medio destas seis o siete leguas está vna ysleta pequeña. Entresta ysleta y la felipina salimos este presente día gobernando al este quarta del nordeste.³⁷⁵

El 21 de junio avisaron Okinotorishima, Japón: *...vide un farellón por la vanda de estribor que pareçia vn barco questava surto; este farellón, conforme al punto que traya en mi carta, está en altura de veinte grados, porque ese día no se pudo tomar el sol³⁷⁶...*

Del estrecho de San Bernardino a Okinotorishima navegaron a 2.9 nudos, 816 millas, 228 leguas ajustadas a la latitud. El 3 de agosto navegaron rumbo N¼NE y llegaron a un punto en 39°N, y aproximadamente 170°W³⁷⁷: *Miércoles primero de agosto... Viernes, fuymos corriendo al norte quarta del nordeste, y ese día tomé el sol en treinta y nueve grados largos...³⁷⁸*

El 4 de agosto, después de varios días de vientos variables, cambiaron el rumbo al SE y después de una travesía larga, Urdaneta y Andrés de Aguirre viajaron a la Ciudad de México. Tras dos meses de descanso, partieron a Veracruz para viajar a Sevilla, a donde llegaron en abril de 1566.

En octubre de 1566 Felipe II convocó a una junta de sabios cosmógrafos para justificar la presencia castellana en las Filipinas. A la junta acudieron el cosmógrafo mayor Alonso de Santa Cruz, Francisco Falero, Pedro Medina, Jerónimo de Chaves y Sancho Gutiérrez y fray Andrés de Urdaneta. Todos firmaron en el acuerdo que las Filipinas quedaban dentro de la demarcación castellana y que sí estaban comprendidas dentro del empeño de Zaragoza. Hoy sabemos que las Filipinas y las Molucas no estaban dentro del hemisferio

³⁷⁴ Rodríguez, 1978: 513-514.

³⁷⁵ Rodríguez, 1978: 515.

³⁷⁶ Rodríguez, 1978: 517.

³⁷⁷ De Miguel, 2008: 108.

³⁷⁸ Rodríguez, 1978: 523.

castellano. La línea de Tordesillas quedó definida a 46°W, el contrameridiano quedó a 134°E, y la Isla de Cebú está en 124°E; es decir, a 10° dentro del hemisferio portugués. Por un lado, De Miguel opina que no se puede atribuir el error a los instrumentos o métodos de medición de la época, sino más bien a razones “de estado” que provocaron errores intencionales de 20%. Por el otro, Cervera opina que:

*tal tesis es muy discutible. El libro de Santa Cruz, citado por De Miguel, es un excelente estudio de los métodos utilizados hasta entonces para tratar de hallar la longitud geográfica, pero de ningún modo revela que en los tiempos del autor, a finales del siglo XVI, se pudiera hallar la longitud con una gran precisión. Desde la historia de la ciencia, sabemos que el problema de la longitud fue una cuestión acuciante para las potencias marítimas europeas que sólo se resolvió dos siglos después del tiempo de Urdaneta.*³⁷⁹

El 6 de junio de 1567 los dos frailes agustinos se embarcan con destino a la Nueva España.³⁸⁰ Urdaneta murió el 3 de junio de 1568 en el convento de la Ciudad de México.

3.20 Alonso de la Vera Cruz

Alfonso o Idelfonso Gutiérrez, Castellano, nació en Toledo en 1507. Estudió gramática y retórica, disciplinas preparatorias para el curso de artes en Alcalá y Filosofía y Teología en Salamanca.

Fue alumno de fray Francisco de Vitoria por cuatro años³⁸¹ en la época en que el maestro estaba en su madurez intelectual. Presenció las “Relecciones”³⁸² del catedrático Vitoria de 1527 a 1532, entre ellas la de 1528 sobre el poder civil. Es probable que haya influido esta obra en el humanismo de Alonso respecto a la colonización ultramarina. Los métodos de enseñanza de Vitoria influyeron mucho en Alonso, quien los impuso en las Universidades que se crearon en América y, bajo este mismo sistema, Alonso educó y escribió sus libros de texto.

Alonso tuvo una fuerte influencia del nominalismo de Juan Martínez de Silíceo, quien fue preceptor del Príncipe Felipe II y arzobispo de Toledo (1545).³⁸³ Silíceo se relacionó con el círculo de Jacques Lefèvre d’Étaples, padre del humanismo francés, Josse van Clichtove, teólogo reformador del clero católico y el matemático

³⁷⁹ Cervera, 2013: 69-70.

³⁸⁰ De Miguel, 2008: 115-120.

³⁸¹ Velasco, 2009: 68.

³⁸² Conferencias magistrales.

³⁸³ Velasco, 2009: 7.

Charles d'Bovelles. Silíceo fue la proyección del pitagorismo y aritmética en Salamanca y puede ser considerado como el precursor del “nuevo método”, introductor de la lógica nominalista y la filosofía natural.

Para Aspe Armella:

Alonso se formó en un aristotelismo propiciado por la corte española que recibía desde la universidad de Salamanca a jóvenes entrenados en una visión política mucho más pragmática que la del cristianismo medieval ...La universidad de Salamanca había desarrollado desde los siglos XIV al XVI, un aristotelismo de raigambre gracias a que autores como Pedro de Osma, Alonso de Madrigal alias el Tostado y Fernando de Roa, habían asimilado principios aristotélicos interpretados de modo diverso a la tradición aristotélico-tomista de la universidad de París. Ello aunado a la paulatina asimilación del aristotelismo renacentista que promovió el humanismo hizo que Alonso tuviese una mayor apertura hacia la variabilidad cultural entre los pueblos... Ambas vertientes de su formación intelectual, la tradición nominalista y la recuperación de un aristotelismo auténtico contribuyeron a que el fraile interpretara el tema cristiano de la ley natural desde una óptica dinámica y plural.³⁸⁴

Alonso Gutiérrez obtuvo el grado de Bachiller en Teología en Salamanca en 1532 y se ordenó sacerdote del clero regular. En Salamanca se dedicó a la enseñanza de Artes.³⁸⁵

A solicitud del agustino fray Francisco de la Cruz, Alonso se embarcó a la Nueva España en 1536. Llegó a Veracruz en 1536 y ahí tomó el hábito agustino en 1537. Así fue como cambió su nombre a fray Alonso de la Vera Cruz.³⁸⁶

La formación de los religiosos agustinos del siglo XVI los colocó en una situación privilegiada en la física natural y las artes. Las relaciones que establecieron con el poder del Estado y la Iglesia los permitieron ser pieza clave en la navegación y expediciones al Nuevo Mundo y Oriente. Tuvieron acceso a las mejores universidades y a las “Relaciones de Viajes”, que eran los informes oficiales del descubrimiento de nuevas tierras; a saber, documentos de mapas y rutas, además de nuevos parámetros e instrumentos para la navegación. Todo esto se hizo más sencillo con la imprenta.

En 1537, fray Alonso fue enviado a ser lector en Artes y Teología en Tiripitío. Ahí implantó los métodos aprendidos en Salamanca y fundó una biblioteca donde reunió un acervo considerable.

³⁸⁴ Aspe, 2016: 12. Cfr: Aspe, 2002 y Aspe: 2018.

³⁸⁵ Velasco, 2009: 64.

³⁸⁶ Torchia, 2004-2005.

En 1540 se firmaron en Tiripitío los acuerdos donde el adelantado Pedro de Alvarado y el virrey Antonio de Mendoza acordaron las inversiones, los riesgos y las ganancias, así como el mando y pilotaje de la empresa de exploración al poniente de Ruy López de Villalobos. En éste el capitán Andrés de Urdaneta, veterano de la expedición de Loaisa al Maluco, trabó las primeras relaciones con los agustinos en la Nueva España.³⁸⁷ Ahí mismo fue donde se acordó la exploración de la costa norte del Pacífico.

En 1542, fray Jerónimo de Santiesteban y tres frailes agustinos partieron hacia el poniente en la Armada de Villalobos. Llegaron a Filipinas, después a España y regresaron a la Nueva España. Por ello los agustinos novohispanos contaron con información de primera mano sobre las "Yslas del Poniente". Fray Jerónimo fue elegido superior de la provincia para el trienio que inició en 1551. En ese período se ordenó fraile agustino Andrés de Urdaneta.³⁸⁸ Fray Alonso lo cita años más tarde en la *Physica Speculatio* con tono de admiración y respeto de esta forma:

*Los cuales peligros oí de propia boca de uno de los que atravesaron el estrecho pocos años después de que el jefe magallánico fue en la segunda navegación, varón prudente y perito de modo único en el arte de navegar... el cual se llama fray Andrés de Urdaneta, de noble familia de los Cántabros.*³⁸⁹

Fray Alonso, entre muchos otros cargos, participó de manera activa en la fundación de la Universidad de México. Por cierto, Francisco Cervantes de Salazar, en su diálogo sobre la Universidad de México en 1554, describió a fray Alonso como: *...el más eminente maestro en artes y teología que haya en esta tierra, y catedrático de prima, de esta divina y sagrada Facultad: sujeto de mucha y variada erudición, en quien compite la más alta virtud con la más exquisita y variada doctrina.*³⁹⁰

Los novedosos métodos de enseñanza que utilizó le causaron problemas de enfrentamiento contra las autoridades eclesiásticas de la Nueva España, pues intentó despertar el interés de los universitarios para tratar los temas con un elevado nivel científico.

En 1557 poco después de la llegada de fray Martín de Rada a la Nueva España, fray Alonso, prior de la orden en ese trienio, lo elogiaba: *también vino Fr. Martín de*

³⁸⁷ Barrón, 2012: 41.

³⁸⁸ Barrón, 2012: 51-52.

³⁸⁹ Vera Cruz, 2013: 134.

³⁹⁰ Cervantes de Salazar, *La Universidad de México, en México en 1554, Tres Diálogos Latinos*, trad. de Joaquín García Icazbalceta, México, UNAM, 2001:10. citado en (Velasco, 2009: 295).

*Rada, hombre de raro ingenio, buen teólogo y eminentísimo en Matemáticas y Astrología que parece cosa monstruosa.*³⁹¹

Fray Martín de Rada y fray Alonso mantuvieron correspondencia desde 1576 hasta su muerte en 1578. Existen seis cartas en las que podemos leer, además de los informes al superior sobre los sucesos de Filipinas, reportes sobre geografía, astronomía y matemáticas relatados en un lenguaje científico de la época.³⁹²

Las obras que Fray Alonso escribió se han recuperado en gran parte. Esto permite la investigación confiable y precisa para analizar los conceptos y líneas de pensamiento del autor.

3.21 La *Physica Speculatio*

El texto más extenso que tenemos de fray Alonso es su *Physica Speculatio*. Se trató de una obra didáctica y es un tratado de filosofía natural, una investigación y exposición sobre temas de los fenómenos del mundo celeste y sublunar: desde los meteoros hasta el ser humano. En esta obra comentó la de Aristóteles y agregó estudios e investigaciones propias sobre los temas tratados, enmarcados en la escolástica. Sarai Castro³⁹³ nos dice que siempre trató de conciliar ideas, pues hizo un resumen de la obra aristotélica, al tiempo que fue un puente entre nominalistas y realistas. Aunque a aquéllos los criticó por sus “discusiones inútiles”.³⁹⁴

El libro incluyó un apéndice con el *Tractatus De Sphaerae* de Giovanni Campano de Novara, astrónomo, astrólogo y matemático medieval,³⁹⁵ conocido por haber escrito la compilación de los *Elementa* de Euclides en latín, obra muy difundida durante el siglo XVI.

En ese tiempo, las ideas sobre el cielo estaban aún muy inmersas en conceptos neoplatónicos: el Cielo metafísico estaba en contacto con el cielo físico, tal y como describe Dante en la *Divina Comedia*. Tomás de Aquino ya había conciliado las ideas del Mundo Eterno e Inmutable con la finitud Cristiana del Mundo.

Fray Alonso adoptó el enfoque de la línea racionalista para proponer explicaciones del mundo natural. La línea que siguió fue la que se trazó desde Salamanca con Domingo de Soto hasta Galileo. Su texto nos dio a conocer los escritos de Pico

³⁹¹ Cervera Jiménez, 2013: 139.

³⁹² Folch, 2008.

³⁹³ Velasco, 2005: 201.

³⁹⁴ Velasco, 2005: 203.

³⁹⁵ Vera Cruz, 2012: 480.

della Mirandola,³⁹⁶ y nos muestra influencia de los “neoteóricos”, término que identificaba a los humanistas modernos del renacimiento y a los nominalistas.³⁹⁷ La *Physica* trata bases e inicios de física, de la esfera celeste, de astronomía y cosmología; de la esfera terrestre, de biología, química, meteorología, mineralogía y psicología. El tratado contiene los ocho libros de la *Physica* aristotélica comentados en cinco especulaciones.³⁹⁸ Los títulos de las secciones de la obra siguen los nombres tradicionales de los escritos Aristotélicos Mayores sobre filosofía de la naturaleza.³⁹⁹

En *Speculationes librorum physicorum*,⁴⁰⁰ fray Alonso abordó la naturaleza de esta disciplina filosófica. Ahí trató el “fenómeno del movimiento”, en especial el “movimiento local”.⁴⁰¹ Alonso consideró al movimiento en general como una función básica y con presencia total en la naturaleza, desde los procesos más simples terrestres, hasta el perfecto e ideal movimiento circular del universo entero. En su obra, el novohispano expuso y explicó la física y los principios de los seres naturales: materia y forma.

Una obra que es de especial interés es *Speculationes in Meteorum*⁴⁰² que trata los fenómenos meteorológicos, el halo, el iris, las varas y los parhelios, auroras polares, etc. Sin hacer grandes distinciones entre el mundo celeste y sublunar, trata temas de astronomía y la influencia del cielo y los astros sobre la tierra. Compara el tamaño de la Tierra con los planetas y estrellas, así como las distancias entre los objetos celestes. Asimismo, habla sobre la naturaleza celeste o sublunar de los cometas y sus efectos. Trata de otros fenómenos de física, mineralogía, geografía y otras ciencias. El aire y sus tres regiones,⁴⁰³ el vapor y la exhalación, las nubes, las aguas de lluvia, ríos y manantiales, el granizo y el rocío, mareas, vientos, rayo, metales, etc.

Así y para efectos de la presente investigación, es relevante hablar sobre *Speculationes libri de coelo*, obra en la que especula si el universo es perfecto, si el cielo es cuerpo simple o compuesto de materia y forma, si de un cuerpo simple

³⁹⁶ Humanista y pensador italiano de la segunda mitad del siglo XV, su tesis es que el cristianismo es la síntesis del pensamiento universal.

³⁹⁷ Velasco, 2005: 200.

³⁹⁸ Navarro, 1998: 82.

³⁹⁹ Navarro, 1998: 87.

⁴⁰⁰ Especulaciones sobre los libros físicos.

⁴⁰¹ En la física aristotélica, el movimiento local es la cualidad que cada cuerpo tiene como tendencia a ocupar su lugar natural basado en el concepto de la Tierra como centro del universo, el lugar natural de los “graves”, una piedra, es “abajo”, y el de los “leves”, el humo, es “arriba”. Esto hace que para levantar un “grave” haya que ejercer una violencia sobre el cuerpo que se resiste a abandonar su lugar natural, por lo que, cesada dicha violencia el cuerpo cae hacia abajo, el cambio de posición es entendido como imperfección.

⁴⁰² Libro de los meteoros.

⁴⁰³ Templado al ras de tierra, frío intermedio y caliente superior, por contacto con la región del fuego.

sólo hay movimiento simple, si todos los cuerpos simples son esféricos, de los climas terrestres y si toda la tierra es habitable. Además, al final del tratado hay un apéndice en el que comenta el *Tractatus de Sphaera* de Campanus de Novara. Este autor hizo énfasis en el estudio geométrico de los astros. Novara trata temas de las esferas, círculos, y el movimiento de los siete planetas, sus períodos y sus distancias a la tierra. Para él, la octava esfera —la tierra—, es el centro inmóvil del cielo. En la edición de 1543 en México, Vera Cruz añadió dos comentarios notables sobre heliocentrismo y geoheliocentrismo.

3.22 El libro *del Cielo*

Abundaremos en el comentario al libro *Del Cielo*, porque ahí encontramos las proposiciones más modernas de Alonso. Aborda en quince especulaciones los temas tratados por Aristóteles y otros más que El Estagirita no trató. El libro tiene por objeto la naturaleza y movimientos de los cuerpos celestes.⁴⁰⁴ La séptima especulación es relevante, pues se pregunta si los cuerpos simples son esféricos. Responde que en efecto lo son.⁴⁰⁵ Como prueba de ello, dice que el sol recorre una circunferencia y sale a diferente hora en América que en Europa. Cuando los barcos van al horizonte, la vista se pierde del casco a las velas, los eclipses de luna pueden ser visibles en la Antigua España e invisibles en la Nueva España.⁴⁰⁶

La octava especulación tiene asimismo su importancia para los efectos de náutica, pues se pregunta de los climas. Responde que la tierra está dividida en cinco zonas, así como Ptolomeo lo dijo. Añadió además que los cosmógrafos de su tiempo habían puesto hasta 24 climas.⁴⁰⁷

La décima especulación, *que es la elevación del polo, tanto hacia el austro como hacia el aquilón, en los lugares del nuevo orbe recientemente descubiertos*, inicia con un recorrido por las costas atlánticas septentrionales de América. Como las otras especulaciones, nos es relevante porque describe los puntos geográficos con altura y latitud. Localiza el punto con la distancia en leguas al siguiente punto:

... tomando inicio en el lugar más septentrional, que vulgarmente se llama La Tierra del Labrador. Al final de la tierra firme, por la parte septentrional, hay una elevación de 48 grados de latitud, sitúa el siguiente punto ...el río que se llama De las Gammas

⁴⁰⁴ Vera Cruz, 2012: 14.

⁴⁰⁵ Basado en Aristóteles, Tolomeo y Sacrobosco.

⁴⁰⁶ Vera Cruz, 1573:202a. citado en (Vera Cruz, 2012: 16).

⁴⁰⁷ Según los climas, los días duran más o menos y hay habitantes o no. Ahora bien, hoy hay zonas habitadas que en ese entonces no se consideró posible habitar, Vera Cruz, 1573: 204b.

*hay cuarenta leguas hasta la vuelta al hueste, lugar que está elevado 44 grados.*⁴⁰⁸

Con esto puede referirse a Penobscot Bay, Maine, que asimismo describió López de Velasco:

*La tierra y provincia de los Bacallaos, comienza desde el río de Santa María, o de los Gamos, como queda dicho, en 62 grados de longitud del meridiano de Toledo, hasta 42 o 43 grados de la dicha longitud, y 44 grados de altura; por donde llega cerca de la línea de la demarcación en conformidad de los más de los mapas y cartas de marear*⁴⁰⁹ ...

*Del río que se llama De las Gamas, hasta el río que se llama Río de San Agustín, hay ...cuarenta leguas; ...está en una elevación de treinta y nueve grados y medio; en este lugar hay una colonia*⁴¹⁰ ...

Lo anterior se refiere al Castillo de San Marcos en Florida. Lo que López de Velasco describe como *La punta de San Agustín, que es donde está el fuerte de los españoles arriba descrito, está en 29 grados y $\frac{3}{4}$* ⁴¹¹. *Desde ... Río de San Agustín, hasta el otro que se llama Cabeza de los Mártires, hay una distancia de ochenta leguas, la elevación es allí de treinta y cinco grados.*

Aquí pudo tener un error en la latitud, pues se refiere a Lower Matecumbe Key, Florida. López de Velasco la describe así:

*Desde la punta última de tierra firme, que está en 25 grados, sale á la mar por el nordeste sudeste hasta ponerse los 24 grados y 1/2, una cordillera de bajos llena de isletas que llaman de los Mártires, ...La isla grande y larga, que está al fin de los Mártires, es también poblada de indios como otras, cuyo cacique se llama Matacumbe.*⁴¹²

*Desde el lugar que se llama Cabeza de los Mártires hasta el lugar que se llama Seno de Miruelo, vulgarmente Bahía del Miruelo, la altitud es de 30 grados y medio, y la distancia es de cien leguas.*⁴¹³

*Desde el lugar que se llama Cabeza de los Mártires hasta el lugar que se llama Seno de Miruelo, vulgarmente Bahía del Miruelo, la altitud es de 30 grados y medio, y la distancia es de cien leguas.*⁴¹⁴

⁴⁰⁸ Vera Cruz, 2012, 1573: 128.

⁴⁰⁹ López de Velasco, 1894: 173.

⁴¹⁰ Vera Cruz, 2012: 128.

⁴¹¹ López de Velasco, 1894: 167.

⁴¹² López de Velasco, 1894: 165-166.

⁴¹³ Vera Cruz, 2012: 129.

⁴¹⁴ Vera Cruz, 2012: 129.

Después de una serie por demás extensa de la latitud de lugares y descripciones, termina la décima especulación, que es tan relevante para nuestra obra. Llama la atención que la final de este apartado, fray Alonso se expresa de Urdaneta como: *varón prudente y perito de modo único en el arte de navegar*.

La especulación undécima, *Cuál es la elevación del Polo en los lugares descubiertos desde el Estrecho de Magallanes en el Mar Austral ...este estrecho tiene de distancia (Ancho) a veces tres a veces seis leguas donde las aguas corren impetuosamente*.

... describe un recorrido de las costas pacíficas americanas desde el estrecho de Magallanes hasta la Alta California. Echa mano del mismo método de la costa atlántica, distancia en leguas entre los puntos geográficos y latitud.

A continuación, algunos ejemplos de la disposición del texto con algunas aclaraciones: *Desde...Valdivia hasta el Puerto de Chile hay una distancia de ciento cuarenta y ocho leguas; y el polo está en una elevación de 32 grados*⁴¹⁵. Es la ciudad de Valdivia, Chile, 39°48'0"S,73°14'0"W. Ahí podemos observar un error en la latitud. López de Velasco la describió así: *La ciudad de Valdivia está en 40° de altura, y veinte y seis leguas al sur de la Imperial, y diez y siete de Villa Rica como al sudueste, catorce al norte de la ciudad de Osorno, dos leguas de la mar*⁴¹⁶.

*Del Puerto de Chile hasta ... Bahía de Mejillones hay una distancia de 180 leguas; la elevación del polo es de 23 grados y medio*⁴¹⁷. Es el Puerto de Mejillones, en Antofagasta, Chile 23°6'0"S,70°27'0"W. López de Velasco lo situó *Puerto de Mexillones, en 22° y 1/2, diez y seis leguas de la punta de Tacama*.⁴¹⁸ *Desde... Bahía de Mejillones al puerto de Y lo hay una distancia de ciento cinco leguas; el polo se eleva 18 grados; ...está junto a ...Arequipa*.⁴¹⁹ Es el Puerto Ilo, Moquegua, Perú 17°38'55"S,71°19'50"W. López de Velasco lo situó como *Puerto de Ylo, junto á un río de este nombre en 18° y 1/2 de altura; es un puerto bueno, y el río de buen agua*⁴²⁰...

Fray Alonso nos describe no sólo otras islas del Caribe, sino que da fe de pilotos que fueron diestros en el arte de navegar. También nos muestra que está basado en experiencias directas, en mapas, libros e itinerarios de exploradores.

Después de la exposición de las anteriores especulaciones más tendientes al nominalismo, en las especulaciones décima segunda, décima tercera y décima

⁴¹⁵ Vera Cruz, 2012: 135.

⁴¹⁶ López de Velasco, 1894: 531.

⁴¹⁷ Vera Cruz, 2012: 135.

⁴¹⁸ López de Velasco, 1894: 513.

⁴¹⁹ Vera Cruz, 2012: 135.

⁴²⁰ López de Velasco, 1894: 512.

cuarta, regresa a las teorías platónicas y peripatéticas sobre cosmología.

Fray Alonso no era astrólogo, pero su concepción de los cielos fue peripatética y la trató de forma ligera en su libro con el fin de que los alumnos tuvieran un concepto más cosmográfico que astrológico.

Moreno Corral⁴²¹ nos dice que en la primera edición de la *Physica Speculatio* de 1557 incluyó como apéndice el *Tractatus de Sphaera* de Campano de Novara como comentario introductorio al texto Ptolemáico. La perspectiva no era matemática y tiene menciones al modelo heliocéntrico y al geoheliocéntrico que difundió Tycho Brahe y los astrónomos jesuitas. Asimismo, trató el modelo heliocéntrico en la especulación XIV al hacer un amplio relato sobre la demarcación de la isla de Cebú, Filipinas.

*...por mandato de regia majestad, a varones peritísimos en el arte: el reverendo padre fray Martín de Rada, singularmente docto en astrología, y el reverendo padre Andrés de Urdaneta... eminentísimo en cosmografía y en la pericia de navegar, de la orden de los Ermitaños de San Agustín, con otros de la misma orden: fray Diego de Herrera y fray Andrés de Aguirre, varones probadísimos en la navegación y detección de islas según el neotérico Copérnico.*⁴²²

Como se puede ver, lo calificó como nuevo pensador e innovador. En la edición de 1573 ya no apareció el *Tractatus* de Campano.

Los métodos matemáticos aplicados son geométricos. No hay usos del álgebra para resolver problemas astronómicos. Calculó la longitud de las circunferencias de las órbitas planetarias multiplicando el *radio* por el doble de *Pi*, donde el radio es la distancia del planeta al centro de la Tierra. No dejó constancia de los cálculos en el texto, sólo dio resultados. Las dimensiones del universo que nos presentó son un 82% de las que calculó Ptolomeo, pues fray Alonso siguió a Jaques Lefevre d'Étaples, también conocido como Jacobo Fabro.

Refirió el método de eclipses lunares para medir la longitud geográfica:

...He aquí el otro círculo mayor, que se llama Meridiano, y esta longitud mayor y menor puede conocerse, como enseñó Tolomeo en Lib.I, c.4, por el eclipse de la Luna que aconteció en la ciudad de Orbelis, la hora quinta, y en Cártago de África fue visto el deliquio a la hora segunda. Por lo cual coligieron que de una a otra ciudad había una diferencia de tres horas, y a cada hora corresponden 15 grados. Y así era la longitud de una ciudad a otra, 45 grados, como ha sido aprendido, cuanto excede la ciudad Toledana a la Mexicana, de modo que aquélla sea más oriental por más de cien grados que ésta, y de otros modos se puede conocer la longitud

⁴²¹ Vera Cruz, 2012: 78.

⁴²² Vera Cruz, 2012: 156.

varia entre los meridianos, con diversos instrumentos.⁴²³

3.23 Martín de Rada

Martín de Rada nació en Navarra el 20 de julio de 1533⁴²⁴. En París estudió latín, griego, matemáticas, geografía y astronomía durante 6 años, salió como estudiante aventajado en matemáticas. Después estudió teología y recibió por merced de su majestad el Priorato de Ujué y la Abadía de la Oliva en encomienda, pero las intrigas vaticanas no le permitieron ser abad. En 1553 ingresó al convento de San Agustín en Salamanca y a los 21 años tomó los hábitos. Entre 1557 y 1560 decidió irse de misionero a las Indias.

Martín de Rada llegó a México en 1557, fecha que coincide con la elección de fray Alonso de Vera Cruz como provincial de los agustinos de México. Los cronistas agustinos posteriores fueron quienes relataron su llegada. Fray Juan de Grijalva: *También vino Martín de Rada, hombre de raro ingenio, buen teólogo y eminentísimo en matemáticas y astronomía, que parecía cosa monstruosa...*⁴²⁵

Fray José Sicardo nos relató: *vino Fray Martín de Rada, natural de Pamplona, hijo del convento de Salamanca, grande matemático y astrólogo y theólogo, que después pasó a Filipinas*⁴²⁶.

Rada continuó su formación en el colegio de San Pablo en México, donde Fray Alonso de la Vera Cruz creó una biblioteca con obras escogidas de lo mejor de las universidades europeas. Hubo ahí un gran archivo de mapas y se contaba con una gran variedad de instrumentos para navegar⁴²⁷.

Martín de Rada participó como voluntario en el viaje que Legazpi realizó en 1564. Urdaneta lo aceptó de inmediato, pues tenía fama de *gran matemático, geómetra y astrólogo, uno de los más grandes del mundo, que ha escrito un libro sobre navegación*⁴²⁸.

Los conocimientos de Rada fueron de suma importancia para detener la disputa sobre el contrameridiano de Tordesillas que delimitaba la frontera con Portugal. La

⁴²³ Vera Cruz, 2012: 156.

⁴²⁴ La mayor parte de la biografía de Martín de Rada fue obtenida pro manuscrito de Folch Dolors, *Los Mundos de Martín de Rada*, Cap. 1, obtenido en asesoría personal de la autora en su cubículo de la Universidad Pompeu Fabra, Barcelona, el 5 de mayo de 2011. Asesoría lograda por recomendación del Dr. José Antonio Cervera Jiménez. Y de las Actas del Congreso Internacional "Relaciones entre España y China (1575-2005) ¿Sin Pasado? ¿Con Futuro? Pamplona 2008".

⁴²⁵ Folch, 2008: 36.

⁴²⁶ Folch, 2008: 36.

⁴²⁷ Folch, 2008: 36.

⁴²⁸ Folch, 2008: 37-38.

expedición española, carecía de cartas de navegación, así que los conocimientos matemáticos y astronómicos de Rada para fijar límites geográficos, fueron determinantes para la suspensión de la disputa territorial con Portugal. Por su declaración en una carta a Alonso de la Vera Cruz conocemos que Rada continuó elaborando textos de hidrografía, geometría y astronomía durante su estancia en Filipinas⁴²⁹.

Enviados por el virrey de la India, una flota portuguesa se presentó a reclamar Cebú en 1568, Rada convenció al comandante Gonzalo de Pereira, que las Filipinas estaban en el lado hispánico del contrameridiano de Tordesillas. Los argumentos cosmográficos de Martín de Rada convencieron al portugués, según nos relata Urdaneta:

*fray Martin de Rrada, sacerdote y theologo, natural de la ciudad de Pamplona, buen matemático y astrólogo e cosmógrafo y muy gran aresmético, hombre de claro entendimiento, llevó consigo desde la Nueva España por mi ynterçesión un instrumento de mediana grandeza, para por él poder verificar la longitud que avría desde el meridiano de Toledo hasta el meridiano de la tierra, a donde dios fuese servido que aportásemos, e como suçedió que fuymos a la ysla de çubú de suso contenida, donde yo estuve 31 días antes que diésemos la buelta para la nueva españa, en este tiempo el dicho fray Martin de Rrada, por estar de asiento en el pueblo de çubú donde resydía de noche y de día con españoles, que allí poblaron, tubo lugar para muy a su plazer poder verificar por estrellas con el dicho instrumento la longitud que ay desde la dicha çiudad de Toledo, o su meridiano, hasta el meridiano del dicho pueblo de çubú, y abiéndolo verificado, halló computando su quenta hazía el poniente que ay 216 grados y 15 minutos de longitud conforme a las tablas Alfonsinas, enpero conforme a Copérnico 215 grados y 15 minutos, ques menos un grado, de los cuales grados de longitud, sacados de los 43 grados y 8 minutos suso contenidos, quedan según la cuenta de Copérnico, a quien en esta quenta seguré, como más moderno, 172 grados y 7 minutos de longitud, que para los 180 grados, que perteneçen a la Corona Real de Castilla, faltan 7 grados y 53 minutos, y tantos más al poniente del meridiano de çubú llega la demarcación de su Magestad.*⁴³⁰

El fragmento nos muestra el uso de la obra de Copérnico. Se trata de una modernidad científica notabilísima para la época.

En el fragmento, Urdaneta refiere un instrumento: quizá se trata de un *Triquetrum* o *Instrumento paraláctico* que se encuentra descrito en el *Almagesto*, Libro V, capítulo 12, *Sobre la construcción de un instrumento paraláctico*. Se trata de un instrumento astronómico relativamente grande y sensible, mismo que usó

⁴²⁹ Folch, 2008: 37-38.

⁴³⁰ Rodríguez, 1987: 551-552.

Ptolomeo para realizar observaciones lunares. Se construyó con un poste de madera de unos cuatro codos, aproximadamente 160 cm. de longitud, con un perno en la punta y otro cerca de la base. El perno superior unía a otra regla de cuatro codos, que podía girar en el plano del meridiano, y en la cuál había dos pínulas perforadas. En el perno inferior se colocaba una regla más delgada, que servía para medir la posición del extremo de la regla superior. Ahí se podía leer la posición en escala vertical, lo que permitía calcular la longitud de la cuerda de una circunferencia subtendida a la distancia del cenit de la luna.⁴³¹

Durante la Edad Media, el uso del instrumento permaneció entre los astrónomos islámicos. Con base en esos métodos, Regiomontano usó el instrumento, le agregó la posibilidad de girar sobre el eje vertical, y lo documentó en un manuscrito en 1462 en el que describió el uso de los instrumentos de observación astronómica. En 1544, Johann Schöner publicó el manuscrito.⁴³² La renovación astronómica iniciada por Regiomontano, influyó en el canónigo de la Catedral de Frombork, Nicolás Copérnico, quien, en 1514, instaló en una de las torres un instrumento paraláctico del que existe un modelo actual en el mismo sitio⁴³³. De éste se tienen medidas exactas gracias a que en su obra *De Revolutionibus*, Libro IV, Cap. XV, *Instrumenti Parallaxic Constructio* lo describió a detalle tal como lo hizo Ptolomeo, actualmente existe un modelo.⁴³⁴

Cuarenta años después de la muerte de Copérnico, Tycho Brahe dibujó un instrumento paraláctico en su *astronomiae instauratae progymnasmata*.⁴³⁵ El *Triquetrum* fue un instrumento de tamaño manejable, más preciso que el astrolabio y la ballestilla, pero menos que los grandes cuadrantes que se construyeron durante el siglo XV y XVI para corregir las tablas astronómicas.⁴³⁶ Quizá fue el instrumento más popular antes de la invención del telescopio.⁴³⁷ El uso del instrumento en medidas lunares, su portabilidad, el encontrarlo en los astrónomos del siglo XVI, me permite suponer que pudo ser el instrumento que utilizó Rada para determinar la longitud geográfica de las islas Filipinas. Los datos obtenidos por las observaciones y los cálculos de Rada fueron un argumento objetivo que se utilizó para argumentar el derecho de los españoles a poblar las Filipinas e incluso permanecer en Tidore. Las últimas mediciones de Rada fueron realizadas en la isla de Borneo y fijaron su posición geográfica⁴³⁸.

⁴³¹ Strano, 2010: 70.

⁴³² Strano, 2010: 75-76.

⁴³³ El que conozco por haber estado en el lugar en la primavera de del 2011.

⁴³⁴ Gassendi, 2002: 119.

⁴³⁵ Strano, 2010: 76.

⁴³⁶ Gassendi, 2002: 122.

⁴³⁷ Gassendi, 2002: 119.

⁴³⁸ Folch, 2008 : 43

Rada a los españoles que tenían el deber de evangelizar a China, por ser el imperio más poblado del mundo. No sólo le interesaron las almas para convertir, sino que hubo una motivación científica: la exploración de nuevas tierras. Así lo expresó en una carta al Virrey de la Nueva España de 1572, donde se ven claramente esos motivos:⁴³⁹

*suplico embie a mandar que si pudiere ser se embien allá vn par de Religiosos, porque demás de que podrá ser se abra gran puerta al euangelio y seruicio de nuestro señor, seruirá también de que ternemos de allá verdadera notiçia de lo que ay, y ellos declararán a los chinos la grandeza de nuestro Rey, y quán bien les está en tener su amistad, y si ellos reciben la fee, les darán a entender la obligaçión que tienen de seruir a S.M., pues a su costa y minsión les embía ministros que les enseñen, y aunque no fuese más de seruir lenguas, y que se pudiese contratar con ellos, no sería poco importante su yda, y para ello, si a mí me lo mandasen, lo ternía por particular merced y lo aría de muy buena voluntad.*⁴⁴⁰

En esta carta además expresa motivación política y económica.

La oportunidad para que los españoles fueran a China llegó en 1575, después del ataque del pirata *Limahon* a las Filipinas. El capitán chino *Homoncon* invitó a algunos religiosos, entre ellos Rada, para ir a su país. Llegaron a China el 5 de julio, pero en agosto fueron expulsados. Llegaron a Manila el 11 de octubre y Rada escribió la Relación del viaje que hizo a China. Ahí describió hechos fundamentales de la expedición. En 1576, Martín de Rada intentó otro viaje a China sin éxito. Rada murió durante un viaje en alta mar, posiblemente entre el 8 y el 15 de junio de 1578. Su cuerpo se arrojó al océano.⁴⁴¹

Los escritos de Rada que hoy podemos consultar son las cartas al rey de España, al Virrey de la Nueva España y al agustino Alonso de la Veracruz. En esas cartas podemos leer su desacuerdo con el comportamiento de los españoles. Criticó de manera severa al tercer gobernador de las Filipinas, Francisco de Sande, y denunció los abusos cometidos por los encomendros españoles. La *Relación del viaje que se hizo a China...* hecha por él mismo en 1577, quizá sea el más importante de los documentos de Rada.

La primera parte relata su viaje a China. En la segunda se hace una descripción cosmográfica de China. Se trata sin duda de un estudio histórico, geográfico y etnológico de magnitudes impresionante. Esta obra fue reproducida en varias ocasiones. Las fuentes que usó para escribir fueron de la experiencia personal y materiales que adquirió en China misma. Su obra muestra un conocimiento tan

⁴³⁹ Cervera, 2008: 69.

⁴⁴⁰ Rodríguez, 1978: 112-113.

⁴⁴¹ Cervera, 2008: 69.

veraz de la sociedad Ming, que sería imposible entenderlos sin los contactos previos de Rada con los sangleyes de las Filipinas. Entre ellos encontró traductores para los libros traídos de China, mismos que le permitieron ampliar el conocimiento sobre lo que vio en su corto viaje.⁴⁴²

Martín de Rada fue el primer europeo que identificó y dejó escrito que la China a la que llegaron los portugueses en el siglo XVI era el mismo país que Catay, descrito por Marco Polo tres siglos antes: *La tierra que comunmente llamamos China, llamóla Marcopolo, Beneciano, el Reyno de Catay, quiça que lengua tartaresca se deuia llamar así entonces, porque quando él uino a ella la enseñoreauan los Tártaros, que fue cerca del año de 1312.*⁴⁴³

3.24 Una carta a fray Alonso de la Vera Cruz

El contenido de esta carta que Martín de Rada envió a su superior, fray Alonso de la Veracruz, nos revela los conocimientos que Rada manejaba. Pone de manifiesto que estaba el fraile misionero en las remotas islas del oriente asiático. La carta titulada *Al muy reverendo padre nuestro el maestro fray Alonso de la Vera Cruz provincial de los agustinos en la nueva España, mi padre,*⁴⁴⁴ está fechada en Manila el 3 de junio de 1576.

Comenzaremos con la obra científica que Rada dice tener: *...V. p. me embio a pedir si tenia algun obra hecha. Como algunas que tenia se me avian perdido ...yo escrevi un libro de recta hydrographie ratione.*⁴⁴⁵

Las obras de hidrografía en el siglo XVI contenían temas de cartografía marítima, como lo indica el intendente general de marina Don Luis María de Salazar en 1809:

*...Tal es pues el importante objeto de la Hidrografía, y lo que en tanto beneficio de la seguridad y acierto del navegante le ofrece en los mapas o cartas de marear; en las cuales representa trazadas sobre la superficie de papel con singular exactitud todas estas cosas, para que pueda seguir su derrota con la propia confianza y tino, qual si con su vista material alcanzase el Piloto á distinguir á la vez de una ojeada todas las apartadas regiones del orbe, y registrase las profundidades del mar, ó sus ocultos baxíos.*⁴⁴⁶

⁴⁴² Folch, 2008: 60-61.

⁴⁴³ Cervera, 2013: 73.

⁴⁴⁴ Rada, 1576.

⁴⁴⁵ Rada, 1576.

⁴⁴⁶ Salazar, 1809: 7.

Lo anterior nos lleva a suponer que es un libro para trazar cartas de navegación: *...y avia escripto gran parte de geometria practica en romançe, por parescerme que no ha salido desta materia en romançe cosa de vez y una distinta en siete libros*⁴⁴⁷

Al parecer, se refiere a la utilización de la geometría para la solución de problemas en el campo de cartografía, topografía y otros temas que se refieran a su especialidad. En los libros de García de Palacio encontramos varios temas de aplicación práctica de la geometría: *...y despues pensava escrevir otros siete de cosmographia y astronomia*.⁴⁴⁸ Aquí la propuesta es muy ambiciosa, pero si consideramos su edad y conocimientos le era posible hacerlo: *...y los año passados escrevi de astrologia judiciaria del qual libro me ha quedado el borrador*.⁴⁴⁹ En el fragmento nos muestra el interés particular que tenía por la adivinación del futuro mediante la lectura de los astros, temas muy comunes en los astrónomos de la época, como Tycho Brahe y Johanes Kepler. Ellos hacían horóscopos a los gobernantes en turno, y echaban mano de la medicina con herbolaria y astrología: *No he cargado tanto el juicio sobre este por no serme parescer cosa decente a religioso, aunque bien podriamos dejandonos de los que inmediateamente la impugnan*⁴⁵⁰ ...

Hay aquí diferencia de criterios en torno a la adivinación del futuro. Fray Alonso, por su parte, no creía en la magia ni en la adivinación.

3.25 Diego García de Palacio

La familia García de Palacio pertenecía a la burguesía cantábrica. Algunos eran miembros importantes del clero y tuvieron relación con la burocracia gubernamental y con el entonces intenso comercio marítimo vizcaíno. Diego García de Palacio nació, probablemente, en Beranga, cerca de Bilbao. Realizó sus estudios de licenciado en Derecho en la Universidad de Salamanca durante la década de 1550 y al estudiar las artes liberales, aprendió aritmética, geometría y astronomía. Se especializó en las áreas de China y Filipinas con base en los papeles tocantes a las islas del Poniente. Se ignora por qué cambió de ocupación hacia las letras y las leyes, aunque sin abandonar sus anteriores intereses.⁴⁵¹ Esto se reflejó en la investigación y documentación de los conocimientos técnicos para escribir algunas partes de su libro *Diálogos militares*.

⁴⁴⁷ Rada, 1576.

⁴⁴⁸ Rada, 1576.

⁴⁴⁹ Rada, 1576.

⁴⁵⁰ Rada, 1576.

⁴⁵¹ Mancho Duque, 2000: Ficha técnica de *Diálogos Militares*.

Sirvió al Consejo de Indias y su matrimonio con Isabel de Hoyo Solórzano, sobrina del secretario de Carlos V, impulsó su carrera como burócrata al servicio de la corona. En 1567 fue nombrado administrador de justicia en España,⁴⁵² y en 1572 fiscal de la Audiencia de Guatemala.⁴⁵³ En 1574 recibió el cargo de fiscal en la *Audiencia de los confines de la Nueva España* que abarca lo que es hoy Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras. A los dos meses de dicho nombramiento, fue promovido a “Oidor de la misma Audiencia”. Diego García de Palacio ya contaba para esa fecha con 50 años de edad, y durante los cuatro años que permaneció en el cargo informó, investigó y conoció diferentes regiones de América Central.

Para 1578, García de Palacio fue nombrado alcalde del crimen en México,⁴⁵⁴ pero permaneció tres años más en Centroamérica. Ahí, por orden del virrey don Martín Manríquez de Almanza, desarrolló su actividad técnica documental más importante, pues dirigió la construcción de dos barcos en el pequeño puerto astillero del Realejo, Nicaragua. Una de estas naves se llamó *Santa Ana*, de 400 toneladas. La otra embarcación, llamada *San Martín*, fue de 500 toneladas. Se trató de dimensiones medianas para los navíos de la época, pero su capacidad bastaba para cruzar el Pacífico.

Los barcos fueron construidos con la finalidad de patrullar la zona y defenderla de los piratas. Quizá ante la falta de tecnología naval de la región, Diego dejó la documentación técnica sobre la construcción de estas naves, la cual se encuentra en el capítulo cuarto del libro *Instrucción náutica*, que se imprimiría más tarde en México.

En 1579, Diego García de Palacio enfrentó un gran reto, pues fue nombrado Capitán general de la Armada por el virrey, debido a la presencia inesperada del corsario Francis Drake con el galeón *Golden Hind* de 100 toneladas. Las naves aún no estaban terminadas ni contaba con soldados ni marinos entrenados, por lo que Drake escapó con su botín.⁴⁵⁵

En 1581 llegó García de Palacio por Acapulco para tomar su puesto de alcalde del crimen en México. Inició su meteórico encumbramiento en la Nueva España. En ese mismo año, obtuvo el doctorado en Cánones de la Real y Pontificia Universidad de México, en reconocimiento a sus conocimientos y por haber sustentado el examen correspondiente. Fray Alonso de la Veracruz estuvo presente en la ceremonia.⁴⁵⁶ Para el 10 de noviembre de ese mismo año fue

⁴⁵² Arrónis, 1980: 151.

⁴⁵³ Mancho Duque, 2000: Ficha técnica de *Diálogos Militares*.

⁴⁵⁴ Arrónis, 1980: 89.

⁴⁵⁵ Arrónis, 1980: 155-159.

⁴⁵⁶ Arrónis, 1980: 161-162.

electo Rector de la Universidad, cargo que desempeñó hasta el 10 de diciembre de 1582. Fue también consejero del Santo Oficio.⁴⁵⁷

En 1583 publicó *Diálogos Militares* y en octubre de 1584 empezó a gobernar como virrey Pedro de Moya y Contreras, arzobispo de México e inquisidor general. Pedro de Moya inició, en secreto y desde la Inquisición, un exhaustivo proceso en contra de Diego García de Palacio. Para el 30 de abril de 1586, el virrey Moya y Contreras dictó un auto y retiró de sus funciones a Diego García de Palacio por seis años, además de entablar un juicio con más de setenta acusaciones.⁴⁵⁸ El juicio, no obstante, fue suspendido por la llegada de don Álvaro Manrique de Zúñiga, marqués de Villamanrique, a quien García de Palacio le dedicó su *Instrucción Náutica*.

En ese año, el virrey le encomendó *ver y trazar*⁴⁵⁹ un camino para carretas que fuera *durable y permanente* del Puerto de Veracruz a la Ciudad de México. Diego no concluyó la obra. En estas fechas, el virrey De Villamanrique comenzó un intento de privatización de la ruta a las Filipinas y vendió por un precio mucho menor de lo que costó la nao San Martín, a Lope García de Palacio, hermano de Diego.⁴⁶⁰ Éste iniciaría un negocio de importaciones de mercancía oriental. La familia García de Palacio invirtió la mayor parte de su patrimonio en comprar un cargamento que traerían de Filipinas a México. Los virreyes participaron en el negocio con monedas de plata que pertenecían a Felipe II, sin que éste estuviera enterado.⁴⁶¹

En marzo de 1587, Thomas Cavendish asoló la desprevenida costa del Pacífico. Quemó tres ciudades españolas y trece naves, castigó cruelmente a Huatulco y se dispuso a esperar la llegada de la riqueza de la nao de la China en el sur de Baja California. Para organizar la defensa de la Nueva España, el 28 de octubre, el virrey de Villamanrique nombró a Diego García de Palacio capitán general. Diego trató de organizar la persecución naval al corsario sin éxito. Su argumento fue que los vientos no le habían sido favorables para la búsqueda y combate de la piratería. Mientras tanto, Cavendish capturó a la nao Santa Ana procedente de las Filipinas cargada de tesoros y mercancía, pero desprovista de defensa naval. El Corsario ahorcó al canónigo de Manila don Juan de Armendáriz quemó la nao, y escapó por la ruta del Pacífico guiado por el piloto español Alonso de Valladolid. Dejó a los españoles sobrevivientes abandonados en Cabo San Lucas y los sobrevivientes reconstruyeron parte de la nave quemada y llegaron a México.

⁴⁵⁷ Arrónis, 1980: 163.

⁴⁵⁸ Arrónis, 1980: 105.

⁴⁵⁹ Arrónis, 1980, 109.

⁴⁶⁰ Arrónis, 1980: 126.

⁴⁶¹ Arrónis, 1980: 133.

Poco tiempo después, Lope García de Palacio, hermano de Diego, llegó a Acapulco con la carga del San Martín, pero la mercancía fue incautada por órdenes del Rey quien ya se había enterado del abuso de confianza cometido por el virrey de Villamanrique.⁴⁶²

Existe una ejecutoria real que suspendió a García de Palacio de su oficio como oidor durante nueve años, y se le sentenció a pagar una gran suma de dinero por abuso de su oficio de juez y visitador, aceptación de soborno, utilización de amenazas, por maltratar a los indios y por favorecer al último de sus cinco hermanos, Lope García de Palacio, asignándole 25 caballerías de tierra y derechos de agua para una prensa de azúcar.⁴⁶³

Para Diego García de Palacio fue el fin. Para pagar las culpas propias y la del virrey, sufrió la incautación de sus bienes, la reactivación del proceso judicial y la depresión consiguiente le provocó la muerte en 1595.⁴⁶⁴ Dejó en la ruina a su familia.

Su *Instrucción Náutica* es un manuscrito de arquitectura naval y es memoria o bitácora de construcción.⁴⁶⁵ Describió los métodos para la navegación con precisión matemática, el uso de instrumentos astronómicos para ubicarse en mar y tierra, y para elaborar mapas⁴⁶⁶ y empleó notación de números arábigos con algoritmos aritméticos modernos de cálculo.

Podemos afirmar con cierta precisión que entre 1582 y 1586, Diego actualizó las tablas del sol y de la luna de acuerdo con el calendario gregoriano.

Instrucción Náutica fue autorizada para imprimirse en la Nueva España por el virrey de la Nueva España don Álvaro Manrique de Zúñiga.

La *Carta-Relación de Diego García de Palacio a Felipe II sobre la Provincia de Guatemala del 8 de marzo de 1576*, fue un documento meticuloso, escrito con método geográfico y sentido práctico etnográfico que permitió conocer las tierras altas de la región maya en el siglo XVI. Proporcionó información del estado de la cultura antes y durante la inclusión de la presencia española, describió con detalle los datos cosmográficos que eran importantes para el dominio y explotación de la Audiencia de los confines de la Nueva España y describió con detalle la geografía, la economía, la organización política, social, militar y de justicia, los ritos, deidades y costumbres religiosas. Organizó la información con criterio geográfico y por grupos étnicos, clasificó 29 lenguas en 8 grupos lingüísticos; declaró que el conocimiento del pasado indígena era vital para la evangelización. Conjugó el

⁴⁶² Arróniz, 1980: 136.

⁴⁶³ Mancho Duque, 2000: Ficha técnica de *Instrucción náutica*.

⁴⁶⁴ Arróniz, 1980: 137.

⁴⁶⁵ Arróniz, 1980: 32.

⁴⁶⁶ Arróniz, 1980: 38.

conocimiento que tenía de la burocracia del Consejo de Indias. Elaboró recomendaciones para los futuros oidores y ordenanzas que fueron traducidas a lenguas mayas para organizar los ayuntamientos indígenas, y tasar de manera racional los tributos exigidos a las comunidades de la región.⁴⁶⁷

La descripción cosmográfica está en el estilo que los solicitaba la corona española, muy parecido a los datos requeridos en la expedición científica de Francisco Hernández de Toledo, quien por orden de Felipe II recorrió la cosmografía del centro de la Nueva España de 1574 a 1577.

En mayo de 1583, García de Palacio llegó a Yucatán como *juez visitador* de la Audiencia de México, en la fase final de los grandes cambios políticos, sociales y religiosos que trajeron los españoles. Sin embargo, sus disposiciones legales aportaron cambios que permanecieron vigentes muchos años.

Visitó 68 pueblos de los 200 que existían. Realizó una gran cantidad de informes de los cuales solo se han estudiado los correspondientes a los pueblos de Yucatán y Belice. Los documentos se integran en un volumen titulado *Visita de Diego García de Palacio a Yucatán, 1583*. Son documentos de carácter jurídico, pero muy valiosos como fuente para el estudio de la cultura Maya.

Diego llegó con amplias facultades con el objetivo de limitar el poder político y económico de los caciques, organizar y estructurar la vida de los pueblos con cabildos indígenas, y poner freno a las vejaciones y agravios de los españoles hacia los indios. Sin embargo, su intervención se interrumpió de forma abrupta en diciembre de 1583, por la muerte del virrey y dos oidores de la Audiencia de México. Antes de partir, dictó *Ordenanzas generales* donde ordenaba que los cargos de gobernador, alcalde, y regidores los ocupasen indígenas a quienes responsabilizó de la organización y desempeño de la comunidad. Les proporcionó normas de conducta cotidiana familiar bajo estrictos principios cristianos. A los españoles y a las castas les impidió vivir en los pueblos y les ordenó retirarse a más de 10 km, y les prohibió juntar a las mujeres en Camulnaes,⁴⁶⁸ acaparar el maíz y venderles vino.⁴⁶⁹

La visita de García de Palacio hizo que las disposiciones de carácter tributario y político que ya habían sido impuestas en el centro de la Nueva España, se establecieran de forma rápida y eficaz. Determinó un pago fijo de tributo y los caciques perdieron la facultad de determinar quién y cuánto tributaban. En resumen, estableció cuerpos de república que vigilaron y supervisaron el usufructo de derechos de los caciques.⁴⁷⁰

⁴⁶⁷ Jiménez Villalba, 1986: 67-69.

⁴⁶⁸ Vocablo maya españolizado, significa casa común donde se juntan las indias a tejer.

⁴⁶⁹ Ortiz Yam, 2009: 11-21.

⁴⁷⁰ Ortiz Yam, 2009: 39.

Son de considerable importancia también el ensayo sobre las Filipinas y una relación de los daños causados por el corsario Francis Drake en las costas del Perú.⁴⁷¹

El libro *Diálogos militares* consta de cuatro libros. Se lo considera un manual militar para campañas europeas. Tiene un registro de la táctica y logística militar española del siglo XVI. Diego diseñó un plan logístico de transporte desde España hasta Filipinas en grupos de 500, en una ruta que iniciaba en la Carrera de Indias; el cruce de América desde el Puerto Caballos, Puerto Cortés Honduras, al Golfo de Fonseca, y continuó por la ruta de la Nao de China a Filipinas. En este plan se aplicó lo descrito en *Diálogos Militares*.

El primer libro clarifica las condiciones éticas necesarias para que exista la *guerra justa*. Incluye toda la teoría para que un capitán conozca lo necesario de matemáticas y astronomía. También describe el armamento necesario para un soldado. En el segundo libro analiza y describe la batalla, su naturaleza y los objetivos. En el tercero, trata la fabricación de armas y de la pólvora, construcción de cañones y cómo se usan en la batalla. El libro cuarto trata sobre el cómo organizar y mover a los tercios en el campo de batalla, que en la época fueron tácticas muy novedosas: cómo organizar el mando, las comunicaciones y la jerarquía en el ejército, elementos tácticos muy usados en ese tiempo en Europa, pero de muy poca aplicación para la milicia americana.

3.26 Instrucción Náutica 1587

Instrucción náutica, para el buen uso, y regimiento de las naos, su traca, y gouierno conforme a la altura de México Compuesta por el doctor Diego García de Palacio fue impresa en México, en casa de Pedro Ocharte, en 1587. Consta de 5 libros.

En el primero trata la teoría y práctica de la náutica. Es una descripción elemental de las esferas celeste y terrestre: es una descripción de la división de la esfera terrestre según la latitud y la longitud, la posición de los polos y el ecuador y la trayectoria anual del sol por la esfera celeste como base teórica para entender la náutica. Después detalla la construcción y figura de la rosa de los vientos, y describe de forma somera la brújula para navegar en alta mar. Asimismo, detalla el uso de instrumentos de medición astronómica como el cuadrante astronómico, el astrolabio y la ballestilla, para obtener la latitud terrestre con el fin de saber en qué lugar del globo se está situado. También hay instrucciones precisas para calcular las horas del día y de la noche en los hemisferios boreal y austral.

⁴⁷¹ Mancho Duque, 2005: Ficha técnica, *Diálogos Militares*.

El segundo libro es un manual para construir tablas astronómicas y almanaques. Describe los movimientos del sol y la luna con el fin de predecir la regularidad de las mareas.

El tercer libro describe la predicción rústica del tiempo (meteorología popular), y brinda al lector las tablas para predecir las fases lunares, así como dos capítulos muy explícitos que versan sobre el uso y elaboración de mapas náuticos.

El cuarto libro es el relativo a la construcción de barcos. Describe con detalle y con dibujos, a modo de instructivo, este largo proceso. Narra paso a paso cómo hacer el casco, los mástiles y las velas (aparejos) de embarcaciones para el océano y las costas del Pacífico. También muestra al lector toda la plantilla del personal que debe tripular la nave, la administración y logística de una expedición, y un manual de operaciones para la guerra naval ofensiva y defensiva. Esta parte de la obra ha sido muy citada e incluso utilizada para hacer réplicas actuales, como la de la nao San Salvador del *Maritime Museum of San Diego*. Al final de la obra hay un útil glosario que explica los términos náuticos.

Tanto *Diálogos Militares* como *Instrucción Náutica* tratan de temas conocidos en su época. Como dato importante en cuanto al formato de redacción es de notar que el libro está escrito en diálogos entre dos personajes, un maestro montañés experto y reflexivo, y un aprendiz vizcaíno intrépido, listo y práctico. Este estilo era muy común en el Renacimiento.

Pero además de los dos documentos anteriormente mencionados, hay otros importantes, como sus cartas de relación que son un informe sobre las observaciones que hacía del entorno.

3.27 Navegación en Instrucción Náutica

La obra contiene instrucciones muy claras sobre la forma de tomar latitud por varios métodos astronómicos.

3.28 Uso del astrolabio marino

Así nos describe Diego García de Palacio cómo un marino obtiene la medida del ángulo solar con el horizonte:

Sabido y conocido (como se ha dicho) el punto del medio día, que quisiere tomar el Sol con el astrolabio en la mar, se assentará y se pondrá cerca del mástil mayor, que es donde la naue da menores vaybenes, y está más quieta; y colgado el dedo

segundo de la mano derecha de su anillo, pondrá el rostro y el astrolabio frontere del sol, derechamente, y conocerá que lo está por la sombra que el sol hace; y alçará o abaxará el penicidío, hasta que entre el sol igual por los agujeros delas pinnulas; y estando alsí tomara del astrolabio los grados, que muestra la punta alta del penicidío⁴⁷²...

3.29 Uso del cuadrante

Y de como realiza la operación antes descrita con otro instrumento, el cuadrante:

...tomará con ambas manos su cuadrante y ponga en ángulo superior alzando o bajando hasta que el rayo de sol entre por el agujero de la pínula más alta y pase por el agujero de la pínula baja, y estando el rayo derecho por ambos agujeros, mírese donde toca el hilo de la plomada y los grados que mostrare aquellos se toman del cuadrante y con ellos se hará la cuenta⁴⁷³...

3.30 Uso de la ballestilla

Y de cómo puede medir el ángulo de la estrella polar con el horizonte mediante el uso de otro instrumento más sencillo, la ballestilla o bastón de Jacob:

...y luego tomará su vara o virote y sonaja, y la cabeza se la pondrá en el lagrimal del ojo y alzará o bajará hasta que la parte baja del martillo vendrá junto con la estrella (del norte) y si no la alcanzare y se ajustare con ella; alargará el dicho martillo tanto que venga la parte baja con el horizonte y la parte alta, con la estrella, y los grados que señalare el llano del martillo en la vara, eso será los que abra el horizonte a la estrella; y luego se verá si le ha de añadir o quitar⁴⁷⁴...

3.31 Uso de tablas declinación solar

Diego García de Palacio indica con detalle el procedimiento para calcular la latitud geográfica en una fecha dada:

...estará advertido que a veinte de abril, a mediodía, se tome con el astrolabio la altura del Sol, y hallará que el Sol se había alzado sobre el horizonte 81 grados y para 90 faltan nueve; estos nueve añádalos con la declinación del Sol de aquel día y

⁴⁷² García de Palacio, 1587:f.16.

⁴⁷³ García de Palacio, 1587:f.15. Cfr: Garnier, 2014.

⁴⁷⁴ García de Palacio, 1587:f.40.

*hallará en las tablas que fueron 11 grados con 23 minutos; esto son los que vuestra merced está apartado del ecuador, y el sol estará entre vuestra merced y la línea.*⁴⁷⁵

3.32 La construcción naval en la Nueva España

En su tesis doctoral, Visiers⁴⁷⁶ nos hace un análisis muy detallado sobre la tecnología construcción naval, que quedó documentada en la obra de García de Palacio y se realizó en las costas occidentales de la Nueva España, en Guatemala y Nicaragua: *...el libro de Palacio, escrito por un gobernador de ultramar docto en leyes, es un claro referente del interés que la construcción naval despertaba en distintos ámbitos intelectuales y está considerado como el primer tratado de tecnología marítima.*⁴⁷⁷

Con el análisis de las obras de estos cuatro sabios podemos situar el estado del conocimiento de las ciencias exactas aplicadas a la cosmografía y la navegación, conocimiento que estaba en el ambiente intelectual del Imperio Español. En las conclusiones que se describen a continuación se plasmarán los resultados de esta

⁴⁷⁵ García de Palacio, 1587:f.32. Cfr: Garnier, 2014.

⁴⁷⁶ Visiers, 2015.

⁴⁷⁷ Visiers, 2015: 246.

4. Conclusiones

Investigar los acontecimientos del siglo XVI es abrir las ventanas de la historia y asomarse a momentos de una gran complejidad. Es impresionante el impacto del descubrimiento del Nuevo Mundo en el avance de las ciencias, la tecnología, los nuevos modos de comunicación e información para incrementar el poder del imperio. Estos sucesos hacen de ese siglo una emocionante época para ser estudiada, desentrañando las causas y efectos en la evolución del pensamiento.

Investigar los avances científicos de la cosmografía y la náutica, lleva a buscar los antecedentes que les dieron lugar, a conocer el entramado social, cultural, científico, ideológico y religioso, para poder entender porque sucedieron esos hechos.

Estas líneas conclusivas intentan motivar a la investigación que permita conocer esta época histórica y valorar las aportaciones al conocimiento y el desarrollo que lograron los hombres de ese tiempo y la resonancia en la época actual.

La aportación de historiadores, navegantes y sus documentos e importantes archivos que aún se conservan, son los trazadores que permiten dar seguimiento a la evolución del pensamiento en el siglo XVI, tema central de la investigación. También se ha hecho hincapié en el análisis de objetos que fueron creados con anterioridad, y que nos muestran los antecedentes del conocimiento que ya estaban presentes en el siglo XVI; a saber, cosmología, astronomía, matemáticas, lógica, cartografía, náutica, arquitectura, música y poesía. Todos estos son elementos que fortalecieron el conocimiento e hicieron posible el dominio del mar y del Nuevo Mundo, pues marcaron, con todos estos acontecimientos, el paso cultural del medievo a la modernidad.

Y no solo son importantes las obras. En el camino de la investigación se han incluido personajes que aportaron ideas, como Platón, Aristóteles, Pitágoras, Ptolomeo, Ramon Llull, e ideas prácticas como las de Alonso de Santa Cruz, Juan de Herrera, Andrés Urdaneta, fray Alonso de la Vera Cruz, Martín de Rada y Diego García de Palacio, entre otros.

Debido a la demanda de conocimiento de los reinos talasocráticos, desde el siglo XV, inició la utilización del instrumento y la máquina para conocer la naturaleza. Los modelos matemáticos se utilizaron más para entender y describir la realidad. Por la presencia de la imprenta, el conocimiento pasó de lo empírico a lo teórico, que se puede modelar y explicar en documentos. Así fue como se incrementó el conocimiento explícito basado en el conocimiento tácito.

La investigación historiográfica de la Nueva España en el siglo XVI no solo se agota con la conquista del Anáhuac, sino se continúa en el análisis histórico del

impulso conquistador hacia las islas Molucas, poderosa motivación inicial que lanzó a los ibéricos hacia el océano ignoto.

Los primeros intentos de explorar el hemisferio norte del océano Pacífico fueron de Hernán Cortés, pero fue disminuido por la burocracia imperial y la inestabilidad política de la Nueva España. El primer intento autorizado y bien organizado fue el de Pedro de Alvarado, y la autoridad del virrey Antonio de Mendoza impidió el éxito de esa expedición.

El éxito se logró por la suma de saberes obtenida en las expediciones anteriores, el esfuerzo de estado del rey Felipe II, la organización propuesta por Andrés de Urdaneta, y la conjunción de intereses políticos y económicos.

El efecto inmediato fue el poner en contacto al Imperio español con el imperio de los Ming en China. Todos estos esfuerzos concluyeron en la circunnavegación del mundo: se abrieron rutas de intercambio comercial y sobre todo, se dio paso a los conocimientos globales que aún cambian nuestra forma de percibir la realidad.

Como conclusión sintética, podemos afirmar que lo que hoy llamamos México, durante el siglo XVI, perdió el conocimiento de sus ciencias exactas originarias. Conoció y participó con muchos recursos humanos y materiales en la expansión del Imperio Español hacia el Oriente Asiático. En el proceso de investigación y difusión del conocimiento motivado por el estado, en la Nueva España se conoció y aplicó lo más adelantado del conocimiento matemático, pero no se desarrolló algo nuevo. La intelectualidad transitó del período que Elías Trabulse llama la “aclimatación de la ciencia organicista aristotélica” al período que inició en 1580 y que el mismo autor denomina “astrológico alquimista”⁴⁷⁸ por la interpretación y aplicación práctica de las ideas de Llull. Una vez que pasó la necesidad de explorar nuevas tierras, el desarrollo del conocimiento de ciencias exactas permaneció estático por razones de Imperio del Estado. Así se responde la inquietud que inició esta investigación, ¿qué sucedió con la ciencia en México en el siglo XVI?

⁴⁷⁸ Trabulse, 1983-1989: 26.

5. Bibliografía

Abenragel, H. (1475). *Libro completo acerca de la determinación de las estrellas* (vol. 1). Venecia: Erhard Ratdolt.

Agustín de Hipona (1983). *Confesiones / San Agustín*. Madrid: Espasa Calpe. Colección Austral.

Ahmes. (1550 a. C.). *The Rhind Mathematical Papyrus*. Londres: British Museum. EA10057. 14 lam.

Al-Kalili, J. "In retrospect: Book of Optics". *Nature*, núm. 518, pp.164–165.

Albuquerque, L. _(1974-1976) *Estudos de História* (6 vols.). Coimbra: Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra-AUC.

Albuquerque, L. _(1983). *Ciência e experiência nos descobrimentos portugueses*. Lisboa: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa Ministério da Educação.

Alcántar Ayón, V. (1991). *El Primer Horizonte: Médicos y farmaceutas Exploradores* (6 vols.). México: 1991. 6 vol.

Alejo Montes, F. J. (1998). *La Universidad de Salamanca bajo Felipe II. 1575-1598*. Burgos: Ed. Aldecoa.

Alfonso X el Sabio. (1807). *Las Siete Partidas del rey Don Alfonso El Sabio*. Madrid: Imprenta Real.

Alighieri, D.

_(2000). *Divina comedia*; versión poética y notas de Abilio Echeverría; prólogo de Carlos Alvar. Madrid: Alianza.

_(1995). *Convite; Monarquía; Disputa sobre el agua y la tierra*. Barcelona: Círculo de Lectores.

Alvarado, P. (1998). "Relación hecha por Pedro de Alvarado a Hernando Cortés, en que se refieren las guerras y batallas para pacificar las provincias del antiguo reino de Goathemala", pp. 184-188. En De la Torre, E. (comp.). *Lecturas Históricas Mexicanas*. Tomo I. México: Instituto Investigaciones Históricas UNAM.

Anglería, P. M. (2012). *Décadas del Nuevo Mundo*. ed. facsímil, (trad.) D. Joaquín Torres Asencio. Valladolid: Ed. Maxtor.

Anónimo. (1858-1866). "Segunda relación anónima de la jornada que hizo Nuño de Guzmán a la Nueva Galicia". En: *Colección de Documentos para la Historia de México*. García-Icazbalceta, J. México: Antigua Librería.

Ansí Palacios, M. (1919). *La escatología musulmana en la Divina comedia*. Madrid: Imp. E. Maestre.

Aramburu-Zavala Higuera, M. A.

_(1993). *Juan de Herrera y su influencia: actas del simposio, Camargo 14-17 julio 1992*. (comp.) Gómez Martínez, J. Camargo: Fund. Obra Pía Juan de Herrera.

_(2013) *Juan de Herrera. Estudio Crítico*. Madrid: Fundación Ignacio Larramendi.

Aramburu-Zavala Higuera, M. A., Soldevilla Oria, C. (2013). *Jándalos. Arte y Sociedad entre Cantabria y Andalucía*. Santander: Ed. Universidad de Cantabria.

Aristóteles. (1875). *Metafísica, Obras filosóficas de Aristóteles*, (trad.) Azcárate P.D. Madrid: Medina y Navarro ed.

Ashworth, Jr, W. B. (1990). "Natural History and the Emblematic World View". En Linderberg David C. (ed.). *Reprisals of the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

Aspe Armella, V.

_(2015). "Antecedentes histórico-filosóficos para una acertada interpretación de las obras lógicas de Alonso de la Veracruz". En Esquivel, N. (ed.). *Pensamiento Novohispano* 16 Toluca-México: Universidad Autónoma del Estado de México.

_(2018a). *Aristóteles y Nueva España*. México: UASLP.

_(2018b). *Approaches to the Theory of Freedom in Sor Juana Inés de la Cruz*. México: Aliosvientos-Colegio de Michoacán-UP.

Atlas, A. W. (1990). "Aggio lo Visto mappamondo: una nueva reconstrucción", en: *Studies in musical sources and style: essays in honour of Jan La Rue*. Wolf, E. K. y Roesner, E. H. (ed.). Madison, WI: AR Editions.

Aujac, G. (1993). *Claude Ptolémée, Astronome, Astrologue, Géographe: Connaissance et Représentation du Monde habité*. Paris: Editions du CTHS.

Bacchisio, R. M. (1947). *Il Compasso da Navigare, Opera italiana della metà del secolo XIII*. Cagliari: Annali della facoltà di lettere e filosofia dell'Università di Cagliari, VIII.

Bandini, A. M. (1754). *Vita e lettere di Amerigo Vespucci. Gentivomo Fiorentino Raccolte e Illustrate*. Firenze: Stamperia all'insigna di Apollo.

Bañales, G. (2011). *Francisco de Garay (Sopuerta 1475? - Mexiko 1523)*. Sopuerta: Museo de las Encartaciones.

Barandica Martínez, L. A.

_(2001). *En busca de la ruta occidental hacia el oriente. La expedición de Álvaro de Saaavedra Ceron*. Tesis para el grado de Licenciatura en Historia, Dir. Eva Alejandra Uchmany Weil. México: UNAM-FFyL.

_(2004). *De la Nueva España hacia las Islas del Poniente: la organización y viaje de los participantes en la expedición marítima al mando de Ruy Lopez Villalobos, 1542-1549*. [Tesis de maestría] México: UNAM-FFyL.

_(2012). *Andrés de Urdaneta en la Nueva España (1538-1568)*. en Barrón Soto, Ma. Cristina coord. *Urdaneta Novohispano: La inserción del mundo hispano en Asia*. México: Universidad Iberoamericana.

Barbosa, A. (1948). *Novos subsídios para a História da Ciência Náutica Portuguesa*. 2ª ed. Oporto: Instituto para a Alta Cultura.

Barrón-Soto, M. C. (ed.) (2012). *Urdaneta novohispano: la inserción del mundo hispano en Asia*, México: UIA, 2012.

Barros, J. (1628). *Decadas Primera Da Ásia de João de Barros: dos feitos que os portugueses fizeram no descobrimento & conquista dos mares & terras do Oriente*. Lisboa: Imp. Iorge Rodriguez.

Basalencque, D. (1886). *Historia de la Provincia de San Nicolás de Tolentino de Michoacán*. México: Tip. Barbedillo y Comp.

Beltrán de Guzmán, N. (1998). "Memoria de los servicios que había hecho. desde que fue nombrado Gobernador de Pánuco en 1525". En De la Torre, E (ed.). *Lecturas Históricas Mexicanas*. (Tomo I) México: Instituto Investigaciones Históricas UNAM.

Berthe, J. P. (1998). "Juan López de Velasco (Ca.1530-1598), Cronista y Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias: Su personalidad y su obra geográfica." (trad.) Mazín, O. *Relaciones*, vol. XIX, núm. 75, pp.142-172.

Betancourt Martínez, F. (2015). *Historia y cognición. Una propuesta de epistemología desde la teoría de sistemas*. México: Instituto Investigaciones Históricas, UNAM.

Beuchot, M. (1985). El Ars Magna de Lulio y El ars Combinatoria de Leibniz, *Diánoia*, vol. 31, no.31, pp. 183-194.

Bietenholtz, P. G. (2003). *Contemporaries of Erasmus* (vol.1-3) A-Z Toronto: Univ. of Toronto.

Boer, N. I. (2005). *Knowledge Sharing within Organizations*. Rotterdam: ERIM.

Boorstin, D. J.

_(1983). *The Discoverers, a history of man's search to know his world and himself*. New York: Random House.

_(1986). *Los descubridores*. Vol.I El tiempo y la geografía. Trad. Susana Lijtmaer. Barcelona: Hurope, S.L.

Burkert, W.

_(1962). *Weisheit und Wissenschaft Studien zu Pythagoras, Philoas und Platón*. Nuremberg: Hans Carl.

_(1972). *Lore and Science in Ancient Pythagoreanism*. Cambridge: Harvard Univ. Press. 1972. 535 p.

Calatrava, J. (1991). *Vitruvio, De Architectura*, Bilbao: Ediciones Klasikoak.

Calinas Correia, C. Al. (2010). *A Arte de Navegar de Manoel Pimentel (as edições de 1699 e 1712)*. Lisboa: Tese Mestrado de História dos Descobrimientos e da expansao, Faculdade da Letras da Universidade de Lisboa.

Campbell, T. (1987). "Portolan Charts from the Late Thirteenth Century to 1500". En Harley, J. B. y Woodward, D. (ed.). *Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and The Mediterranean*. Chicago: University of Chicago Press.

Carabias Torres, A. M. (2000). "La medida del espacio en el Renacimiento: la aportación de la Universidad de Salamanca". *Cuadernos de Historia de España*, núm.76, pp.185-202.

Cardona Suárez, C. A. (2012). "Tres modelos de explicación de la refracción: Bacon, Pecham, Witelo". *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía*, vol. 29 núm. 2, pp. 449-480.

Carman, C. C. (2010). "La Refutabilidad del Sistema de Epíclidos y Deferentes de Ptolomeo", *Principia* 14(2) pp. 211–239.

Castillo Martos, M. (2006). *Bartolomé de Medina y el siglo XVI*. Santander: Ed. Universidad de Cantabria.

Cervera Jiménez, J. A. (2008). "Martín de Rada (1533-1578) y su trabajo como científico en Filipinas". Actas del Congreso Internacional "*Relaciones entre España y China (1575-2005) ¿Sin Pasado? ¿Con Futuro? Pamplona 2008*". *Huarte de San Juan. Geografía e historia*. núm.15, 2008, pp. 65-77.

Cervera Jiménez, J. A. (2013). "Los planes españoles para conquistar China a través de Nueva España y Centroamérica en el siglo XVI". *Cuadernos Intercambio sobre Centroamérica y el Caribe*, vol. 10, núm. 12, pp. 207-234.

Cervera Jiménez, J. A. (2013). *Tras el sueño de China*. Madrid: Plaza y Valdés.

Clagett, M. (1970–1980). *Archimedes* en *Dictionary of Scientific Biography* (16 vols.). Gillispie, Charles C., ed. New York: Charles Scribner's.

Coín Cuenca, L. M. (1993). *Aspectos náuticos de los cuatro viajes colombinos*. Cádiz: Universidad de Cádiz.

Collado de Lebrija, L. (2005). "*Platica manual de Artilleria*". En: Mancho Duque, M. J. (ed.) *La ciencia y la técnica en época de Cervantes: textos e imágenes*. Salamanca: Ed. Universidad.

Colón, C. (1892). *Relaciones y Cartas*. Madrid: Librería de la Viuda de Hernando y C.

Comellas, J. L. (2012). *La Primera vuelta al mundo*. Madrid: RIALP.

Consort, W. (2000). *Spanish Music Of Travel & Discovery* [Disco compacto] EUA: Angel Records.

Copi, I. (2000). *Lógica Simbólica*. México: CECSA.

Cortés de Albarca, M.

_(1551). *Breue compendio de la sphaera y de la arte de nauegar...*, Seuilla: casa de Anton Aluarez.

_(2005). "Breve Compendio de la Sphaera y de la arte de navegar". En: Mancho Duque, M. J. (ed.) *La ciencia y la técnica en época de Cervantes: textos e imágenes*. Salamanca: Ed. Universidad.

Cortés, H.

_(1866). *Cartas y relaciones de Hernán Cortés al Emperador Carlos V colegidas e ilustradas por Pascual de Gayangos*. París: Imp. Central de los Ferro-Carriles A. Chaix y C^a.

_(1969). *Cartas y Documentos*. Int. Mario Hernández Sánchez-Barba. México: Porrúa.

Cotter, C. H. (1978) *Early Tabular, Graphical and Instrumental, Methods for Solving Problems of Plane Sailing*. Coimbra: UC Biblioteca Geral 1.

Coutinho, G. (1951-1952). *A náutica dos descobrimentos. Os descobrimentos marítimos vistos por um navegador* (2 vols.). Lisboa: Agência Geral do Ultramar.

Cruxent, J.M. (1972) "Algunas noticias sobre Nueva Cadiz (Isla de Cubagua) Venezuela", pp. 33-35. En: *Memorias de la Conferencia Geológica del Caribe. Margarita, Venezuela* (vol. 6). Venezuela: Universidad de Cornell.

Cuesta Domingo, M.

_(1983). *Alonso de Santa Cruz y su obra cosmográfica*. Madrid: Ed. CISC, Press.

_(2016). *Alonso de Santa Cruz. Estudio crítico*. Madrid: Fundación Ignacio Larramendi.

Da Costa, R. (2006). "Las definiciones de las siete artes liberales y mecánicas en la obra de Ramón Llull", *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. vol. 23, pp. 131-164.

De las Casas, B.

_(1986) *Historia de las Indias*. Caracas: Bib. Ayacucho.

_(1875-1876). *Historia de las Indias* (vol. 5). Madrid: Impr. Miguel Ginesta.

De Miguel Bosch, J. R. (2008). *Urdaneta y su tiempo*. Lasarte-Oria: Ayto de Ordicia.

Denis, M. F. (1845). *Historia de Portugal*. Barcelona: Imprenta del Fomento 1845. 368 p.

Díaz de Gámez, G. (1997). *El Victorial*. (ed.) Rafael Beltán Llavador. Salamanca: Universidad de Salamanca.

Díaz del Castillo, B.

_(1796). *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España* (Tomo IV). Madrid: Imprenta de Don Benito Cano.

_(1939). *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España* (2 vols.). México: Porrúa.

Díez Feyle, J. (2008). *Sumario Compendioso de las cuentas...* est. hist. M.A. Moreno Corral. México: UNAM.

Durham, F. y Purrington, R. (1989). *La trama del Universo: Historia de la Cosmología física*. México: FCE.

Dussel, E. (1969-1971). El Episcopado hispanoamericano, Institución misionera en defensa del indio, (1504-1620). Cuernavaca: CIDOC.

El Diwani, R. (2013). "Islamic Contributions to the West". *Revelation and Science*, vol. 3, núm.1, pp. 47-56.

Escalante de Mendoza, J. (1985). *Itinerario de Navegacion, de los mares y tierras occidentales 1575*. Madrid: Museo Naval.

Esparza, J. J. (2016). *La cruzada del océano: La gran aventura de la conquista de América*. Madrid: La Esfera de los Libros.

Espino López, A. (2000). "Las Indias y la tratadística militar hispana de los siglos XVI y XVII". *Anuario de Estudios Americanos*, vol. 57, núm. 1, pp. 295-320.

Este B., María; Esteller C., Rogelio M; Rondón de Esteller, Carmen A. (1992). *Diccionario topónimo del Estado Carabobo*. Valencia, Venezuela: Universidad de Carabobo.

Farré Olivé, E. (1998). "La Clepsidra de las gacelas del manuscrito de relojes de Al-Muradi". *Arte y Hora*, núm. 128H11, pp.10-18.

Fedorova, K. (2013). "La contribución histórica de A. T. Mahan. El análisis comparativo de los conceptos geopolíticos: estratégico-militar y natural-orgánico" *Universitas. Revista de Filosofía, Derecho y Política*, núm. 17, pp. 3-27.

Felipe II. (1576). *Ordenanzas de descubrimientos, nueva población y pacificación de las Indias*. San Lorenzo el Real del Escorial.

Fernández de Enciso, M. (1530). *Summa Geographia*. Sevilla: Juan Cromberger.

Fernández de Navarrete, M.

_(1825). *Colección de Viages y Descubrimientos...* (Tomo II). Madrid: Imprenta Nacional.

_(1837). *Colección de Viages y Descubrimientos...* (Tomo IV). Madrid: Imprenta Nacional.

Fernández del Castillo, F. (1945). *Don Pedro de Alvarado*. México: Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.

Fernández Uriel, P., González Wagner, C. López Pardo, F. (eds.) (2000). *Intercambio y Comercio Preclásico en el mediterráneo. I Coloquio del CEFYP*. Bardajoz: Imp. Granadizo Llerena.

Fernández, S. (2006). "Un Cuadro Filosófico: La Escuela de Atenas". *Sigma*, núm. 29, pp. 125-132.

Fest Avié, R. (1922). *Ora maritima (Periplus Massiliensis saec. VI. a. C.)* ed. Adolf Schulten. Barcelona: Bosch.

Fine, O. (1544). *Orontii Finaei ... Quadratura circuli, tandem inuenta & clarissime demonstrata ...* París: Lutetiae Parisiorum Apud Simonem Colinaeum.

Finkel, I.L. (1995). "A join to the Map of the World: a notable discovery". *British Museum Magazine: the-5*, pp. 26-27.

Fisher, D. (1994). *Altitude Hooks and Azimuth Rings. How to Build and use 18 traditional Navigatioal Tools*. Cadmen, Maine: International Marine/ Ragged Mountain Press.

Folch Fornesa, M. D. (2008). "Biografía de Fray Martín de Rada" Actas del Congreso Internacional "Relaciones entre España y China (1575-2005) ¿Sin Pasado? ¿Con Futuro? Pamplona 2008". *Huarte de San Juan. Geografía e historia*. núm.15, 2008, pp. 33-63.

Formaleoni, V. A. y Bianco, A. (1783). *Saggio sulla nautica antica de' Veneziani: con una illustrazione d'alcune carte idrografiche antiche della Biblioteca di S.*

Marco, che dimostrano l'isole Antille prima della scoperta di Cristoforo Colombo. Venecia: Presso l'autore.

Gaffney, V. et al. (2013). "Time and a Place: A luni-solar 'time-reckoner' from 8th millennium BC Scotland". *Internet Archaeology*, núm. 34.

Galilei, G. (1588). *Due lezioni all'Accademia fiorentina circa la figura, sito e grandezza dell'inferno di Dante 1588.* Firenze: Le Monnier.

Galvão, A. (1731). *Tratado dos descobrimentos antigos, e modernos, feitos até a era de 1550: com os nomes particulares das pessoas que os fizeraõ: e em que tempos, e as suas alturas, e dos desvairados caminhos por onde a pimenta, e especiaria veyo do India ás nossas partes; obra certo muy notavel, e copiosa.* Lisboa: Oficina Ferreriana.

Gama Pimientel Barata, J. (1971). A «Árs Nautica» do P. Fernando Oliveira *Enciclopédia de conhecimentos marítimos e primeiro tratado científico de construção naval (1570).* Lisboa: Centro de Estudos de Marinha.

García Cruz, J. A. (2006). "El arte de llegar a puerto: Matemáticas y Navegación desde la antigüedad hasta el siglo XVII". En: Marrero, I. (coord.). *Descubrir las matemáticas hoy. Documentos Congresuales.* Sta. Cruz de Tenerife: Pub. Universidad de La Laguna.

García de Céspedes, A. (1606). *Regimiento de Navegación.* Madrid: Iuan de la Cuesta.

García de Palacio, D.

_(1944). *Instrvción návthica, para el bven vso, y regimiento de las Naos, su traca, y gouierno conforme á la altura de México...* impresa en México en casa de Pedro Ocharte, 1587. Ed. Facc. Madrid: Ed. Cultura Hispánica.

_(2009). *Carta-relación de Diego García de Palacio a Felipe II sobre la Provincia de Guatemala, 8 de marzo de 1576. Relación y Forma...* Ver. Paleo. León Cázares, M. C.. México: UNAM.

García del Pilar, "Relación de la entrada de Nuño de Guzmán, que dió García del Pilar, su intérprete". En: García-Icazbalceta, J. (1858-1866). *Colección de Documentos para la Historia de México.* México: Antigua Librería.

García Hourcade, J. L. (2014). "De Tartaglia a Lechuga. El ingeniero artillero". En: Cámara Muñoz, A. (ed.) *Ingenieros del Renacimiento.* Segovia: Fundación Juanelo Turriano, UNED Segovia.

Garnier, J. M. (2014). *El Arte de Navegar en la Nueva España.* México: Novohispania.

Gingerich, O. (1973). "The role of Erasmus Reinhold and the Prutenic Tables in the Dissemination of Copernican Theory", *Studia Copernicana*, núm. 6, pp.43-62.

González Fernández, R. (2010). "Claudio Ptolomeo: Canto del Cisne de la Cartografía Antigua". *Antigüedad y Cristianismo*, vol. 27, pp.311-321.

Gortari, E. (2014). *La ciencia en la Historia de México*. México: Fondo de Cultura Económica.

Granada, M. A. (2007). *La cosmología de Dante*. En Ciencia y Cultura en la Edad Media. Actas VIII y X. Canarias: Ediciones Educativas Canarias.

Hamilton, E. J. (2000). *El tesoro americano y la revolución de los precios en España, 1501-1650* Barcelona: Grupo Planeta (GBS).

Hernández de la Fuente, D. (2011). *Vidas de Pitágoras*. Girona: ATALANTA.

Herodoto

_(2006). Los nueve libros de la historia / Herodoto; traducción P. Bartolomé Pou. 8va. Ed. Madrid: EDAF.

_(1850). *Historia*. (trad.). Larcher. Paris: Charpentier.

Hervás, L. (1801). *Catálogo de las lenguas de las naciones conocidas, y numeracion, division, y clases de estas segun la diversidad de sus idiomas y dialectos: Lenguas y naciones de las islas del los mares Pacífico e Indiano austral y oriental, y del continente de Asia*. (vol. II). Madrid: Adm. del real arbitrio de beneficencia.

Hillerkuss Finn, T. (1996). "Tasaciones y tributos de los pueblos indios de la provincia de Ávalos. 1535-1555". *Estudios de Historia Novohispana*, vol. 16, núm. 16, pp.15-32.

Hispalensis, I. (1473). *Etimologiae*. Strasburg: Johan Mentelin, ca.

Hook, D. H. y Norman, J. M. (1991). *The Haskell F. Norman Library of Science and Medicine* (2 vols.). San Francisco, CA: Jeremy Norman

Jiménez Villalba, F. (1986). "Reseña de García de Palacio, Diego. Carta-Relación. Relación y Forma. Ed. Facc. León Cázares, Ma. del Carmen. México: UNAM, 1983. 172 p." *Mayab*, núm. 2 pp. 67-69

Kahn, C. (2001). *Pythagoras and the Pythagoreans*. Indianapolis: Hackett Pub. Comp.

Kelley, D. R. (1997). *History and the Disciplines: The Reclassification of Knowledge in Early Modern Europe*. Rochester: University of Rochester Press.

Koestler, A. (2007). *Los Sonámbulos. Origen y desarrollo de la cosmología*. México: Consejo Nacional para la Cultura y la Artes.

Laercio, D. (1972). *Los diez libros de Diógenes Laercio, sobre las vidas, opiniones y sentencias de los Filósofos más ilustres* (vol. 2). (trad.) D. Josef Ortiz y Sanz. Madrid: Imprenta Real.

Le Goff, J. (1992). *History and Memory*. New York: Columbia University Press.

Le Roi, É. (1956). *Essai de la philosophie Première*. Paris: Presses Universitaires de France.

Lee, C. (1986). "Review of Complete Works by Johannes Cornago", *Music & Letters*, vol. 67, núm. 1 pp. 106-108.

León-Portilla, M.

_(2001). *Cartografía y Crónicas de la Antigua California*, México: UNAM, IIH, 2001. 210 p.

_(2009). *La visión de los vencidos*, México: UNAM, DGSCA, Coordinación de Publicaciones Digitales.

_(2015). *Francisco Tenamaztle, Primer guerrillero de América defensor de los derechos humanos*. México: Planeta.

_(2016). *Lo que supo y lo que no supo Hernán Cortés*. En Yuste López, C. coord. *A 500 años del hallazgo del Pacífico*. México: UNAM.

_(2017). *La Filosofía Náhuatl, estudiada en sus fuentes*. Prol. garibay K. Ángel Ma. México, UNAM IIH.

Lines Escardó, A. (1983). "Colón y Urdaneta, descubridores de los anticiclones del Atlántico y del Pacífico". *Revista de Historia Naval*, año 1, núm. 1, pp. 95-102.

Livieratos, E. (2008). *25 Centuries of Cartography and Maps. A tour from the Iones to Ptolemy and Riga*. Thessaloniki: Ziti Publishers.

Llull, R.

_(1635). *Arbor scientiæ venerabilis et cælitvs illuminati patris Ravmvndi Lvllii Maiorieensis, opys nyperrime recognition, reuisum & correctum*. Ex officina Ioannis Pillehotte, sumpt. Ioannis Caffin, & Francisci Plaignard.

_(1957-1960). *Obres essencials* (2 vols). Barcelona: Selecta.

_(1972). *Doctrina Pueril*. ed. Gret Schib. Barcelona: Barcino.

López de Mariscal, B. (2004). *Relatos y Relaciones de Viaje al Nuevo Mundo en el siglo XVI*. Madrid: Ed. Polifemo.

López de Velasco, Juan. *Geografía y descripción universal de las Indias recopilada por el cosmógrafo cronista Juan López de Velasco desde el año de 1571 al de 1574; publicada por primera vez en el Boletín de la Sociedad*

Geográfica de Madrid, con adiciones e ilustraciones por Justo Zaragoza. Madrid: Ed. Fontanet, 1894.

López Martínez, F. (2014). *Proyecto de Fin de Carrera “La Niña”*. [Tesis de Licenciatura] Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica.

Lucena Salmoral, M. (1982). *El Descubrimiento y la fundación de los reinos ultramarinos: hasta fines del siglo XVI*. Madrid: Ediciones Rialp.

Mack, P. (1993). *Renaissance Argument*. New York: E. J. Brill.

Maestre-Maestre, J. M. (2010). Humanismo y pervivencia del mundo clásico IV.5. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Mancho Duque, M. J. (ed.). (2005). *La ciencia y la técnica en época de Cervantes: textos e imágenes*. Salamanca: Ed. Universidad.

Maor, E. (1998). *Trigonometric Delights*. Princeton: Princeton University Press.

Marco Simón, F., Pina Polo, F. y Remesal Rodríguez, J. (eds.) (2010). *Viajeros Peregrinos y Aventureros en el Mundo Antiguo*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Mariño, P. (1978). *Tratados Internacionales de España. Carlos V. España-Portugal*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Martin-Casalderrey, F. (2000). *Cardano y Tartaglia, Las Matemáticas en el renacimiento italiano*. Madrid: Nivola Ed.

Martín-Meráz, L. (2011). “Las cartas portulanas. Origen y desarrollo”. En: Domingo, M.; Muñía I. (coord.). *Investigación, conservación y restauración de materiales y objetos cartográficos. Actas del curso celebrado en el Instituto del Patrimonio Cultural de España en noviembre de 2010*. Madrid: Ed. Sec. Gral. Tec., Ministerio de Ed., Cult. y Deporte.

Martínez Ruiz, E. (1999). *Felipe II, La Ciencia y la Técnica*. Madrid: Editorial Actas.

Martínez Ruiz, E. (ed.) (1999). *Actas del congreso Internacional La Ciencia y la Técnica en la época de Felipe II*. Madrid: FUNDESCO.

Martínez, J. L. (2014). *Documentos Cortesianos I, 1518-1528, Sec. I-III*. México: FCE.

Medina, J. T. (1990). *La imprenta en México* (8 vols.). Santiago de Chile: Imprenta del autor, 1907-1912. Reimp. facs. México: UNAM-IIB.

Medrano Enríquez, A. M.

_(2005). "En busca de los muertos en campos de batalla (Guerra del Mixtón 1541). La aplicación de técnicas arqueológicas". *Estudios de antropología biológica* 12, pp. 781-793.

_(2009). "Arqueología en un lugar de enfrentamiento bélico entre indígenas españoles durante la Guerra del Mixtón (1541)". En: García Targa, J. (ed.). *Arqueología colonial Latinoamericana. Modelos de estudio*. BAR International, pp. 53-63.

Mela, P

_(1642). *La Geographia de Pomponio Mela*. Trad. Luis Tribaldos de Toledo. Madrid: Diego Díaz de la Carrera, 1642.

_(1998). *De Chorographia, Description of The World*. Ed. y Com. Frank E. Romer. USA: University of Michigan Press.

Mercado Gómez, A. (1993). "Las andanzas de Nuño Beltrán de Guzmán por el Noroeste Novohispano: Conquista y Colonización de Compostela". *Clio*, núm. 9, pp. 41-45.

Molina Marín, A. I. (2010). "Estrabón, pomponio mela y plinio: las enciclopedias del saber". *Geographica: ciencia del espacio y tradición narrativa de Homero a Cosmas Indicopleustes. Antigüedad y Cristianismo XXVII*, pp. 257-282.

Monreal Sotelo, P. A. (2012, mayo 26). "La conquista del Sur de Jalisco". *El Puente*. Secc. Hagamos memoria, núm. 117.

Morales López, V. (2012). *Transferencia del conocimiento organizacional*. México: INFOTEC.

Moreno Corral, M. A. (2007). *Las ciencias exactas en México: La época colonial*. México: UACM.

Morris, C. (2012). *The Big Muddy*. New York: Oxford University Press.

Navarro Brotóns, V. (2000). "Astronomía y cosmografía entre 1561 y 1625. Aspectos de la actividad de los matemáticos y cosmógrafos españoles y portugueses". *Cronos*, vol. 3, núm. 2, pp. 349-380.

Navarro Loidi, J. (2002/2003). "Los Elementos de Euclides". *Un Paseo por la Geometría*, Divulga Mat, Real Sociedad Matemática Española. pp. 51-82.

Navarro, B. (1998). *Filosofía y cultura Novohispanas*, México: UNAM-IIF.

Neugebauer, O.

_(1969). *The exact sciences in antiquity*, 2nd ed. Mineola, N.Y.: Dover Publications.

_(1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. New York: Springer-Verlag.

Neugebauer, O. y Sachs A. (1945). *Mathematical cuneiform texts*. Michigan: American Oriental Society.

Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.

O'Gorman, E.

_(1972). *Cuatro historiadores de las Indias. Siglo XVI*. México: Ed. Patria.

_(1995). *La invención de América*. México: Fondo de Cultura Económica.

Ogilvie, B. W. (2008). *The science of describing: Natural History in Renaissance in Europe*. Chicago: University of Chicago Press.

Oliveira, F.

_(1555). *Arte da guerra do mar / nouamente escrita per Fernando Oliueyra...* Em Coimbra: per Iohão Aluerez.

_(1580). *Liuro da fabrica das naos / [...] composto de nouo p[e]llo licenciado Fernando Oliueyra*.

Oncken, G. (1890). *Historia Universal* (14 tomos). Barcelona: Montaner y Simon Ed.

Orella Unzué, J. L. (2006). "Los Vascos y sus relaciones mercantiles con Francia: Gazcuña y Aquitania (siglos XV-XVI)". *Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco*. 5, pp. 567-601.

Orozco y Berra, M. (1881). *Apuntes para la historia de la Geografía en México*. México: Francisco Díaz de León.

Ortíz Yam, I. y Quezad, S. (2009). *Visita de Diego García de Palacio a Yucatán. 1583*. Ed. anotada y crítica. México: UNAM-IIF.

Ortuño Sánchez-Pedreño, J. M.

_(2005a). "La Expedición de Ruy López de Villalobos a las islas del Mar del Sur y de Poniente. Estudio histórico-Jurídico". *Anales de Derecho*, núm. 23, pp. 249-292.

_(2005b). "Los afanes del adelantado de Guatemala, Pedro de Alvarado por descubrir y poblar en el mar del Sur". *Revista de Estudios Histórico-Jurídicos*, XXVII, 251-279.

Otazu, A. y Díaz de Durana, J. R. (2008). *El espíritu emprendedor de los vascos*. Madrid: Silex Ediciones.

- Pacheco, Joaquín F. (ed.) (1864-1884). *Colección de documentos inéditos relativos al descubrimiento, conquista y colonización de las posesiones españolas en América y Oceanía... [1ª Serie]* (24 vols.) Madrid: Impr. Manuel B. de Quiróz.
- Páez, J. (1542). *Relación del descubrimiento que hizo Juan Rodríguez, navegando por la contracosta del Mar del Sur al Norte, hecha por Juan Páez*. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.
- Parada Mejuelo, M. J. (2004). El galeón como producto resultante de la confluencia de las dos tipologías de construcción naval europea: la mediterránea y la atlántica. [Tesis de doctorado]. Coruña: Universidad da Coruña.
- Parodi, C. (1978). "La fundación de Santiestéban del Puerto y arribo de Garay al Pánuco". *Historia Mexicana*, vol. 27, núm.4, pp. 616-636.
- Pérez Camacho, J. J. y Sols Lucía, I. (1994). "Domingo de Soto en el Origen de la Ciencia Moderna". *Revista de filosofía*, núm. 12, pp. 455-476.
- Platón. (1999). *Timeo* (vol. 9), (trad.) Rodríguez-Huescar, A., Madrid: Gredos.
- Pline l'ancien. (1848-1850). *Historie Naturelle* (2 tomos). (trad.) Littre M. Émile. Paris: Dubochet.
- Plinio Segundo, C. (1624-1629). *Historia Natural de Cayo Plinio Segundo* (2 tomos). (trad.) Geronimo de Hverta. Madrid: Luis Sánchez-Juan Gonçalez.
- Plutarco (1830). *Las Vidas Paralelas de Plutarco. Traducidas de su original griego en lengua castellana por el Consejero de Estado D. Antonio Ranz Romanillos*. (tomo III). Madrid: Imprenta Nacional.
- Pohl, F. J. (1966). *Amerigo Vespucci, Pilot Major*. New York: Octagon Books.
- Polanyi, M. (2012). *Personal Knowledge; Towards a Post-Critical Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ponce Hernández, C. (coord.). (2007). *Innovación y Tradición en Fray Alonso de la Veracruz*. México, Fac. Fil. y Letras UNAM.
- Porphirii (1886). *Philosophi Platonici. Opuscula Selecta*. Ed. A. Nauck. Lipsiae: Typis B.G. TEVNERI.
- Portillo, Á. (1982). *Descubrimientos y Exploraciones en las costas de California*, Madrid: RIALP.
- Portuondo, M. M. (2013). *Ciencia Secreta. La cosmografía española y el Nuevo Mundo*. (trad.) Manuel Cuesta. Madrid: Iberoamericana.
- Powell, P. W. (2014). *La Guerra Chichimeca (1550-1600)*. México: FCE.
- Prieto, C. (1984). *El Océano Pacífico. Navegantes españoles del siglo XVI*. Madrid: Alianza Editorial.

Pseudo Dionisio Areopagita (2002). *Obras Completas: Los nombres de Dios. Jerarquía celeste. Jerarquía eclesiástica. Teología mística. Cartas varias*. Madrid: Biblioteca de Autores Cristianos.

Ptolemaei, C.

_(1515). *Almagestum*. Venecia: Petrus Lichtenstein.

_(1998). *Claudii Ptolemaei opera quae exstant omnia*, vol. III, 1: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΑ, ed. Wolfgang Hübner. Stuttgart & Leipzig: Teubner.

Ptolemy

_(1940). *Tetrabiblos*. Ed. Frank E. Robbins. Cambridge, MA: Harvard University Press.

_(1998). *Ptolemy's Almagest. Translated and annotated by Toomer Gerald J.* Princeton: Princeton Univ. Press.

Puig, L. (2008). "Historias de al-Khwārizmī (2ª entrega): Los Libros". *Suma*, Num 59, pp. 105–112.

Pulgar, Hernando del (1780). *Crónica de los Señores Reyes Católicos Don Fernando y Doña Isabel de Castilla y de Aragón / escrita por su cronista Hernando del Pulgar; cotexada con antiguos manuscritos y aumentada de varias ilustraciones y enmiendas*. Valencia: Imp. Benito Monfort.

Rada, M. (1576). *Carta de Martin de Rada al muy reverendo padre nuestro el maestro fray Alonso de la Vera Cruz provincial de los agustinos en la nueva España, Manila, 3 de junio de 1576*, Paris: Bibliothèque Nationale de Paris, Fonds Espagnol, 325.7 (M F 13184), f. 35-36.

Ramírez Sánchez, A. L. (2011). *Historia y Cartografía de América. Un estudio sobre la conformación del continente americano a través de las crónicas y mapas de 1492 a 1507*. Tesis para optar por el grado de maestría en historia, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México: UNAM.

Randles, W. G. L. (1984). *Portuguese and Spanish Attempts, to Measure Longitude in the 16th. Century*. Coimbra: Coimbra Ed. L.da.

Real Academia de Historia (2001). *Tesoros de la Real Academia de Historia*. Madrid: Ed. Real Academia de Historia.

Regiomontanus, J.

_(1543) *...epitome in Cl. Ptolemaei magnam compositionem...* Basilea: Apud Henrichum Petrum.

_(1967). *Regiomontanus on Triangles. De Triangulis Omnimodis. By Jhoann Müller, otherwise know as Regiomontanus*. London: University Wisconsin Press.

- Reisch, G. (1503). *Margarita Philosophica*. Freiburg: Joanne Schottu Agen.
- Rhodes, M. (2009). *The Book of Michael de Rhodes: A Fifteenth-Century Maritime Manuscript* (3 vols.). (eds.) Long, P. McGee, D. y Stahl, A. M. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ricard, R. (2013). *La Conquista Espiritual de México*. México: FCE.
- Ricklefs, M. C. (2001). *A History of Modern Indonesia Since C. 1200*. Stanford: Stanford University Press.
- Rioja, A. y Ordóñez, J. (1999). *Teorías del Universo* (vols. 1-2), Madrid: Ed. Síntesis.
- Rodríguez Lorenzo, S. M. (2016). "Política de sigilo en la Carrera de Indias: El Itinerario de Navegación de Juan Escalante de Mendoza". En Vian Herrero, A., Vega R. y Friedlein, M. J. (eds.) *Diálogo y censura en el siglo XVI. (España y Portugal)* Madrid/Frankfurt: Iberoamericana/Vervuet.
- Rodríguez Rodríguez, I. (1965). Historia de la Provincia Agustiniense del Santísimo Nombre de Jesús de Filipinas. V.13. Manila: Arnoldus Press.
- Rodríguez San Pedro-Bezales, L. E. Y Rodríguez, P. (2009). *Universidades hispánicas: Colegios y conventos universitarios en la edad moderna (II). Miscelánea Alfonso IX*. Salamanca: Ed. Univ. Salamanca.
- Rodríguez-Sala, M. L.
- _(1996). "Documento inédito para la historia de la ciencia en México: La observación del eclipse de Luna del 17 de noviembre de 1584". *Tzintzun, Revista de Estudios Históricos*, núm. 24, pp.131-139.
- _(1998). *El eclipse de Luna: Misión científica de Felipe II en Nueva España*. Huelva: Universidad de Huelva.
- _(2007). "La observación del eclipse de Luna. 17 de noviembre de 1584, Ciudad de México". *Elementos*, vol. 14, núm. 65, pp. 21-28.
- _(2017). *Vicencio de Nápoles. Relación del viaje del Capitán Álvaro de Saavedra Cerón al Maluco*. México: Archivo General de la Nación. Archivo Hospital de Jesús, legajo 433.
- Sacro Bosco, J. (1519). *Sphaera mundi*. Impressum Venetiis: per Iacobum Pentium de Leucho.
- Sahagún, B. (1830). *Historia General de las cosas de la Nueva España* (tomo 3). (ed.) Bustamante. México: Imp. Alejandro Valdéz.
- Sala Catalá, J. (1992). "El Cosmógrafo". *Historia de la Ciencia y la Técnica. España en los siglos XV y XVI* (tomo 14). Madrid: Ed. AKAL.

Salazar, L. M. (1809). *Discurso sobre los progresos y estado actual de la hidrografía en España*. Madrid: Imprenta Real.

Salvador Miguel, N. (2007). Libros y Lecturas de Cristóbal Colón. pp.123-140. En: López Castro, A. Cuesta Torre, M. L. Actas del X I Congreso Internacional de la Asociación Hispánica de Literatura Medieval (vol. I). León: Universidad de León.

Sánchez Flores, R. (1980). *Historia de la tecnología y la invención en México*. México: Salvat.

Santa Cruz, A. (1921). *Libro de la Longitudes*. (ed.) Blázquez y Delgado Aguilera, A. Sevilla: Tip. Zarzuela.

Schulten, A. (2006). *Tartessos: Contribución a la historia más antigua de occidente*. (trad.) García Morente, M., (prol.) Belch, M. España: Centro de Estudios Andaluces, Ed. Renacimiento.

Selin, E. (ed.). (1997). *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*. Netherlands: Springer Science+Business Media B.V.

Seta, C. (200). *La ciudad europea del siglo XV al XX: orígenes, desarrollo y crisis de la civilización urbana en la Edad Moderna y Contemporánea*. Madrid: Istmo.

Simão de Oliveira. (1606). *Arte de Navegar*. Lisboa: Pedro Crasbeek.

Sociedad de Literatos. (1832). *Diccionario Geográfico Universal dedicado a la Reina Nuestra Señora* (tomo V). Barcelona: Imp. José Torener.

Souto Mantecón, M. (2013). "Reseña de libro Urdenata Novohispano de Barrón Soto, Cristina". *Estudios de historia Novohispana, Revistas UNAM*, vol.48, pp. 215-225.

Souza Lima, C. C. (2012). *Arte, Técnica e Política: a arquitetura régia de Juan de Herrera e o projeto político de Felipe II da Espanha (1572 - 1597)*. São Paulo: Dissertação de mestrado, Faculdade de Filosofia, Letras e ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

Strabo. (1903). *Geography*. (trad.) Hamilton H.C. London: George Bell & Sons.

Strano, G. (2010). "La Astronomía antes de Galileo". *Investigación y Ciencia*. núm. 400, pp. 68-77.

Suárez Figaredo, E. (2012). "Antonio de Torquemada. Jardín de flores curiosas". *Lemir* no.16, pp. 605-384.

Tarnas, R. (1991). *The Passion of the Western Mind: Understanding the Ideas That Have Shaped Our World View*. New York: Ballantine Books.

Tartaglia, N. (1537). *Nova scientia, portada*. Venecia: Stephano da Sabio.

Taylor, A. S. (1853). *The First Voyage to the Coast of California, made in the years 1542 and 1543, By Juan Rodríguez Cabrillo and his Pilot Bartolome Ferrelo*. San Francisco: Le Count and Strong.

Teilhard de Chardin, P. (1974). *El Fenómeno Humano*. Trad. pról. y notas de M. Crusafont Pairó Madrid: Taurus.

Torchia-Estrada, J. C. (2004/2005). "Fray Alonso de la Veracruz: Ensayo de síntesis". *Cuyo. Anuario de Filosofía Argentina y Americana*, núm. 21/22, pp.145-149.

Toussaint, M. (1942). *Pátzcuaro*. México: Imprenta Universitaria.

Tsorlini, A. (2011). *Claudius Ptolemy (Geographia): Digital analysis, evaluation, processing and mapping the coordinates of Greece, the Mediterranean and the Black Sea, based on 4 manuscripts and 15 printed editions, from Vaticanus Urbinas Gr. 82 (13th cent.) until today*. [Tesis de doctorado] Salónica: Aristotle University of Thessaloniki.

Turriano, J. (1996). *Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano* (8 vol.) Madrid: Fundación Juanelo Turriano.

Unger, E. (1937). "From the Cosmos Picture to the World Map". *Imago Mundi*, vol.II, pp.1-7.

Valerio, V. (2007). "Geometria euclídea per la Navigazione: origine e uso de la della raxon de marteloio". En Caraci, L. Y D'Ascenzo A. (eds.). *Mundus novus: Amerigo Vespucci e la sua eredità*, Genova: Brigati, pp. 144-162.

Vallejo García-Hevia, J. M. (2008). *Juicio a un conquistador, Pedro de Alvarado. Su proceso de residencia en Guatemala (1536-1538)* (tomo I). Madrid: Marcial Pons Historia.

Vas Mingo, M. M. (1985). "Las Ordenanzas de 1573. Sus antecedentes y consecuencias". *Quinto Centenario*, vol. 8, pp. 83-101.

Velasco-Gómez A. (coord.). (2009). *Fray Alonso de la Veracruz: universitario, humanista, científico y republicano*. UNAM.

Velho, A. (1846). *A Journal of the first voyage of Vasco da Gama, 1497-1499*. London: Hackluit Society.

Vera Cruz, A

_(1942). *Investigación Filosófico-natural. Los libros del Alma. Libros I y II*, (intr.) Robles, O. México: Imprenta Universitaria.

_(2012). *Del Cielo*. Facs. 1573 (coord.) Ramos Lara, M.P. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.

_(2012). *Physica Speculatio*. Facsím. de 1557. Ed. María de la Paz Ramos Lara, Est. Hist. y Fil. Mauricio Beuchot, Int. Científica Marco Arturo Moreno Corral. México: UNAM. _(1942). *Investigación Filosófico-natural. Los libros del Alma. Libros I y II*, (intr.) Robles, O. México: Imprenta Universitaria.

Verlinden, C. y Pérez-Embid, F. (2006). *Cristóbal Colón y el descubrimiento de América*. Madrid: Rialp.

Vernadski, V. I. (1945). "The biosphere and the noösphere", *American Scientist*, v.33, núm. 1, pp. 1-12.

Vernet Ginés, J. (1979). *Estudios sobre historia de la ciencia medieval*. Barcelona: Bellaterra.

Veski, S., Heinsalu, A., Poska, A., Saarse L. y Vassiljev, J. (2007). The Physical and Social Effects of the Kaali Meteorite Impact – a Review. En Bobrowsky, P. T. y Rickman, H. *Comet/Asteroid Impacts and Human Society*. Ottawa: Springer.

Villani, G. (1991). *Cronica*. Parma: Fondazione Pietro Bembo.

Visiers Bañón, R. (2015). *La aportación de la Península Ibérica a la Tecnología Naval, analizada a través de la interpretación de documentos y la reproducción de los buques descritos en ellos (1570-1620)*. [Tesis de doctorado] Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Universidad Politécnica de Madrid.

Vitruvi Pol.lió, M. (1480). *De architectura*. Manuscrito de Felice Mateo (1467-1493), Valencia: Comunitat Valenciana.

Vitruvio Polion, M.

_(1992). *Los Diez Libros de la Arquitectura*. (ed) Ortiz y Sanz, J. Madrid: Ed. AKAL.

_(1995). *De Architectura. Opus in Libris Decem*. Madrid: Alianza Ed.

Waldseemüller, M.

_(2007a). *Cosmographiae Introductio (1507)*. Ed. Facc. México: UNAM.

_(2007b). *Introducción a la Cosmografía y las cuatro navegaciones de Américo Vespucio*. (trad.) Portilla, M. L. México: UNAM.

Wallis Diffie, B. (1977). *Foundations of the Portuguese Empire, 1415-1580. Volume 1 of Europe and the world in the Age of Expansion*. Minnesota: Minnesota Press.

Wedel, W. R. (1990). "Coronado, Quivira, and Kansas: An Archeologist's View". *Great Plains Quarterly*, GPQ 10, pp. 139-152.

Wilkinson Zerner, C. (1996). *Juan de Herrera: arquitecto de Felipe II*, v.8 de Akal Arquitectura Series. (trad.) Balsinde, I. México: Ed.Akal.

Williams, G. (1983). *La Reforma radical*. México: FCE.

Xirau, J. (2012). *Vida y Obra de Ramón Llull. Filosofía y mística*. México: FCE.