

Astronomía en el México del siglo XVI

Marco Arturo Moreno Corral
Instituto de Astronomía, UNAM, Campus Ensenada

RESUMEN

En este trabajo nos ocupamos de la astronomía que fue implantada en nuestro país a raíz de la conquista, así como de su utilización práctica y de su enseñanza teórica, para mostrar que al finalizar el siglo XVI la visión que los novohispanos tenían del cosmos era geocéntrica, aunque también mostramos que, precisamente al finalizar esa centuria, arribó a costas mexicanas el texto heliocéntrico de Nicolás Copérnico.

Palabras clave: astronomía en el México colonial.

ABSTRACT

In this paper we deal with the astronomy implemented in our country following the conquest, and its practical and theoretical use. We show that in the late sixteenth century, the vision that novohispanos had was geocentric cosmos, but also show that precisely at the end of that century, Nicolaus Copernicus heliocentric texts arrived to Mexican coasts.

Key words: Astronomy in the New Spain 16th Century.

INTRODUCCIÓN

Para hablar sobre el saber astronómico que se desarrolló en el México del siglo XVI deben hacerse varias consideraciones. Primero hay que tomar en cuenta que en las dos décadas iniciales de aquella centuria algunas culturas nativas tenían buen conocimiento de los astros. El violento cambio que significó la conquista afectó profundamente sus estructuras sociales pues, como una consecuencia de ese hecho histórico, vivieron un agresivo proceso de aculturación que, entre otros cambios, introdujo los conocimientos astronómicos de la cultura occidental, que no hallaron un nicho vacío, pues diversas culturas mesoamericanas habían desarrollado notables métodos de observación de los fenómenos celestes, que utilizaban para normar sus actividades productivas,

construir y orientar sus ciudades y monumentos, así como para construir una cosmovisión que les permitió entender su lugar en la naturaleza.

A pesar de aquel violento suceso, algunos datos, documentos y monumentos que informan sobre la riqueza del saber alcanzado por los astrónomos prehispánicos sobrevivieron,¹ para mostrar que, en varios casos, la precisión que obtuvieron con sus observaciones fue superior a la que tenían sus pares europeos. Esas culturas tuvieron verdaderos observadores del cielo que, a lo largo del tiempo, determinaron regularidades en los movimientos de los astros a través de la bóveda celeste. Gracias a las obras de algunos de los primeros cronistas coloniales, se sabe que los mesoamericanos habían agrupado las estrellas brillantes para formar constelaciones, evidentemente diferentes a las que creó la cultura occidental. Códices como el *Dresde* muestran que los conocimientos que estas culturas tuvieron de los movimientos planetarios fueron notables, particularmente los de Venus, aunque también pudieron distinguir a Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno. Ese y otros documentos muestran que se ocuparon de los eclipses solares y lunares y que pudieron predecirlos con un grado aceptable de precisión. Igualmente, se ha establecido que fueron capaces de determinar la duración del año solar con gran exactitud; además, las diferentes culturas mesoamericanas distinguieron objetos celestes como los cometas, las estrellas fugaces, la Estrella Polar y la Vía Láctea.²

Para ocuparse de la astronomía en el México del siglo XVI, también debe tomarse en cuenta que en aquella época esta disciplina no se diferenciaba de la astrología, por lo que al estudiar su desarrollo es difícil separar ambas disciplinas, por ello debe tenerse claridad entre lo que era la ciencia astronómica y lo que formaba el cuerpo de las ideas astrológicas. Aquí nos ocuparemos del desarrollo de la astronomía en el México del siglo XVI, por lo que toca a las premisas astrológicas, remitimos al lector a obras como la de José Miguel Quintana.³

Aunque las culturas nativas tuvieron su propia visión sobre la influencia de los astros⁴ (como se muestra el *Códice Durán* con a las observaciones e interpretaciones que hizo Moctezuma Xocoyotzin sobre la aparición del brillante cometa que se vio en la bóveda celeste en 1506), desde fechas tan tempranas como 1520, los españoles introdujeron el bagaje astrológico europeo. Gracias a cronistas como Bernal Díaz del Castillo se sabe que Blas Botello, uno de los soldados que acompañaron a Cortés, al que sus compañeros de armas llamaban “El Astrólogo”, trazó horóscopos y levantó pronósticos con los que determinó que el 30 de junio de aquel año ocurriría una catástrofe para las tropas hispano-tlaxcaltecas, si no salían de México-Tenochtitlán en esa fecha.

¹ Jesús Galindo Trejo, *Arqueoastronomía en la América Antigua*, capítulo 2, Madrid, Editorial Equipo Sirius, 1994.

² Guillermo Garcés Contreras, *Pensamiento matemático y astronómico en el México precolombino*, tercera parte, México, Instituto Politécnico Nacional, 1982.

³ José Miguel Quintana, *La Astrología en la Nueva España en el siglo XVII*, México, Bibliófilos Mexicanos, 1969. Véase en particular el capítulo, “El siglo XVI”.

⁴ *Ibidem*, capítulo introductorio.

Por órdenes del conquistador así lo hicieron pero, a pesar de los pronósticos astrológicos que hizo aquel personaje, no pudieron evitar la derrota, que sucedió precisamente en la fecha augurada, la cual es conocida en nuestra historia como la Noche Triste, fecha en la que, a pesar de “su saber”, Botello halló la muerte.

INTRODUCCIÓN DE LA ASTRONOMÍA OCCIDENTAL

Una vez lograda la conquista militar del Imperio Azteca, comenzó la construcción de la sociedad novohispana. Para llevarla a cabo fue necesario que los conquistadores conocieran el territorio ganado, sus recursos, las poblaciones que éste comprendía y la naturaleza del Nuevo Mundo, por lo que comenzaron a explorarlo tanto por mar como por tierra.⁵ En esta empresa tuvieron que recurrir a la astronomía, que les brindaba técnicas para determinar posiciones geográficas y rumbos para navegar, fijar fechas y orientar el trazo de las poblaciones que fueron fundando; también les sirvió de orientación en las actividades relacionadas con la agrimensura y deslinde de terrenos.

Este cuerpo de aplicaciones del saber astronómico es lo que podría llamarse “astronomía práctica”. Los marinos y los exploradores la usaban para guiar sus viajes, mientras que los encargados de parcelar los sitios donde se erigían las nuevas ciudades y pueblos fijaban los puntos cardinales mediante la observación de la salida y puesta del Sol sobre el horizonte local.⁶ Para ordenar las actividades de la sociedad, las autoridades civiles y religiosas necesitaban determinar las principales fechas del año, lo que también se hacía observando los astros. El tiempo mismo era establecido por el tránsito del Sol y la Luna a través de la bóveda celeste.

Todo ese conocimiento se adquiría por el contacto con gente experimentada que lo transmitía en forma directa a los jóvenes, sin que éstos tuvieran una educación formal. Muchos de los marinos que sabían guiarse por los astros eran analfabetos, lo mismo ocurría con buena parte de los que fundaron las primeras poblaciones de españoles de este continente.

Para establecer la latitud de un sitio determinado, se seguía el procedimiento de medir el ángulo que la Estrella Polar alcanzaba sobre el horizonte local, o bien se “pesaba el sol”, frase que significaba medir la altura de nuestra estrella sobre dicho horizonte, lo que se hacía usando astrolabios o ballestillas.⁷ Esta es la razón por la que, en los documentos antiguos, cuando se habla de la

⁵ Miguel León-Portilla, *Cartografía y crónicas de la antigua California*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1989.

⁶ Anónimo, *Puebla en el virreinato. Documento anónimo e inédito del siglo XVIII*, Puebla, Centro de Estudios Históricos de Puebla, 1965, pp. 1-5.

⁷ Véase el capítulo IV de Juan Mario Garnier, *El arte de navegar en la Nueva España*, México, Los libros de Homero, 2010.

latitud de una población, como por ejemplo de la Ciudad de Puebla, leemos que "...esta, pues, se halla veinte y dos leguas de la magnífica y opulentísima capital de México, al oriente. Su elevación de polo son diez y nueve grados y diez y ocho minutos".

Determinar la longitud geográfica era más complicado, pues para hacerlo era necesario especificar la diferencia horaria entre el lugar donde se hallaba la persona interesada y un meridiano de referencia, que para el caso del Imperio Español del siglo XVI era el de Cádiz. Como en esa centuria no se contó con relojes precisos, un navegante o explorador que necesitara establecer el tiempo en el sitio donde se encontraba tenía que recurrir a la observación de los astros; en particular a sucesos astronómicos como los eclipses—sobre todo los lunares—que podían ser vistos desde extensas regiones del planeta. Cuando el observador local finalmente lograba comparar las horas y minutos en los que había observado un eclipse particular, con los datos de los de uno que lo hubiera hecho en el meridiano de referencia, podía establecer la diferencia horaria entre esos dos puntos y así determinar la longitud del sitio donde se encontraba.

Fue con esos métodos que se determinaron las coordenadas geográficas de las principales ciudades americanas conquistadas o que se fundaron en aquella centuria. Como ejemplo temprano de la aplicación de la astronomía práctica, puede mencionarse que el virrey Antonio de Mendoza, poco tiempo después de su llegada a la Nueva España, en 1535, la aprovechó para fijar la longitud de la Ciudad de México. En ese año hubo dos eclipses lunares que pudiera haber observado desde esas tierras, pero ambos fueron penumbrales⁸ y, debido a esta característica, no sirvieron para hacer mediciones tendientes a establecer la longitud. En 1536 hubo otro eclipse lunar, pero fue parcial y tampoco fue útil para ese fin. En 1537 la Luna se eclipsaría totalmente en dos ocasiones: el 24 de mayo y el 17 de noviembre. El primero de estos eclipses no fue visible desde la Nueva España, pero en el segundo nuestro satélite estuvo sumergido en la sombra terrestre por 93 minutos, lo que dio un lapso muy adecuado para tratar de hacer mediciones de ese suceso, así que el virrey debió estar muy pendiente de él. En efecto, se sabe que observó ese eclipse. Sobre el particular le escribió al rey: "Si V. M. quisiera mandar averiguar la longitud que hay desde aquí a España por el eclipse que hubo el 16 de Noviembre pasado⁹, sepa que comenzó en esta ciudad medio cuarto de hora después de puesto el sol",¹⁰ refiriéndose al eclipse lunar del 16 de noviembre de 1537.

La importancia que la observación de eclipses tuvo para el desarrollo de la cartografía española fue muy grande, a tal grado que el rey Felipe II tuvo que ordenar a sus funcionarios y autoridades americanas, mediante las

⁸ Five Millennium *Catalog of Lunar Eclipses*, versión electrónica: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat/LE1500-1600.html>

⁹ El eclipse ocurrió para la Nueva España el día 16 de noviembre, mientras que para España tuvo lugar el 17.

¹⁰ María M. Portuondo, *Secret Science Spanish Cosmography and the New World*, Chicago, The University of Chicago Press, 2009, pp. 223-229.

Instrucciones para la observación de los eclipses de luna,¹¹ que los contemplaran e hicieran llegar los datos correspondientes a la Casa de la Contratación, ubicada en Sevilla, donde los cosmógrafos reales los utilizaron para construir los mapas de las regiones conquistadas. En la instrucción que se envió a América para que se observaran los dos eclipses lunares de 1584 (mayo 24 y noviembre 18), se describía además un instrumento de fabricación sencilla, que ayudaría a esas observaciones, se instruía a los observadores para que los datos resultaran homogéneos y se les decía a quien remitirlos.

Seguramente otros eclipses lunares fueron observados en la Nueva España durante el siglo XVI, ya que, como ya se ha mencionado, tenían gran importancia para las autoridades españolas. Así lo mostró el virrey Martín Enríquez de Almansa en octubre de 1577, cuando escribió:

Lo que había que hacer lo previne luego y despaché a la Ciudad de los Angeles [Puebla] y a Guadalajara y a Michoacán y a la Veracruz, porque para Oaxaca ya no había tiempo. Y por estar esta ciudad metida entre tierras envié diez leguas para que los que habían de hacer lo que se les demanda¹² estuvieren sobre una sierra por no haber otro lugar conveniente y sucedió lo que yo me temía que fue muy gran nublado y oscuridad de manera que no se pudo ver. Lo que se hizo en la Ciudad de los Angeles envió hay.¹³

A pesar de esos datos, es poca la información que se conoce sobre la observación de eclipses en la Nueva España, principalmente porque, debido a sus aplicaciones castrenses, fueron considerados secretos militares, ya que si la información correspondiente caía en manos de ingleses, holandeses y franceses, podía ser utilizada en perjuicio de los intereses del Imperio Español, por lo que el gran volumen de informes que llegaron a la Casa de la Contratación, fueron bien guardados después de que los utilizaron sus cosmógrafos. Esta situación ha sido ejemplificada con la información que ahí se halló sobre la observación del eclipse lunar ocurrido el 17 de noviembre de 1584, que fue cuidadosamente observado por al menos tres españoles desde la Ciudad de México.¹⁴

ASTRONOMÍA PARA MEDIR EL TIEMPO Y LA POSICIÓN

Otro aspecto del uso práctico de la astronomía en el México colonial del siglo XVI fue la determinación del tiempo, lo que en primera instancia se hacía

¹¹ Luis Vargas Rea (ed.), *Instrucción para la Observación de los eclipses de luna y cantidad de las sombras que su magestad manda hacer este año de mil quinientos y ochenta y cuatro, en las ciudades y pueblos de Españoles de las indias, para verificar la longitud y altura de ellos*, México, Biblioteca de Historiadores Mexicanos, 1953.

¹² Lo que se mandaba era observar los eclipses.

¹³ María M. Portuondo, *op. cit.*, p. 242.

¹⁴ María Luisa Rodríguez-Sala (ed.), *El Eclipse de Luna Misión Científica de Felipe II en la Nueva España*, Huelva, Bibliotheca Montaniana, Universidad de Huelva, 1998.

siguiendo el movimiento solar, lunar o de otros astros. No hay duda de que medir el paso de las horas a lo largo del día fue una necesidad de la sociedad novohispana para organizar sus diferentes actividades, así que, desde fechas tempranas, los españoles introdujeron los relojes en la naciente sociedad.¹⁵ Estos fueron de tres tipos: solares, de ampolleta y mecánicos. En los edificios públicos, iglesias, conventos, la universidad y otros sitios donde se reunía la población, se instalaron relojes de sol¹⁶ que, mediante el desplazamiento de la sombra del nomon, causada por la incidencia de los rayos solares, iba marcando el transcurso de las horas.

Para que estos instrumentos funcionaran bien era necesario construirlos calculando con precisión su orientación y los ángulos que debían tener respecto del horizonte, además de la ubicación específica en que serían instalados. Para ello se requería tener conocimientos más que elementales de los movimientos de los astros. Seguramente ésta es una de las razones por la que comenzaron a llegar a la Nueva España libros especializados en la construcción de este tipo de relojes, por ejemplo: el *Libro de los relojes solares* de Pedro Roiz (Valencia, 1575), o bien el *De solaribus Horologiis et Quadrantibus* de Oroncio Fineo (París, 1560) además del texto de Christophori Clavius titulado *Horologiorum nova descriptio*, publicado en Roma en 1599.¹⁷ Aunque muchos de aquellos marcadores del tiempo han desaparecido, todavía se encuentran algunos en antiguos edificios coloniales.¹⁸ Sorprendentemente, algunos aún funcionan.

También desde fecha temprana arribaron a la Nueva España los relojes mecánicos, que fueron instalados en edificios públicos como el de la Audiencia de la Ciudad de México (1554), o el que se instaló en 1548 en la iglesia de Tiritpetío, Michoacán. La necesidad de estos instrumentos causó que, en 1553, se construyera el primer reloj mecánico fabricado en nuestro continente, que fue hecho en la Ciudad de Puebla.¹⁹ Por otra parte, en los cursos que se daban en los colegios y la universidad, y en las actividades que se desarrollaban en los conventos, se empleaban regularmente los relojes de ampolleta, también conocidos como relojes de arena. En cualquiera de los tres casos, para que esos aparatos marcaran razonablemente bien las horas, era necesario ponerlos a tiempo, lo que se hizo mediante observaciones astronómicas del momento en que el Sol

¹⁵ Antonio Rodríguez Alcalá, "El patrimonio gnomónico de México, los cuadrantes solares coloniales del estado de Yucatán". *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, no. 10, julio-diciembre, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 2014, pp. 67-77.

¹⁶ Véase Fernando Benítez, *Historia de la Ciudad de México*, T. 2, México, Salvat Editores, 1984, pp. 100 y 104.

¹⁷ Véanse los registros de libros que arribaron a la Nueva España en el siglo XVI (Capítulo 4) de Marco Arturo Moreno Corral, *Implantación de la ciencia europea en el México colonial. Siglos XVI y XVII*, Ensenada, Edición del autor, 2004.

¹⁸ Eduardo Piña Garza, *Los relojes de México*. Capítulo III, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1994.

¹⁹ *Ídem*, capítulo IV.

cruzaba el zenit del lugar en cuestión, o bien por la noche cuando la Luna o alguna de las estrellas brillantes alcanzaban el meridiano del sitio de observación.

TEXTOS E INSTRUMENTOS ASTRONÓMICOS EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVI

Además del contacto directo con personas entrenadas en los usos prácticos de la astronomía, los interesados en esos conocimientos podían hallarlos en diversos libros no especializados, donde fueron plasmados con la intención de ser asequibles a públicos amplios. Estas obras comenzaron a llegar a estas tierras desde fechas tempranas.²⁰ Tal fue el caso de los *Reportorios* o de los *Regimientos*, textos españoles donde se incluía información sobre efemérides astronómicas como las tablas de declinación solar día a día, las fases y ciclos lunares (lunarios), algunas predicciones de eclipses, la altura del polo, además de temas que actualmente son del campo de la meteorología como el clima, las épocas de lluvia, etcétera.

Uno de los libros más usados por los novohispanos de la decimosexta centuria fue la *Chronographia o Reportorio de los tiempos* de Jerónimo de Chávez, originalmente impreso en 1554 en Sevilla, que tuvo muchas reimpressiones. En los inventarios de libros llegados a la Nueva España,²¹ encontramos que durante el siglo XVI circuló un número alto de ejemplares de esta obra, lo que indica que fue muy utilizada, pero no fue la única, ya que se ha identificado la presencia de otros textos similares utilizados por los novohispanos en ese periodo, como el *Regimiento de navegación*, de Pedro de Medina (Sevilla, 1563); el *Compendio de la arte de navegar*, de Rodrigo Zamorano (Sevilla, 1581); el *Tratado de Esphera y del arte de marear con el regimiento de las altura*, de Francisco Failero (Sevilla, 1535); el *Tratado de la esfera*, de Pedro Núñez (Lisboa, 1537); el *Reportorio perpetuo de los tiempos*, de Diego de Otañez de Escalante (Alcalá de Henares, 1584); el *Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar con nuevos instrumentos y reglas*, de Martín Cortés (Sevilla, 1551) por ejemplificar sólo algunos.

También como parte del uso práctico de la astronomía se hallaban los instrumentos de observación y medición de aquel tiempo: astrolabios, nocturnales, ballestillas, brújulas y cuadrantes astronómicos. Su manejo solía aprenderse de manera práctica con quienes ya sabían usarlos, como los marinos, pero también en libros como los que se han mencionado en el párrafo anterior, aunque igualmente los hubo más especializados como el *Elucidatio Fabricae Ususque Astrolabii*, de Johannes Stoeffler (Kobel, 1512); el *Astrolabium planum*, de

²⁰ Marco Arturo Moreno Corral, *Implantación de la ciencia europea...*, capítulo 4.

²¹ Véase Irving A. Leonard, *Los libros del conquistador*, Documento I, México, Fondo de Cultura Económica, 1979, pp. 319-325, o Miguel Mathes, *Santa Cruz de Tlatelolco: la primera biblioteca académica de las Américas*, México, Secretaría de Relaciones Exteriores, 1982, p. 33.

Joanes Angelus (Ausburgo, 1488); el *Commentarium in astrolabium*, de Juan de Rojas (París, 1550) y el *De astrolabio catholico et Usu Ejusdem* de Gemma Frisio (Amberes, 1556), obras que se ha demostrado entraron a la Nueva España durante el siglo XVI.²²

De este último personaje, que fue un célebre constructor holandés de instrumentos científicos, ha sobrevivido un magnífico astrolabio que actualmente se encuentra resguardado en el Museo Nacional de Historia del Castillo de Chapultepec, en la Ciudad de México. Este aparato, construido en Lovaina en 1554, fue hecho enteramente en latón. Es tan notable, que incluso en la actualidad sobresale entre los de su tipo, tanto por su tamaño de 33.10 cm de diámetro, como por su masa de 4.8 kg, así como por la fineza con la que sus diversas escalas fijas y móviles fueron grabadas. Los puntos de referencia para los que fue fabricado fueron las ciudades españolas de Granada y Málaga. Fue construido para don Francisco de Mendoza, hijo del virrey don Antonio de Mendoza y traído a la Nueva España en fecha incierta; seguramente fue utilizado para hacer observaciones astronómicas.²³ Pero éste no fue el único instrumento de su tipo que los novohispanos del siglo XVI utilizaron; ha quedado constancia documental del uso de astrolabios, ballestillas y nocturnales en las observaciones astronómicas que entonces se realizaban en estas tierras. Varios de ellos, aunque menores y menos notables que el mencionado, se encuentran en diversos museos del país, por ejemplo los astrolabios que exhibe el Museo Histórico Naval de la ciudad de Veracruz, de los cuales uno estuvo siglos sumergido en el mar, de donde fue rescatado.

Mención especial en esta sección requiere el texto *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las Naos*, escrito por Diego García de Palacio, Oidor de la Real Audiencia de la Ciudad de México y publicado en esa capital por Pedro Ocharte en 1587.²⁴ Este texto, que ha sido considerado el primero de su género por lo que respecta a la construcción naval,²⁵ dedica el capítulo inicial de los cuatro que lo constituyen a explicar la esfera celeste y los círculos principales que sobre ella se trazaban para entender los movimientos de los astros. En él se habla de las tablas de declinación del Sol, de la aguja de marear (brújula), del uso del cuadrante para determinar la altura del Sol, del uso del astrolabio y de la ballestilla, así como de la manera de determinar las horas nocturnas a través de la observación de la Estrella Polar. Incluye –y ello fue

²² Marco Arturo Moreno Corral, *Implantación de la ciencia europea...*, capítulo 4.

²³ Miguel Ángel Fernández Villar, *Sobre el astrolabio firmado por G. Frisius y G. Arsenius*, México, Museo Nacional de Historia del Castillo de Chapultepec, Instituto Nacional de Antropología e Historia, s.d.

²⁴ Existe una edición moderna de este libro publicado como el volumen VIII de la Colección de Incunables Americanos, Madrid, Ediciones Cultura Hispánica, 1944. También hay una edición facsimilar que publicó Editorial Maxtor (Valladolid, 2007).

²⁵ Othón Arróniz, *El Despertar Científico en América*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1980, pp. 32-33. Véanse las fuentes que este autor cita para mostrar la importancia del texto de García de Palacio.

una novedad en las obras de ese tipo— la forma de navegar en el hemisferio meridional, orientándose con la Cruz del Sur, y la manera de determinar la altura del Polo Austral. De este modo, el libro de García de Palacio fue el primer curso de astronomía práctica enfocada a marineros y exploradores publicada en todo el continente americano.

También debe mencionarse que el capítulo tercero de este libro se ocupó de la astrología, la cual el autor denominó “astrología rústica”. En dicho apartado García de Palacio incluyó algunas reglas fundamentalmente para realizar pronósticos sobre la ocurrencia de fenómenos climáticos, pero no tocó los temas tradicionalmente cubiertos en el corpus astrológico, como la elaboración de horóscopos o la pronosticación del devenir humano. Para hacer sus interpretaciones dijo que era preferible usar las “estrellas segundas” (nombre que él dio a los cometas), los halos que en ocasiones se ven alrededor del Sol y de la Luna y “cosas semejantes”.

LA ASTRONOMÍA TEÓRICA

Desde los primeros años de la nueva sociedad novohispana, diferentes personajes expresaron la conveniencia de contar con instituciones educativas adecuadas para la enseñanza de “los naturales” y españoles que la conformaban. Gran parte del proceso educativo recayó en los primeros religiosos que vinieron a estas tierras con la misión de evangelizar a los indios. Los franciscanos llegaron a la Nueva España con esa encomienda en 1524.²⁶ Dos años después arribaron los dominicos y en 1533 lo hicieron los agustinos. Como parte de su estrategia misional y educativa, estas órdenes fundaron instituciones como los colegios franciscanos de Santa Cruz de Tlatelolco y el de San Juan de Letrán, los Estudios Generales de los dominicos y el Colegio de San Nicolás en Michoacán, erigido por los agustinos. En ellos se enseñaron, con mayor o menor amplitud, las siete artes liberales del *trivium* y el *quadrivium*, surgidas en las universidades medievales, entre las que se encontraba la astronomía.

Un personaje que destacó como educador desde su llegada a la Nueva España fue Alonso Gutiérrez quien, al desembarcar en Veracruz en 1536, ingresó a la orden de San Agustín, tomando el nombre de Alonso de la Veracruz. Este notable maestro es considerado como el introductor de la filosofía en estas tierras.²⁷ También se le considera un importante teólogo y jurista, pero ante todo, un maestro.²⁸

²⁶ Jesús Francisco Galaz Fontes, “El catedrático novohispano: una semblanza general”, en David Piñera Ramírez (coord.), *La Educación Superior en el Proceso Histórico de México*, T. I, Tijuana, SEP, UABC, ANUIES, 2001, pp. 299-322.

²⁷ Elsa Cecilia Frost, “Fray Alonso de la Veracruz. Introductor de la Filosofía en la Nueva España”, en *Homenaje a fray Alonso de la Veracruz en el IV centenario de su muerte (1584-1984)*, México, UNAM, 1986.

²⁸ Antonio Gómez Robledo “Evocación de Alonso de la Veracruz”, en *Fray Alonso de la*

En 1540, Alonso de la Veracruz inició el primer curso escolástico de Artes que se impartió en la Nueva España a nivel universitario, en el Colegio Mayor que los miembros de su orden habían fundado en el convento de Tiritipetío, Michoacán.²⁹ Entre esa fecha y 1548, enseñó filosofía ahí y en los conventos de Tacámbaro y Atotonilco. Como parte de sus enseñanzas impartió lo que entonces se conocía como *Filosofía Natural, disciplina* que, siguiendo las concepciones aristotélicas, buscaba comprender los fenómenos naturales, entre los que se incluían el movimiento de los cuerpos, la naturaleza de las cosas, la estructura cósmica, los fenómenos meteorológicos, la constitución de la materia, así como el hombre y algunas de sus características.

Dentro de ese vasto campo de conocimientos, fray Alonso introdujo el estudio de los fundamentos de la astronomía. En 1557, como uno de los primeros profesores de la Real Universidad de México,³⁰ publicó la *Physica Speculatio* y dedicó parte importante de ese voluminoso libro al estudio de la *Physica* de Aristóteles. Este texto, cuyo objetivo era facilitar la comprensión de la visión aristotélica del mundo a los estudiantes novohispanos, es sin duda el primero que se escribió sobre física en todo el continente americano³¹ y sirve como fuente primaria para saber qué bases teóricas de la astronomía enseñó este personaje.

La *Physica Speculatio* fue escrita en latín y está compuesta por cuatro partes.³² La primera fue dedicada a comentar los ocho libros de la *Physica del Estagirita*. Al final de esa primera parte, al ocuparse del movimiento, fray Alonso incluyó algunas cuestiones de aritmética y geometría. A continuación, comentó los libros *De Generatione et Corruptione* y el *Metheororum*, obras igualmente aristotélicas. En esta parte habló de las dimensiones de la Tierra retomando las teorías de autores como Tolomeo y Alfraganus. Más adelante, habló de los cometas y aceptó totalmente la teoría cometaria de Aristóteles (según la cual estos astros son exhalaciones de aire caliente que, por fricción con la esfera de

Veracruz. *Antología y facetas de su obra*, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1992.

²⁹ Bernabé Navarro, "La filosofía de la naturaleza o cosmovisión aristotélica en fray Alonso de la Veracruz", en *Fray Alonso de la Veracruz Antología y Facetas de su Obra*, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1992, pp. 273-281.

³⁰ Véase capítulo IV de Cristóbal Bernardo de la Plaza y Jaen, *Crónica de la Real y Pontificia Universidad de México*, México, UNAM, 1931.

³¹ Marco Arturo Moreno Corral, "La *physica speculatio*, primer libro de física escrito y publicado en el continente americano", en *Revista Mexicana de Física*, Vol. 50, no. 1, junio, México, Sociedad Mexicana de Física, 2004, pp. 74-80.

³² Veracruz, Fray Alonso de la, *Physica Speculatio Aedita per R. P. F. Alphonsum a Vera Cruce*, México, Juan Pablos, 1557. Existe una edición facsimilar moderna, publicada como parte de la *Bibliotheca Mexicana Historiae Scientiarum*, por la Universidad Nacional Autónoma de México en el 2012. Editada por María de la Paz Ramos Lara y con estudios introductorios de Mauricio Beuchot y Marco Arturo Moreno Corral.

fuego, se encienden y se vuelven visibles). En esta parte de la *Physica Speculatio* también habló sobre la lluvia, las aguas fluviales y sus fuentes, así como sobre el flujo y el reflujo de los mares, los vientos, las nubes, los rayos, los halos y el arcoíris. A continuación comentó los textos aristotélicos *De Anima* y *De Caelo*; sobre éste último discutió la idea de la forma del cosmos, al que consideró esférico. También se ocupó del movimiento de los astros.

Todas las observaciones de Fray Alonso parten de la perspectiva filosófica de Aristóteles,³³ tal como lo muestran los encabezados de cada una de sus *speculatio*, por ejemplo: “Si el Universo es perfecto”, “Si el Cielo debe tomarse como cuerpo simple o como compuesto de materia y forma”, “Si un cuerpo simple tiene sólo un movimiento simple”, “Si todos los cuerpos simples tienen figura esférica”, “De los climas”, “Si toda la Tierra es habitable” y “Si el paraíso terrenal verdadera y realmente está en las partes de oriente”. Estas dos últimas secciones muestran la amplitud de temas que eran considerados como parte de la física en el siglo XVI.

Seguramente para darles a los estudiantes mayor información sobre el estado que guardaba el conocimiento astronómico de su época, fray Alonso incluyó como un apéndice de la *Physica Speculatio* una obra astronómica que, sin complicaciones filosóficas, explicaba detalladamente la estructura geocéntrica de lo que entonces se consideraba el universo, que en realidad era lo que ahora llamamos el sistema solar, más la “esfera de las estrellas fijas”.³⁴ Ese texto fue el *Tractatus de Sphaera*, escrito por el astrónomo italiano del siglo XIII Giovanni Campano de Novara, quien describió geométricamente el movimiento del Sol, la Luna y los planetas, con un estilo accesible para el público culto no especializado, pues el *Almagesto* de Tolomeo, fuente original de todo ese conocimiento, era un libro muy matemático. La motivación de fray Alonso al introducir en su libro esa obra se confirma al ver que en ediciones posteriores de la *Physica Speculatio*³⁵ la retiró para ampliar sus comentarios al *De Caelo*, incluyendo especulaciones como “Del número y orden de los cielos”, “De los excéntricos y los epiciclos”, así como “De los círculos que componen la esfera”.³⁶

Con el *Tractatus de Sphaera*, Alonso de la Veracruz introdujo a los estudiantes de los cursos de Artes novohispanos en las sutilezas del modelo geocéntrico, explicándoles cómo se movían los astros en torno a la Tierra, siguiendo órbitas perfectamente circulares. En esa obra, dividida en 54 capítulos, trató temas como: “Acerca de las esferas, de los círculos y forma de

³³ *Speculatio* significa interrogación u observación.

³⁴ En el modelo medieval del cosmos, heredado del Mundo Antiguo, el universo era esférico, con la Tierra inmóvil en su centro, rodeada por esferas concéntricas u orbes, giraban en torno a ella el Sol, la Luna y los planetas conocidos entonces, todo ello contenido por la esfera de las estrellas fijas, en la que se situaban las constelaciones.

³⁵ Ediciones de 1562, 1569 y 1573, Salamanca, España.

³⁶ Fray Alonso de la Vera Cruz, *Del Cielo*, en María de la Paz Ramos Lara (coord.), Mauricio Beuchot Puente (trad.), Roberto Heredia Correa *et al.*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.

movimiento de los siete planetas”;³⁷ “La Tierra no se mueve”; “La Tierra está en el medio del cielo”; “La Tierra es esférica”; “Acerca de la igualdad y desigualdad de los días y las noches”; “Acerca de la retrogradación de los planetas”; “Acerca del eclipse de Luna”; “Acerca del eclipse de Sol”, además de ocuparse de aspectos climáticos y meteorológicos.

Por su novedad, deben destacarse dos de esos capítulos, el 17 (“La Tierra no se mueve”) y el 52 (“Acerca de la comunicación de los planetas con el Sol en su movimiento”). La importancia de ellos fue comentada en 1974 por el Dr. Bernabé Navarro,³⁸ quien hizo notar que en esos capítulos había indicaciones de heliocentrismo. En un trabajo publicado en 2014, me he ocupado con mayor detalle de dichos capítulos.³⁹ El primero habla de la posibilidad de que la Tierra estuviera en movimiento, mientras que el segundo tiene implícito el modelo geo-heliocéntrico de Tycho Brahe. Por considerarlo de interés para el desarrollo histórico de la astronomía en nuestro país, a continuación reproduzco esas partes del texto de Campano de Novara en la versión de fray Alonso.

El primero de esos comentarios se encuentra en el Capítulo 17 del *Tractatus*, titulado “Que la Tierra no se mueve” que en su parte medular dice:

Aunque fueron pocos los que aceptaron la equivocada inclinación intelectual-unida más al descubrimiento estéril que al necesario entendimiento- que afirmaba que la esfera celeste no se mueve, sino que es la Tierra junto con todas sus partes la que gira, dando una vuelta completa todos los días y que nosotros no percibimos ese movimiento ni el de la Tierra, pero que se refleja en el cielo, al ver que éste se mueve al occidente, porque nosotros nos movemos al oriente. En la medida que si una embarcación sale de un puerto occidental y va hacia el oriente, sus navegantes verán que el puerto se mueve al occidente y que su nave permanece fija, porque el sentido no revela el movimiento, salvo con respecto a alguna cosa fija y por tanto los navegantes cuando están en alta mar sin punto fijo que los ubique y nada ven sino el mar, verán que es el agua la que se mueve.

Esta cita contiene una explicación no ortodoxa del movimiento diurno o movimiento de rotación terrestre, ya que, aunque habla de un giro diario de la tierra sobre su eje, lo niega por considerar como una verdad científica (además de un dogma de la Iglesia) que nuestro planeta estaba inmóvil en el centro del universo y que era éste el que giraba en su conjunto en torno a la Tierra.

En el capítulo 52 del *Tractatus*, bajo el título: “De la comunicación de los planetas con el Sol en su movimiento”, se encuentra el segundo comentario referente a sistemas del mundo no geocéntricos que hiciera de la Veracruz en la edición mexicana de la *Physica Speculatio*. Ahí puede leerse que:

³⁷ En la astronomía geocéntrica se consideró al Sol y la Luna como planetas, así que, junto con Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, eran siete cuerpos de ese tipo.

³⁸ Bernabé Navarro, (Ensayo introductorio, selección y notas a Nicolás Copérnico), *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, México, SEP, 1974.

³⁹ Marco Arturo Moreno Corral, *Copérnico y el heliocentrismo en México*, México, Academia Mexicana de Ciencias, 2014, pp. 58-59.

... no queremos omitir que el Sol dirige a todos los planetas en lo tocante a su movimiento, como si los poseyera y de acuerdo al desplazamiento solar todos los otros movimientos reciben forma. Porque los tres superiores, que son Saturno, Júpiter y Marte adecuan sus dos movimientos, que son el del centro del epiciclo moviéndose sobre la deferente y el que realizan sobre el epiciclo, con el movimiento del Sol en su excéntrico.

Luego de una explicación técnica sobre los movimientos de diferentes epiciclos y de las conjunciones planetarias con el Sol, afirma:

Por otra parte, Venus y Mercurio se comunican con el Sol, pues el centro de sus epiciclos siempre se halla en el mismo lugar que el centro del Sol, del lado del cual nunca se alejan. Y en toda revolución su epiciclo se junta dos veces al Sol, una en la parte superior cuando están en la vertical y la otra en la inferior cuando regresan.

Sin duda esta explicación de cómo Saturno, Júpiter, Marte, Venus y Mercurio se movían en torno al Sol, es una anticipación de lo que años más tarde habría de convertirse en el modelo híbrido enunciado por el célebre astrónomo danés Tycho Brahe.

Finalizaremos esta sección comentando que, aunque fray Alonso no cumplió con las ideas expresadas en esos dos capítulos, sí tuvo la honradez académica e intelectual de indicar a sus lectores que existían visiones diferentes al geocentrismo.

LA SPHAERA DE JOHANNES DE SACROBOSCO

Aunque el primer texto que se utilizó en la Nueva España para enseñar los fundamentos de la astronomía fue el *Tractatus* de Campano de Novara, en realidad el libro más usado por los novohispanos del siglo XVI para ese fin fue el *Sphaera Mundi* de John Holywood, matemático inglés del siglo XIII, mejor conocido como Johannes de Sacrobosco. Entre los libros astronómicos de los siglos XV al XVII, ésta fue la obra más utilizada, pues desde la edición princeps de 1472 hecha en Ferrara, Italia, se han identificado al menos 285 ediciones, reimpressiones o traducciones a lenguas vernáculas elaboradas en diferentes partes de Europa.⁴⁰

Esta obra está compuesta por cuatro capítulos; el primero explica –desde una perspectiva completamente geocéntrica– la estructura del cosmos, así como el número de esferas que lo forman según esa visión. El segundo habla de los círculos notables de la esfera terrestre (ecuador, polos, meridianos, paralelos) y su proyección sobre la esfera celeste (ecuador celeste, polos celestes, eclíptica, puntos solsticiales y equinocciales, coluros). El tercero se ocupa de la

⁴⁰ Johannes de Sacrobosco Editions of the *Tractatus de Sphaera*. Versión electrónica: <http://www.ghtc.usp.br/server/Sacrobosco/Sacrobosco-ed.htm>

salida y ocaso de las constelaciones entonces conocidas, que eran solamente las boreales. Igualmente, se trata la duración de los días y las noches. En el último capítulo se explican los movimientos de los planetas y las órbitas circulares que se describen en la esfera celeste, por lo que aquí se aborda el fenómeno de retrogradación, verdadero problema de la astronomía geocéntrica, que solamente pudo ser resuelto satisfactoriamente cuando se planteó el heliocentrismo copernicano. En esta parte, Sacrobosco también habla sobre los eclipses y sus causas.⁴¹

La prueba de que esta obra fue muy utilizada por los novohispanos se halla en el gran número de ejemplares, de diferentes ediciones, que han sobrevivido en nuestro país. Como ejemplos cabe mencionar que la Biblioteca Pública de Guadalajara custodia un incunable de la edición veneciana de 1485 de este texto, mientras que la Biblioteca Nacional de México resguarda ejemplares de las ediciones venecianas de 1531 y de 1545. En el mismo sitio está la impresa en París en 1564, así como la traducción al español realizada por Rodrigo Sanz de Santillana y Espinosa en Valladolid en 1568. Por otra parte, los inventarios de libros que llegaron a la Nueva España muestran que desde el siglo XVI hubo ejemplares de esta obra en nuestro país,⁴² más allá de los que se espera hayan llegado por azar o simple curiosidad.

Debe destacarse además, que los jesuitas del Colegio Máximo de San Pedro y San Pablo de la Ciudad de México, cuando por la escasez de libros de texto que sufrían al impartir sus cursos, solicitaron al virrey permiso para imprimir en su imprenta los que más necesitaban, uno de ellos fue precisamente la *Sphaera* de Sacrobosco. En este caso se trató del comentario que de ella escribió el italiano Francesco Maurolico en 1540 y que, en la versión novohispana, llevó el título *De Sphaera Liber unus*, con el siguiente pie de imprenta: "Mexici apud Antonium Ricardum in Collegio divi Petri & Pauli, 1578".⁴³ En esta obra, Maurolico habló de Copérnico pero, al estar convencido de la validez del geocentrismo, lo hizo en términos completamente contrarios al astrónomo polaco, ya que al comentar las diferentes ideas que se habían expresado en torno a los sistemas del mundo, escribió que dicho astrónomo merecía azotes en lugar de una refutación a su modelo.⁴⁴

⁴¹ Lynn Thordike, *The Sphere of Sacrobosco and its Commentators*, Chicago, The University of Chicago Press, 1949.

⁴² Marco Arturo Moreno Corral, *Implantación de la ciencia europea...*, capítulos 4 y 5.

⁴³ Joaquín García Icazbalceta, *Bibliografía Mexicana del Siglo XVI*, México, Fondo de Cultura Económica, 1981.

⁴⁴ *De Sphaera. Liber vnus. Reverendi Do. Francisci Mavrolyci, abbatis Messanensis, atque mathematici celeberrimi. Mexici apud Antonium Ricardum in Collegio divi Petri & Pauli, folio 28, verso.*

ALGO SOBRE HELIOCENTRISMO EN LA NUEVA ESPAÑA DEL SIGLO XVI

Al finalizar el siglo XVI, el arribo de obras astronómicas a la Nueva España, tanto de tipo práctico como de contenido teórico, continuó, tal como muestra un inventario de 678 libros que llegaron en 1600⁴⁵ desde Sevilla, enviados por Luis de Padilla y recibidos en el Puerto de Veracruz el 5 de julio de ese año por Martín Ibarra.⁴⁶ Sin tomar en cuenta aquellos que eran de carácter astrológico, o que tocaban temas de ese tipo (12 volúmenes), ese inventario aún contenía un número importante de libros astronómicos: seis textos de astronomía práctica, nueve de carácter teórico, cinco sobre instrumentos astronómicos y diez de tablas astronómicas usadas para facilitar cálculos y proporcionar efemérides sobre sucesos celestes como los eclipses, las conjunciones y las ocultaciones planetarias. Entre los de tipo teórico hemos encontrado varios ejemplares de la *Theoricæ Novæ Planetarum*, del astrónomo austriaco Georg Peurbach y su discípulo alemán Johannes Regiomontanus, publicada originalmente en Nuremberg en 1472, la cual constituye el último esfuerzo serio y consciente de salvar el geocentrismo.

Por otra parte, también debe mencionarse que, entre aquellos libros que entraron a la Nueva España al finalizar el siglo XVI, se hallaba un ejemplar del *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, igualmente impreso en Nuremberg, pero en 1543 por Joachin Rethicus. Este hombre fue alumno de Nicolás Copérnico y logró que el astrónomo polaco finalmente consintiera sacar a la luz la obra en la que formalizaba todo el aparato matemático para apoyar su concepción heliocéntrica del cosmos. Dicha obra habría de convertirse en uno de los puntos de inflexión que propiciaron la Revolución Científica ocurrida en los siglos XVI y XVII, la cual desembocó en la ciencia como ahora la conocemos.

114

COMENTARIOS

Sin duda, en el momento del encuentro del Viejo Mundo con las civilizaciones americanas, algunas de ellas habían alcanzado notables conocimientos astronómicos, muchos de los cuales se perdieron, sobre todo en el siglo XVI, debido a la violencia de la conquista, pero que han sido demostrados en los trabajos que han venido realizando diversos arqueólogos y astrónomos. Sin embargo, la introducción de la astronomía geocéntrica occidental hizo a un lado dichos avances por lo que no llegaron a contribuir al desarrollo astronómico general.

Una vez introducida la cultura occidental en la sociedad novohispana, necesitó de la astronomía. Primero lo hizo en su vertiente práctica pues, gracias a sus diferentes técnicas, permitió resolver diversos problemas que surgieron al explorar los nuevos territorios y ayudó a levantar los planos que

⁴⁵ Leonard A., *Los libros del conquistador*, páginas 352-383. Documento V.

⁴⁶ Miguel Mathes, *Santa Cruz de Tlatelolco*, páginas 36 y 37.

avalaban sus descubrimientos, y a fijar las coordenadas geográficas de las poblaciones que fueron surgiendo.

Por lo que se refiere a la teoría y a los fundamentos de la astronomía, la concepción física del cosmos que se enseñó en la Nueva España del siglo XVI, fue la del geocentrismo, que había estado vigente en Europa por más de dos mil años y que, después de varios “ajustes” llevados a cabo por los principales teólogos medievales, fue avalada y sostenida como dogma por la Iglesia. Aunque la cerrazón del Imperio español impidió la entrada de las nuevas ideas que entonces surgían en el Viejo Mundo en sus territorios, precisamente en el último año de esa centuria fue cuando llegó a México un ejemplar sobre la nueva astronomía: el *De Revolutionibus orbium coelestium* de Nicolás Copérnico.

La enseñanza teórica de la astronomía que se realizó en la Nueva España de aquel siglo se llevó a cabo mediante libros escritos en los siglos XIII y XV, que solamente podían tratar sobre geocentrismo. Sin embargo, a pesar de que fray Alonso de la Veracruz, quien introdujo la astronomía teórica entre los novohispanos, no hizo mención explícita a Copérnico en ninguna parte de la *Physica Speculatio*, al hacer suyo el capítulo 17 del *Tractatus* de Campano de Novara, retomó una de las ideas del autor polaco: la relativa a que la Tierra no está inmóvil, lo que es notable debido a que la publicación del texto copernicano se hizo en 1543, cuando nuestro personaje se hallaba dando clases en Tiripetío.

Una posible explicación para ese hecho singular es que el fraile supiera algo sobre el *Comentariolus*, obra copernicana previa, que circuló en forma manuscrita en Europa entre los notables de la astronomía de su tiempo y que llamó la atención de personajes relacionados con la vida académica de aquel continente. Es muy probable que nuestro agustino la conociera pues, antes de llegar al Nuevo Mundo, impartió cursos de Filosofía en la Universidad de Salamanca, que era la de mayor renombre en España durante ese periodo.

Debe señalarse que en las ediciones de la *Physica Speculatio* (1562, 1569 y 1573) que de la Veracruz publicó durante su estancia en España, transcurrida entre 1562 y 1573, el autor retiró el *Tractatus* de Campano de Novara para ampliar sus comentarios al *De Caelo* aristotélico. En la edición de Salamanca de 1573, hizo referencia explícita a Copérnico en la Especulación XIV, cuando habló de los círculos que componen la esfera, refiriéndose a él como neotérico.⁴⁷

Gracias a toda esta información, es posible afirmar que el primer texto escrito y utilizado para enseñar la astronomía geocéntrica en la Nueva España incluyó referencias a los modelos heliocéntrico y geocéntrico-heliocéntrico, así que puede decirse que, desde la introducción misma del geocentrismo en el México colonial, estuvo acompañado por la semilla del heliocentrismo, aunque habrían de transcurrir más de doscientos años para que éste fuera aceptado plenamente en nuestro país.

⁴⁷ Alonso de la Veracruz, *Del Cielo*, p. 156.

BIBLIOGRAFÍA

Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio. *Five Millennium Catalog of Lunar Eclipses*, NASA, 2010. Versión electrónica: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat/LE1500-1600.html>

Anónimo, *Puebla en el virreinato*, Documento anónimo e inédito del siglo XVIII, Puebla, Centro de Estudios Históricos de Puebla, 1965.

Arróniz, Othón, *El Despertar Científico en América*, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1980.

Benítez, Fernando, *Historia de la Ciudad de México*, T. 2, México, Salvat Editores, 1984.

Fernández Villar, Miguel Ángel, Sobre el astrolabio firmado por G. Frisius y G. Arsenius, México, Museo Nacional de Historia del Castillo de Chapultepec, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1976.

Frost, Elsa Cecilia, "Fray Alonso de la Veracruz. Introdutor de la Filosofía en la Nueva España", en *Homenaje a fray Alonso de la Veracruz en el IV centenario de su muerte (1584-1984)*, México UNAM, 1986.

Galaz Fontes, Jesús Francisco, "El catedrático novohispano: una semblanza general", en Piñera Ramírez, David (coord.), *La Educación Superior en el Proceso Histórico de México*, T. I, Tijuana, SEP, UABC, ANUIES, 2001.

Galindo Trejo, Jesús, *Arqueoastronomía en la América Antigua*, capítulo 2, Madrid, Editorial Equipo Sirius, 1994.

García de Palacio, Diego, *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las Naos*, Madrid, Ediciones Cultura Hispánica, 1944.

———, *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las Naos*, Valladolid, Maxtor, 2007.

García Icazbalceta, Joaquín, *Bibliografía Mexicana del Siglo XVI*, México, Fondo de Cultura Económica, 1981.

Garnier, Juan Mario, *El arte de navegar en la Nueva España*, México, Los libros de Homero, 2010.

Garcés Contreras, Guillermo, *Pensamiento matemático y astronómico en el México precolombino*, tercera parte, México, Instituto Politécnico Nacional, 1982.

Gómez Robledo, Antonio, "Evocación de Alonso de la Veracruz", en *Fray Alonso de la Veracruz. Antología y facetas de su obra*, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1992.

Leonard, Irving A., *Los libros del conquistador*, México, Fondo de Cultura Económica, 1979.

León-Portilla, Miguel, *Cartografía y crónicas de la antigua California*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1989.

Mathes, Miguel, *Santa Cruz de Tlatelolco: la primera biblioteca académica de las Américas*, México, Secretaría de Relaciones Exteriores, 1982.

Moreno Corral, Marco Arturo, *Implantación de la ciencia europea en el México colonial. Siglos XVI y XVII*, Ensenada, Edición del autor, 2004.

———, "La physica speculatio, primer libro de física escrito y publicado en el continente americano", en *Revista Mexicana de Física*, vol. 50, núm. 1, junio, México, Sociedad Mexicana de Física, 2004.

———, *Copérnico y el heliocentrismo en México*, México, Academia Mexicana de Ciencias, 2014.

Navarro, Bernabé, (Ensayo introductorio, selección y notas a Nicolás Copérnico), *Sobre las revoluciones de los orbes celestes*, México, SEP, 1974.

———, "La filosofía de la naturaleza o cosmovisión aristotélica en fray Alonso de la Veracruz" en *Fray Alonso de la Veracruz Antología y Facetas de su Obra*, Morelia, Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1992.

Piña Garza, Eduardo, *Los relojes de México*. Capítulo III, México, Universidad Autónoma Metropolitana, 1994.

Plaza y Jaen, Cristóbal Bernardo de la, *Crónica de la Real y Pontificia Universidad de México*, México, UNAM, 1931.

Portuondo, María M, *Secret Science Spanish Cosmography and the New World*, Chicago, The University of Chicago Press, 2009.

Quintana, José Miguel, *La Astrología en la Nueva España en el siglo XVII*, México, Bibliófilos Mexicanos, 1969.

Rodríguez Alcalá, Antonio, "El patrimonio gnomónico de México: los cuadrantes solares coloniales del estado de Yucatán", *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, no. 10, julio-diciembre, México, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía, 2014.

Rodríguez-Sala, María Luisa (ed.), *El Eclipse de Luna Misión Científica de Felipe II en la Nueva España*, Huelva, Bibliotheca Montaniana, Universidad de Huelva, 1998.

Sacrobosco, Johannes de, Editions of the Tractatus de Sphaera. Versión electrónica: <http://www.ghtc.usp.br/server/Sacrobosco/Sacobrosco-ed.htm>

Thordike, Lynn, *The Sphere of Sacrobosco and its Commentators*, Chicago, The University of Chicago Press, 1949.

Vargas Rea, Luis (ed.), *Instrucción para la Observación de los eclipses de luna y cantidad de las sombras que su magestad manda hacer este año de mil quinientos y ochenta y cuatro, en las ciudades y pueblos de Españoles de las indias, para verificar la longitud y altura de ellos*, México, Biblioteca de Historiadores Mexicanos, 1953.

118

Veracruz, Fray Alonso de la, *Physica Speculatio Aedita per R. P. F. Alphonsum a Vera Cruce*, México, Juan Pablos, 1557.

———, *Del Cielo*, María de la Paz Ramos Lara (coord.), Mauricio Beuchot Puente (trad.), Roberto Heredia Correa *et al.* (colaboradores), México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.