



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Filosofía y Letras
Instituto de Investigaciones Históricas
Programa de Posgrado en Historia de México

**La gnomónica a través de su
instrumental y su práctica en el espacio
nacional, durante el periodo colonial**

TESIS

que para obtener el grado de

Doctora en Historia

Presenta:

Olga María del Carmen Mucharraz González

Asesora: **Dra. Patricia Aceves Pastrana**



México 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres:
Por bajar la velocidad y permitirme ver las hojas enterradas en el pasto.
A la que me llevo de la mano,
Gracias mamá por enseñarme a valorar los libros y su contenido.
Gracias papá por tratar de enseñarme a pensar y a soñar

A mis hijos:
Olga Lysette y Enrique Alberto
Gracias por darme vida y energía para continuar.

A mis tesoros:
Valeria, Juan Pablo y los que vengan
Gracias por darme futuro

A Roció y Lupita, gracias por acompañarme en el buscar
A Pedro Luis, gracias por darme seguridad en el trabajar
A Manuel Antonio (+) gracias por tu sonrisa para recordar
A Lilia y a Juan, gracias por participar

A mi Universidad, por darme dos Facultades:
la Facultad de Filosofía y Letras,
que mantiene a Minerva presente en su enseñar
y la Facultad de Ingeniería, que mantiene una historia para valorar
Al Colegio de Historia

A mis alumnos y ex-alumnos, motor y vida.
Por las preguntas que no he podido contestar y me han puesto a trabajar

INDICE

	AGRADECIMIENTOS	
	PLÁTICAS CON EL VIENTO	5
	INTRODUCCIÓN	11
1	EL RELOJ DE SOL Y SUS COMPONENTES. HISTORIA Y TÉCNICA.	23
1.1	El reloj de sol en el tiempo.	24
1.2.	El reloj de sol y la construcción del tiempo griego	35
1.3	Gnomónica y conocimiento.	42
1.3.1	Componentes básicos de la práctica	48
2	DELIMITANDO EL TIEMPO Y EL ESPACIO. LOS COMPONENTES DISCIPLINARES DE LA GNOMÓNICA	51
2.1	Ciencia y lenguaje	53
2.2	Aprendiendo en la historia a escribir y a contar.	57
2.2.1	La letra y el número	59
2.2.2	El número y la operación. Sus símbolos y sus significados.	53
2.3	La temporalidad de las ciencias de la gnomónica	68
2.4	Origen y evolución del conocimiento.	75
3	CIENCIA Y RELIGIÓN	81
3.1	Mito y conocimiento	82
3.2	Simbolismo y gnomónica	85
3.3	Calendarios y gnomónica.	86
3.3.1	Gnomónica y comunidades.	90
3.4	Imagen y representación	102
4.	TEXTOS E INTRODUCCIÓN A LA GNOMÓNICA. RELOJES DE SOL E IMPERIO ROMANO	111
4.1	Plinio El viejo y El cielo	114
4.2	Las reglas de Marco Lucio Vitrubio Polión	116

4.3	Ovidio. Narciso y Villa Adriana o relojes de sol que no parecen reloj de sol.	119
5.	EL ESPACIO DE LA GNOMÓNICA COLONIAL. SIGLO XVI	127
5.1.	Cosmogonía y práctica.	132
5.2	Gnomónica e iglesia	148
5.3	Gnomónica y vida civil	154
5.4	Relojes primitivos	155
6	LOS LIBROS Y LA PRÁCTICA NOVOHISPANA DE LA GNOMÓNICA.	161
6.1	La gnomónica en la Universidad	162
6.2	Textos de divulgación	169
6.2.1	Tratado de Reloges de Pedro Roiz (1575).	171
6.2.2	Compendio de la Carpintería de lo blanco del Tratado de Alarifes, de Diego de Arenas.	176
6.3	El saber especializado: los libros en torno de la gnomónica	183
6.3.1	Los libros del saber de la gnomónica anteriores a la reforma gregoriana	187
6.3.2	Los libros del Colegio Romano en el territorio colonial	203
7.	GNOMÓNICA: LA BÚSQUEDA POR LA DEFINICIÓN. RELOJES ECSIOTÉRICOS Y CATRÓPTICOS: CAMPOS DEL CONOCIMIENTO.	207
7.1	Clavius y la gnomónica	209
7.1.1	La obra matemática de Cristoph Clavius	212
7.1.2	Gnomonices libri octo	218
7.2	Kircher, la catóptrica y la gnomónica	240
7.2.1	A propósito de las palabras o los métodos de la <i>catóptrica horologica</i>	241
7.2.2	De los medios e instrumentos de la <i>catóptrica horologia</i> .	253

8.	INSTRUMENTOS DE LA GNOMÓNICA	259
8.1.	Las ciencias y la gnomónica	260
8.1.1	Instrumentos no mencionados y fundamentos no especificados.	270
8.1.2	Astrolabios y bastones jacobeos	271
8.1.3	El cuadrado geométrico.	278
8.2	Medición y observación en la gnomónica	281
8.3	Los instrumentos de gnomónica en el espacio de la reforma gregoriana.	286
8.4	La gnomónica y su hacer en los textos del siglo XVIII	295
8.5	De los textos y los versos a la herramienta y el quehacer.	306
9	DE LAS FORMAS DE LOS RELOJES. LOS TEMAS Y MODOS DE LA GNOMÓNICA	319
9.1	Formas y construcciones	322
9.2	La gnomónica eccliotérica	334
9.2.1	Relojes franciscanos eccliotéricos o de sombra	334
9.2.2	Relojes eccliotéricos o de sombra en Tepetzotlán	342
9.3	De los libros a la práctica. Relojes catrópticos: jesuitas y franciscanos	350
9.3.1	Los relojes de Tepetzotlán	359
9.3.2	Los relojes catrópticos franciscanos, Nuestra Señora de Ocotlán	370
9.4	Los referentes visuales de la gnomónica	377
	CONCLUSIONES	385
	BIBLIOGRAFÍA	

AGRADECIMIENTOS

Considerando que un trabajo no solo es resultado de un caminar, agradezco a todos aquellos que colaboraron para el logro del mismo, en especial, a mí Comité Tutorial: A la Dra. Patricia Aceves Pastrana, por una dirección de tesis en confianza y con amistad, a la Dra. Evelia Trejo Estrada, por una asesoría fraterna y acompañante así como una revisión tenaz, al Dr. Elfego Ruiz Schneider por su gran paciencia al enseñar y permitir un diálogo interdisciplinar, a los tres por esas sesiones de búsqueda y dirección. A la Dra. Martha Fernández y al Dr. Rubén Romero, por la revisión y comentarios a este trabajo.

A mis maestros de la Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Historia, por darme las herramientas para encontrar aquello que un día busque comprender.

A los maestros de la Facultad de Ingeniería, su director Mtro. Gonzalo Guerrero y en particular a aquellos conocidos como TLC, por todas aquellas charlas entrañables que contribuyeron a que se pudiera atrapar un rayo de sol. A la División de Ciencias Sociales y Humanidades, de la Facultad de Ingeniería, Mtro. Gonzalo López de Haro y Lic. Enrique Fabián, por su apoyo a todos los eventos que este trabajo implicó. Al Ing. José María Cid quien aportó el primer reloj de sol para iniciar una reflexión. A los Ingenieros: Lourdes Arellano Bolio, Octavio Estada, Jorge Navarro(+), Humberto Rodríguez y Cayeros, José Sánchez, Víctor Pinilla, Baltasar Chávez Espino y Cesar Enrique Benítez, Alumnos y claustro académico de la Facultad de Ingeniería, gracias a aquellos que han colaborado aún sin saberlo y aquellos que lo hicieron sabiéndolo.

Al equipo de personas que acompañaron en la búsqueda del material fotográfico: mis hijos, mis hermanas, mis alumnos, mis compañeros de trabajo, mis amistades, quienes se constituyeron como colaboradores de investigación: conociendo y escudriñando azoteas, templos y observando rayos de sol.

Al Maestro en Letras Clásicas y en Biblioteconomía Don Jorge Arellano Trejo, por su trabajo de traducción así como por su compromiso y entusiasmo. Gracias por la margarita.

Al Instituto Nacional de Antropología e Historia, bajo la dirección del Lic. Alfonso de María y Campos Castelló por su trabajo en el preservar, en especial al Museo Nacional del Virreinato, en Tepetzotlán estado de México, su directora Lic. Cecilia Genel, su Subdirectora Técnica, Lic. Ana San Vicente, al personal de salas que ha colaborado en las visitas al sitio permitiendo las condiciones de observación y estudio necesarias, así como al grupo de custodios que acompañaron las visitas nocturnas: Ana María Campos Villegas, Virginia Cid del Prado, Estela Dorantes Juárez, M^a. Inés Gutiérrez Moreno, Alberta Obispo Abarca, Armando Sánchez Ramírez, Gerardo Sánchez Vázquez y Margarita Vargas Guzmán, en especial al señor Enrique Valente Olmos Terrazas.

Al personal del Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional por su labor profesional y su apoyo solidario.

Al personal del Archivo franciscano en Celaya

A la Dirección del Museo de Guadalupe en Guadalupe, Zacatecas, la Lic. Guadalupe Rosa María Franco Velasco y al personal de la biblioteca Elias Amador, en la ciudad de Zacatecas.

A la memoria de Don Federico Sescosse Lejeune y a su familia, como un humilde reconocimiento a un trabajo y a un legado.

Al Dr. Jean D'Hombres por su interés en este trabajo así como por su apoyo virtual.

A la Comunidad del Colegio Hebreo Sefaradi, su dirección y profesorado de hebreo, tanto en el apoyo bibliográfico como por su asesoría. A la señora Linda Hop por su apoyo y amistad. A la historiadora Mirelle Bistre, amiga y compañera de viaje.

A la Lic. Laura Rivas, por su escucha paciente y asesoría permanente.

Al señor Dimas Flores González encargado de la Hacienda La Ferrería en Durango, Durango y al señor Alberto Martínez, en Durango, Durango.



Reloj de sol del Ex - Convento de San Francisco en la ciudad de Tlaxcala, Tlaxcala



Reloj de Sol, Atrio Basílica de Guadalupe, Ciudad de México

PLÁTICAS CON EL VIENTO

Sí hice mi texto, más lo hice con versos,
 Con rimas que por las calles voy poniendo por doquier,
 Con ideas que en el aire he podido recoger.
 Tiene el sonido de la voz humana, todo un canto a entonar,
 Si tan solo por un rato tú te paras a mirar.
 Me di un baño de nombres, de palabras sin rimar,
 De sonidos y de voces que ni en el diccionario están.
 Se deslizan por mi cuerpo sin nunca, en el suelo acabar
 Y se escriben en el aire para tí poder llegar.
 Quizá no es una obra maestra y es más bien mi vanidad,
 la que impulsa a mi pluma de pronto por ahí dejar:
 cosas vistas, cosas muertas, que van pronto a resucitar.
 Son los sonos del pasado que la historia ha de encontrar,
 Son latidos muy humanos que nos deben enseñar,
 Son miradas a *lontano*, que nos hacen recordar.
 Por doquier que vaya el hombre, este siempre ensaya:
 nuevos pasos, nuevos giros,
 Siempre delante, siempre de frente,
 A veces se dobla y se pone en pie,
 Tiene por objeto el poder saber.
 En la velocidad del viento, que el coche nos hace ver.
 Olvidamos, yo lo creo, sentarnos un rato a...
 O.M.G.

Historia se escribe con H. Una letra que en castellano no tiene casi sonido, es un signo que en sí conlleva incluso una historia. Con la misma letra se inicia hombre y humano. Empezando un trabajo, la H nos recuerda también otros nombres: honestidad y humildad. Si con estas palabras se inicia este texto ello responde, primeramente, al reconocimiento de las limitantes de formación, de disciplina y de conocimiento mismo de quien esto escribe y en un segundo lugar, al reconocimiento de la complejidad del tema mismo, inserto este en una Historia de la Ciencia aún en construcción.

Como continuar un esfuerzo sin un primer reconocimiento. Muchos nos orientamos a las letras evadiendo los números, otros se encaminan a los

números desdeñando a la letra. Cuan sorpresivo se muestra el universo que vincula el número y la letra. Palabras autorizadas nos validan: “Las matemáticas y la escritura, mantienen, y esto es algo recientemente clarificado, una relación simbiótica”¹. Esa relación histórica, tan estrecha como intrínseca, pudo haber sido eclipsada por una formación disciplinaria que, fragmentando el entendimiento en campos de saber, permitió un divorcio que hoy ha de ser superado a fin de acceder a un conocimiento más pleno de aquello que reconocemos como pasado histórico.

La asociación, entre el número y la letra, ha estado ante nuestros ojos a través de una emblemática religiosa occidental en donde el Cristo en Majestad se nos presenta flanqueado de un Alfa y un Omega. Cuan familiar y ajena nos es aún esa realidad histórica que no hace sino manifestar ese momento temporal en el que, bajo los cielos griegos, el ser humano inició la racionalización de la bóveda celeste, siempre apoyado, por y en, los conocimientos de pueblos contemporáneos.

Que desconcertantes, extraños y divergentes parecen ser esos dos universos: letra y número, que en su origen nos recuerdan que también con H se inicia el nombre Humanidad.

Siguiendo a la H la I se nos presenta. Las palabras nos vuelven a saltar: ingenio, ingeniería, instrumento, ingenuidad e incluso inocencia. Más letras, más palabras. Ellas mismas nos invitan a descifrarlas ya que mantienen en sí su génesis y su evolución.

¹ Michel Serres *et al*, *Elements d' Histoire des Sciences*, p. 40

Unas cuantas palabras y nos hemos de detener. ¿Cómo iniciar en la H olvidando las letras previas, los susurros anteriores evocando a Roland Barthes? ¿Cómo olvidar la A del aprender, del ángulo, de la agonía, de la astronomía, del arte, del amor. La B de la belleza, la bondad. La C del corazón, del camino, del cielo o de la cruz. La D del destino, de lo divino e incluso de la división? Esto para así llegar a la G del gen, de las ganas, del gusto, de la gnosis, de la Gnomónica y muchas letras más.

Si en estas letras paramos es por que previa y junto a la H se encuentra la G². La G de la gnomónica es el tema de este trabajo. La G de la geometría. La G de la grandeza del conocimiento humano que no se reduce a una Gnosis sin sujeto y menos aún sin tiempo.

La gnomónica se inicia con el inicio del tiempo. Sus comienzos se dieron en esos momentos en que el ser humano abrió sus ojos al mundo e inició su proceso de autoconciencia y de conciencia de su entorno, sus días, sus años, sus ciclos; la conciencia del tiempo, de su tiempo y la consiguiente aceptación de su, y de nuestra, característica temporal³.

2 El estudio de la letra, entendida como Historia del lenguaje, ligado al desarrollo del conocimiento, es apartado referido en la actualidad entre otros al área de la lingüística y específicamente a la lingüística comparada. De esta evolución son numerosos los autores que a ello se han avocado. Iniciándose ya como clásicos con la obra de Ferdinand de Saussure, en su *Curso de lingüística general*, Ed. Losada, Buenos Aires, 1969, la de Humberto Eco en *La estructura ausente*, Introducción a la semiótica, Editorial Lumen, 4a. ed., España, 1989, 446p. o en *Los límites de la interpretación, Palabras en el tiempo*, Lumen, 2da. ed. Barcelona, 1998, 214p. pasando por Roland Barthes en *El susurro del lenguaje, Más allá de la palabra y de la escritura*, Ediciones Paidós, Barcelona, 1987, 357 p. Un Lev S. Vygotsky en *Pensamiento y Lenguaje, Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*, Ediciones Quinto Sol, Editorial Alfa y Omega, México, s/f, 220p, para llegar a René Thom en *Esbozo de una semiofísica, Física Aristotélica y teoría de las Catástrofes*, Colección Límites de la Ciencia, Vol. 14, Gedisa, Barcelona, 1990, 230p. o a Noam Chomsky en *El conocimiento del lenguaje. Su naturaleza, origen y uso*, Alianza Universidad, España, 1989, 325p entre otros.

3 Para este punto véanse las obras de Jean Piaget, *Seis estudios de Psicología*, Colección Ariel Editorial Planeta, México, 1996, 228 p. y *La toma de conciencia*, Ed. Morata, 3ª.ed. Madrid, 1976, 284p.

Casi desconocida, por muchos olvidada, la gnomónica como una forma de aprender y de un hacer, se torna vigente en un aquí y en un ahora.

Sin restringirnos a universo cualquiera, dejamos al inicio de este trabajo que el tiempo mismo nos indicara el camino. Buscando en el tiempo y en el espacio de Internet, encontramos en el sitio de la Real Academia Española, una palabra. La palabra: *gnomónica*.

Gnomónica: s.f. La ciencia que trata y enseña el modo de hacer relojes de sol. Lat. Gnomónica⁴. (RAE 1734)

Los espacios de desarrollo de la gnomónica no se limitan, ni en geografía, ni en cultura, son inherentes al ser humano. Las características y las habilidades requeridas por ella le son propias al ser mismo de lo humano. Los esfuerzos para elaborar relojes de sol se dan por doquier. Aparecen las trazas de la gnomónica en los espacios megalíticos de la prehistoria europea y de igual modo se dan en el entorno mesoamericano, asiático o africano. Relojes de sol hay en todas latitudes: están en una ciudad prohibida en Beijin, o en una pirámide mesoamericana o en una catedral gótica. En los textos, el reloj de sol implícito o explícito, lo mismo se encuentra en el *Códice Dresde* que en los *Libros de Horas*. En nuestro país, hay también relojes de sol, salvo que en su mayoría han sido relegados en su función, desconociendo su origen. A esa omisión nos abocamos.

4 Real Academia Española. *Diccionario de la lengua castellana*, en que se explica el verdadero sentido de las voces, su naturaleza y calidad, con las frases o modos de hablar, los proverbios o refranes, y otras cosas convenientes al uso de la lengua [...]. Compuesto por la Real Academia Española. Tomo cuarto. Que contiene las letras G.H.I.J.K.L.M.N. Madrid. Imprenta de la Real Academia Española, por los herederos de Francisco del Hierro. 1734. p.56 Reproducido a partir del ejemplar de la Biblioteca de la Real Academia Española. <http://www.rae.es/>

La gnomónica se intercala en textos, mitos, rituales o emblemas. Se aleja en su significado y lo mismo se aplica a quehaceres específicos que se vincula con la poesía y con la oración, con la política y el poder y nunca se aleja del avance del conocimiento humano. La gnomónica nos acerca al origen de los quehaceres tecnológicos y los instrumentales de la ciencia, aunque parece que esto no se toma en cuenta.

Siendo la función del historiador el historiar, el presente trabajo reconoce en esa actividad el rescate de la memoria humana que nos permite acercarnos al pasado cada vez, y reiteradamente, en una perspectiva mayor, otorgada, esta, por el tiempo y con el conocimiento de nuevas investigaciones.

INTRODUCCION

Una investigación tiene una génesis. Rescatar ese origen en este trabajo, es reconocer el papel que dentro de la docencia tiene la investigación y aquel que dentro de la investigación tiene la docencia. Hace años, durante el desarrollo de una plática en un grupo escolar, surgió de repente una simple pregunta: *¿cómo se hace un reloj de sol?* Un reloj de sol vincula a los primeros hombres con los actuales actores de la ingeniería, la astronomía o la óptica, entre otras ciencias⁵. Cómo imaginar que esa simple interrogación nos llevaría, a poder vincular el conocimiento del ser humano desde sus orígenes con los saberes contemporáneos.

Pocos programas académicos aún contemplan el estudio de los relojes de sol. En el sexto año de la Escuela Nacional Preparatoria dentro del Área I (Físico-matemáticas) se imparte aún, como optativo, el curso de Cosmografía. En ese programa aparecen los relojes de sol conviviendo con temas que se encuentran en la iniciación a la astronomía, el estudio de las coordenadas celestes y terrestres, el estudio de la forma y movimientos de la tierra, el sistema solar, las estrellas, la evolución estelar y las galaxias, finalizando con los cuásares, el *big bang* y las hipótesis actuales sobre el origen y evolución del universo⁶.

5 Cabe hacer patente el agradecimiento a la obra del Prof. Georges Ifrah, *Historia Universal de las Cifras, La inteligencia de la humanidad contada por los números y el cálculo*, que nos fortaleció en el deseo de sistematizar aquellas respuestas a las preguntas infantiles y no tan infantiles que se dan al interior del aula y que habrían de ejemplificarse en temas diversos como el de la proporción áurea, los signos del zodiaco, la división del día en 24 horas, por que a un rey se le llamo el *Rey Sol* o por que los fuertes de la ciudad de Puebla llevaban esos nombres.

6 Escuela Nacional Preparatoria, *Programa de estudios de la asignatura de Cosmografía*, Área I, Colegio de Geografía y Cosmografía, 1996, UNAM. En este punto habrá que señalar que

Grande fue nuestra extrañeza al reconocer que en los umbrales del siglo XXI la mayoría de las personas en nuestra realidad nacional, desconocemos cómo construir un reloj de sol. Esto a pesar que estos últimos se ubican en los orígenes mismos de la humanidad y formaron parte del espacio cotidiano colonial, tal como lo muestran objetos, discursos y emblemas presentes hasta nuestros días.

Nuestra sorpresa fue mayor al encontrar, en el curso de la búsqueda asociada a los relojes de sol, una constante: el ser humano que viviendo bajo el sol, registra el paso del tiempo y construye los instrumentos para sistematizar el movimiento de los astros.

Como ya se dijo, este estudio se inició por un interés personal de, hoy en día, aprender a construir un reloj de sol de manera inteligente⁷. En esa búsqueda apareció la Historia como recurso y como sustento, ubicándose el campo de la investigación dentro de la Historia de la Ciencia ya que se busca formular una visión del pasado donde el actor es el género humano y su actuar es referido al conocimiento científico⁸.

dentro de este programa, el tema: relojes de sol esta inscrito en la Unidad IV y si bien se encuentra adscrito al Colegio de Geografía y Cosmografía, ese colegio no presenta en su plan de estudios de Geografía a nivel licenciatura, dicha materia..En la búsqueda temática en la actualidad, no se encontraron programas a nivel licenciatura que como tal integren a los relojes de sol, si bien es en la licenciatura de Geomática en la Facultad de Ingeniería donde se encontraron en términos generales, el mayor número de conocimientos aplicados.

⁷ Se ha adoptado la acepción *inteligentemente*, como integrador de un pensar reflexivo y un quehacer conciente sin pretender con ello innovaciones tecnológicas o de conocimiento, buscando ante todo entender, y entendiendo en ello aquellas características identificadas en la obra de John Dewey, *Como pensamos, Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*, Cognición y Desarrollo Humano No. 18, Ediciones Paidós, Barcelona, 1989, 249 p.

⁸ Michel Serres, *El nacimiento de la Física en el texto de Lucrecio, Caudales y Turbulencias*, p 57. Es en este texto donde el autor expresa de manera más clara y contundente el extrañamiento que produce a la luz de los conocimientos actuales la disociación provocada no solo en áreas de saber sino incluso en la división y selección de elementos de rastreo para la comprensión del fenómeno físico. "Pueden efectuarse cuantas variaciones se deseen con las

En el seguimiento histórico de ese proceso creativo para la construcción de los relojes de sol, surgen claves que pueden aún impresionarnos, llamar nuestra atención y sobre todo, enseñarnos. Una de estas características, es la estrecha vinculación entre las ciencias y actividades humanas diversas y que tradicionalmente se disocian e incluso se contraponen. Entre los conocimientos involucrados en la construcción de un reloj de sol, encontramos a las matemáticas y a la física ligadas con la astronomía, la ingeniería, la arquitectura y las bellas artes. Todas ellas confluyendo con la filosofía, la psicología, la antropología y la retórica principalmente. En el estudio de los relojes de sol se ven aparecer actividades como la construcción, la carpintería, la joyería y la relojería; sin olvidar la navegación, la agricultura, el acto de gobernar e incluso el mismo acto de orar. Disciplinas y actividades que evocan en su lenguaje, palabras con un origen cercano a la gnomónica⁹.

constantes y se obtendrán fácilmente las marcas históricas correspondientes. Esta demostración nos descubre la larga genealogía de nuestros esfuerzos contemporáneos... Todo esto resulta tan claro que habría que preguntarse cómo y por qué este camino, jamás abandonado por los trabajadores de la ciencia pudo ser eclipsado por los historiadores ¿Quién tenía algún interés en separarnos absurdamente de los naturalistas de la Antigüedad? Otra Escolástica, otra Edad Media ?" (NP Referido al alejamiento de la Física Aristotélica como recurso metodológico del conocimiento)

9 En julio de 1905, en un borrador de carta que nunca sería enviada a su correspondiente, Peirce escribía a Lady Welby: «El diccionario es rico en palabras esperando ser definidas técnicamente como variedades de signos» (PW: 194, 1905). En una larga lista incluye muchos ejemplos de comunicación hablada y escrita: «Luego tenemos *marca, nota, trazo, manifestación, ostentación, espectáculo, especie, apariencia, visión, sombra, espectro, fase*. Luego, *copia, retrato, diagrama, figura, diagrama, icono, estampa, imitación, eco*. Luego **gnomon**, *pista, rastro, vestigio, índice, evidencia, síntoma, indicio*. Luego, *documento, monumento, recuerdo, memento, souvenir, entrada*. Luego, *símbolo, término, categoría, estilo, carácter, emblema, insignia*. Luego, *archivo, dato, justificante, comprobante, diagnóstico*. Luego, *clave, indirecta, augurio, oráculo, pronóstico*. Luego, *decreto, mandato, orden, ley*. Luego, *juramento, voto, promesa, contrato, escritura*. Luego, *tema, tesis, proposición, premisa, postulado, profecía*. Luego *oración, rezo, colecta, homilía, letanía, sermón*. Luego, *revelación, descubrimiento, narración, relación*. Luego, *testimonio, atestiguamiento, presencia, atestación, confesión, martirio*. Luego, *conversación, discusión, jerga, charla, negociación, coloquio, cotorreo, etc.*» (PW: 194, 1905). Desgraciadamente, el resto del texto -probablemente con los comentarios de Peirce sobre el mismo- se ha perdido. Tomado de: Adrián S. Gimete-Welsh, *Los estudios semióticos en México*, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa (México) en *Sigma*, Revista de la Asociación Española de Semiótica, No.7, Año 1998. Nota No.94.

Sabios, artesanos, artistas, místicos, y hombres de poder político, encontraron en el estudio del camino aparente del sol y la gnomónica, luz y calor, otros menos afortunados no lo encontraron y ahí se perdieron.

En cualquier tiempo y lugar de la historia, un reloj de sol fue y sigue siendo un producto del pensamiento reflexivo, y al igual que este es conjetura, es crítico, es curiosidad permanente, tiene un fin, es ordenado, parte de una hipótesis y provoca la actividad mental¹⁰.

Con base a lo anterior el quehacer de la gnomónica fue una actividad ordenada, que partió de hipótesis y produjo conocimientos. Fue también búsqueda imaginativa, cuestionamiento insaciable, conjetura y crítica. Fue reflexión y meta en el desarrollo humano. Por ello, la investigación histórica de la gnomónica en nuestro país, implica mostrar los múltiples componentes que intervinieron en este quehacer durante el periodo colonial que nos ocupa.

Producto de cada tiempo, el reloj de sol lleva en sí mismo el mundo creencial que lo cobijó y los componentes de conocimiento que lo posibilitaron y lo siguen haciendo factible. Los conocimientos y las prácticas de la gnomónica inmersos en su mundo creencial perduraron desde la antigüedad hasta la Ilustración en la currícula educativa. Con el advenimiento del mecanicismo y la laicización del pensamiento científico la construcción de los relojes de sol quedó constreñida a un espacio lúdico. Perdidos en el ámbito nacional, o deteriorados por su lejanía conceptual, muchos relojes de sol marcan las sombras, sin alumbrar con su conocimiento.

10 Dewey, *Como pensamos op cit.*

Tan olvidados se encuentran los relojes de sol en nuestro país que, muchas veces, pasamos junto a ellos en peregrinación, sin identificarlos. Los encontramos en algunos de los conventos novohispanos o incluso frente al santuario del Tepeyac. Los encontramos como pequeñas piezas de museo o artilugios escultóricos y/o arquitectónicos, apreciados en sí y sin contenido, olvidado incluso su valor emblemático. Como símbolo, el reloj de sol contiene en sí, aquello que representa. Esta representación sólo puede ser comprendida si se participa del conocimiento que ella encierra.

Caminar sin mirar, mirar sin observar, observar sin reflexionar puede hacernos perder amaneceres o atardeceres por no saber atrapar un rayo de sol. Mirando con más cuidado y observando el cielo descubrimos los relojes de sol, mismos que nos ayudarán a atrapar el rayo de sol. Recordando la metáfora de Platón en su diálogo de la República, reconocemos el origen de las sombras y aprendemos del camino del astro rey¹¹.

La escasa, nula o fragmentada investigación en nuestro país sobre el tema de la gnomónica nos motivó a realizar una investigación sobre la gnomónica, su instrumental y su práctica en el periodo colonial novohispano. La ausencia de estudios históricos sistemáticos, nos condujo a elaborar una tesis que presenta una visión de conjunto a fin de lograr la comprensión integral del quehacer de la gnomónica. Lo anterior fue el elemento de partida para la realización de este trabajo.

Para el análisis de la construcción de los relojes de sol hemos utilizado lo que denominamos: *circunferencia gnomónica*. Esta circunferencia tiene como

11 Serres, Michel, *op cit.* p. 68

característica el que todos los puntos de ella, se construyen a partir de un centro. Alrededor de este centro, que constituye la práctica de la gnomónica, se han unido diferentes elementos asociados a ella. Si solo tomamos en cuenta la matriz disciplinar integrada por los componentes teórico metodológicos implicados en la construcción de los relojes, se puede proponer identificar áreas de conocimiento, entre las cuales estarían: Astronomía, geometría, óptica, trigonometría, aritmética, arte, religión y filosofía natural. Disciplinas diversas, ciencias hoy disociadas, actividades en apariencia contradictorias, se unían en un quehacer que las cobijaba y las promovía (figura 1).



Figura 1

Este trabajo ha tenido como objetivo general analizar los componentes teóricos, prácticos e instrumentales de la gnomónica, a fin de posibilitar la mejor comprensión de ella, principalmente en el terreno conceptual y práctico.

Para alcanzar este propósito se identifican los momentos y eventos desarrollados en el periodo a estudiar, que afectaron de manera directa al quehacer de la gnomónica, en el espacio temporal de la colonia. En esta perspectiva se describe un panorama general de los tipos de relojes de sol, su evolución en el tiempo, sus usos y lugares de emplazamiento.

Para entender los referentes conceptuales de la gnomónica se analizan los textos referidos a ella: sus contenidos, desarrollos, conceptos y metodologías, Se describen los elementos conceptuales y disciplinares, implícitos en la teoría y en la práctica de la gnomónica.

Por otro lado se analiza el desarrollo histórico de la construcción de los relojes de sol en el lapso de tiempo estudiado, identificando los grupos sociales que a ella se avocaron, así como el instrumental científico, la emblemática, los componentes culturales, los usos y las costumbres asociados a esta práctica en la Nueva España. Por último, se identifican los elementos instrumentales de diseño y construcción de los relojes de sol que conforman una práctica y un método de investigación científica

Como hipótesis de investigación se ha sostenido que la evolución de la gnomónica durante el periodo de estudio, implica un proceso de multitud de intercambios científicos y culturales, no sólo entre la Nueva España y España, sino también con otros países europeos que a la vez recogieron las influencias de Oriente. Sobre estos intercambios incidieron aspectos diversos como: el desarrollo del pensamiento orgánico del humanismo y de la ciencia renacentista, a los que se suman los elementos de ciencia de origen semita, y más adelante la aparición de las metodologías y las formalizaciones

matemáticas del barroco y de la ilustración. Asimismo estuvieron ahí presentes: la consolidación de los estados nacionales y las guerras de religión.

En el periodo de estudio, la gnomónica fue un cuerpo de conocimientos de disciplinas diversas, estructurado y sistematizado. En ella se encontraban articulados conocimientos teóricos, prácticos e incluso recursos nemotécnicos, todos ellos vinculados al saber que implicaba la práctica y la construcción de los relojes de sol. Los conocimientos de la gnomónica fueron reproducidos a través de elementos: místicos, herméticos, culturales e ideológicos, entre otros. Ese bagaje conceptual permite una relectura de símbolos, emblemas o sentencias en la cual se vinculan aspectos creenciales y elementos cognitivos de conocimientos disciplinares.

Dado que la gran mayoría de los relojes de sol coloniales existentes en nuestro país se encuentra al interior de espacios religiosos, el análisis de la organización del espacio físico de los templos recupera tanto sus valores simbólicos, como aquellos conceptuales que derivaron de la observación y estudio del ciclo solar y que constituyen componentes esenciales de la comprensión y práctica de la gnomónica.

En la Nueva España, la gnomónica se formalizó, su estudio se cultivó al interior de comunidades religiosas y también a través de ellas se vinculó con los saberes gremiales. El estudio de los relojes de sol fue realizado por grupos o comunidades que lo reprodujeron desde la antigüedad. Durante el periodo abarcado, este trabajo se continuó al interior de una tradición practicada por especialistas de alto nivel; la gnomónica se enseñó en distintos centros

educativos y fue asociada a una práctica que en ocasiones sólo fue conceptualizada siglos después.

La gnomónica ubicada al final del periodo colonial, se encuentra inmersa en el nacimiento de la ciencia moderna, al mismo tiempo que heredará a ella métodos, conceptos, metáforas, actividades que en ocasiones se desconocen.

Para la adecuada estructuración de este trabajo, se establecieron tres etapas históricas que abarcan eventos específicos y que delimitaron nuestro tema de investigación:

El primer momento se ubica en el siglo XVI, en el momento del descubrimiento, la conquista y la evangelización. La segunda etapa comprende el final del siglo XVI y el siglo XVII, corresponde a la implantación del calendario gregoriano en 1582 y a la difusión de los conocimientos científicos implícitos en la gnomónica, para la producción de los relojes de sol en el marco de las festividades religiosas y las currículas educativas. Un último espacio temporal se sitúa a partir de la expulsión de los jesuitas en 1767, en ocasiones traslapándose con el anterior y a lo largo del siglo XVIII.

Nuestra investigación está estructurada en nueve capítulos:

En el capítulo I se presenta una introducción general al tema de la gnomónica, los relojes de sol y los componentes conceptuales e históricos asociados. En el capítulo II se inicia el desglose de las áreas de saber asociadas a la gnomónica y su diferenciación disciplinar; asimismo, se reconocen algunos de los elementos interculturales que aparecen en su estudio. En el capítulo III se establecen los elementos conceptuales que permiten el estudio de la emblemática gnomonista dentro de los espacios

religiosos y en su conjunción al desarrollo de la ciencia; se señalan los grupos que la desarrollan y aquellos eventos que influyen en el espacio temporal de la investigación. En el capítulo IV se presentan algunos textos para el estudio de la gnomónica que formaban parte de los acervos coloniales y que acercaban al tema, en ocasiones de manera no directa. En el capítulo V se identifican las formas y modos en que la gnomónica se presentó a partir el siglo XVI, antes y después de la reforma gregoriana en el territorio novohispano; siendo un elemento característico la vinculación de elementos culturales de la gnomónica novohispana y las tradiciones europeas: emblemática, forma, figura, símbolos y signos.

En el capítulo VI se muestra el desarrollo de la gnomónica en la historia, hasta la reforma gregoriana, para lo cual se analizan algunos textos que formaron parte de las bibliotecas coloniales. Se aborda la construcción de los relojes primitivos del siglo XVI.

En el capítulo VII, se identifican los textos de la época colonial que contribuyeron a la formalización del conocimiento teórico diferenciándolos, a estos, de los manuales prácticos. Para la cabal comprensión de la segunda etapa de desarrollo de la gnomónica en el territorio nacional se revisaron los libros del Colegio Romano, presentes en algunas bibliotecas mexicanas, particularmente obras de Clavius y de Kircher.

En el capítulo VIII se describen los instrumentos de la gnomónica y su incidencia en actividades específicas como la topografía, la náutica y la ingeniería militar. Partiendo de los instrumentos se muestra la presencia de la

gnomónica en el periodo ilustrado novohispano, a través de símbolos, escritos y textos “modernos”, que coinciden con la entronización de la ciencia moderna.

En el capítulo IX se hace la tipificación de algunos relojes de sol, de distintas partes del territorio nacional posteriores a la reforma gregoriana. Así mismo, se señalan ciertos elementos de construcción, locales y del exterior, que intervienen en la comprensión de la práctica gnomonista.

Por último se presentan las conclusiones generales de la investigación

Los principales acervos consultados en la elaboración de nuestro trabajo son:

Fondo Antiguo del Archivo Histórico del Palacio de Minería; Biblioteca Elías Amador en Zacatecas; Archivo General de la Nación; Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional; Fondo documental del Antiguo Colegio de Guadalupe, situado en el Museo Regional de Guadalupe Zacatecas; Fondo Documental del Archivo Histórico de la Parroquia Franciscana de Michoacán, en el convento de San Francisco de Celaya; y los Fondos Bibliográficos Conventuales del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

CAPITULO I

EL RELOJ DE SOL Y SUS COMPONENTES. HISTORIA Y TÉCNICA.

Desde los inicios del arte de hacer relojes de sol, los ejercicios de observación del trayecto aparente del sol se intercalan, en distintos tiempos y latitudes, con la formulación de signaturas calendáricas que personalizarán a comunidades y a culturas. No obstante un reloj de sol no sólo es una práctica calendárica, es un método de estudio y, quizá, una cosmogonía en sí mismo.

El sentido de vida, muchas veces puede encontrarse en un hacer. Sin embargo, el hacer puede ser solo copia fiel y no comprensión de lo hecho. Encontrar los límites entre el reproducir y el producir es quizá una de las mayores incógnitas del ser humano que no desea reflexionar. Seres humanos reconocidos como matemáticos, constructores, religiosos, filósofos, literatos, artistas, etc., mostraron el camino del arte del hacer relojes de sol. Muchos otros, no reconocidos también nos lo muestran¹². En muchas ocasiones esto se omite o se desconoce. En este capítulo se analizan los componentes del reloj de sol en una perspectiva histórica.

¹² Dewey, *Como pensamos*, el autor establece la variedad de aspectos que la sugerencia (entendiendo que la idea es sugerencia) tienen y que se manifiestan de manera diferente de acuerdo a la persona o a su combinación misma: Facilidad o rapidez, Alcance o variedad y Profundidad. “A veces la lentitud y la profundidad de respuesta están íntimamente relacionadas. “La persona lenta pero segura, ya sea niño, ya un adulto, es alguien en quien las impresiones calan hondo y se acumulan, de tal modo que el pensamiento se produce en un nivel más profundo que el que tiene lugar en quienes soportan una carga más ligera... Es útil estudiar la biografía de los hombres y mujeres que llegan a hacer grandes cosas en sus respectivas profesiones...” Este punto cobra particular importancia cuando se busca establecer una posible relación entre los conocimientos de la gnomónica y producciones personales como las de Euclídes, Arquímedes, Maimónides, Lulio, Copérnico, Galileo, Laplace, Descartes, Leibnitz,. Este punto, que no es tema a desarrollar en este trabajo cobra importancia en tanto propuesta educativa que integre el conocimiento de la historia de la ciencia con los componentes de experiencia, de física, geometría y matemáticas implícitos en el estudio de la Gnomónica dado su alto contenido a nivel de impresiones (sensación y percepción) a nivel individual y colectivo.

1.1 El reloj de sol en el tiempo

Por su antigüedad y complejidad llama la atención el círculo de Stonehenge. Sin poderse precisar su objetivo, su construcción, nos remonta al esfuerzo sistemático del ser humano por identificar una cardinalidad: norte, sur, este, oeste. Estos son conceptos que fueron construidos en base a la observación y el registro del sol sobre el plano. El conocimiento de esta construcción, en su componente material y conceptual, está aún vigente. Estas simples palabras, norte, sur, este, oeste, son conceptos que responden a una especificidad perdida dentro de la gnomónica: septentrión, mediodía, oriente y poniente, son algunas de sus equivalentes.

Una referencia, remota en el tiempo, a un reloj de sol y su presencia en el pasado, se encuentra en la Biblia en el libro de Isaías: 38.7

Y de que el Señor cumplirá lo que ha dicho, se te dará por el mismo Señor esta señal: 38.8 He aquí que voy a hacer que la sombra del sol retroceda las 10 líneas que ha bajado el reloj de Ajaz. Y retrocedió el sol por las diez líneas que había bajado.¹³

En el libro 2 de Reyes 20: 8-10 la citación del reloj difiere sutilmente:

"¿En qué señal conoceré yo que Yahvé me curará y que al término del día subiré a la casa de Yahvé? Isaías le respondió: "He aquí la señal por la que conocerás que Yahvé cumplirá la palabra que ha pronunciado: La sombra avanzará diez grados o retrocederá diez grados". Y Ezequías dijo: "Poca cosa es que avance diez grados; no así que retroceda diez grados."

¹³ *Biblia, Letra grande, Latinoamericana*, traducción íntegra del hebreo y del griego. XXXIII Editorial Verbo Divino, edición Revisada 1995,

Entonces Isaías, profeta, invocó a Yavé, que hizo retroceder diez grados la sombra, en el reloj de Ajaz.

En la actualidad el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de España presenta en exhibición un reloj de sol *Copa de Ajaz*, construido por George Hartman en 1547. Hartman (1489-1564) fue constructor de instrumentos y vicario de la iglesia de San Sebaldus, en Nuremberg y construyó un reloj de sol en forma de copa, que reproducía el “milagro” del profeta Isaías. Este reloj utiliza las propiedades de la refracción de la luz en el agua, al vincular los elementos tradicionales de los relojes de sol (registro, gnomon) con aquellos propios de las clepsidras griegas (relojes de agua)¹⁴

La referencia citada del reloj de Ajaz nos vincula no sólo a un espacio de creencias determinado, como sería el cristianismo, sino que, nos obliga al reconocimiento de aquellos saberes que de oriente llegaron a Europa, durante el imperio romano o el periodo de las cruzadas, y que en ocasiones son omitidos en las referencias de los textos.

Paseando por España con frecuencia encontraremos evocaciones sugerentes sobre este tema: Plaza del Sol en Madrid o Puerta del Sol en Toledo. Buscar el origen de esos nombres sería motivo de otra investigación, mas no por ello habrá de omitirse en el contexto de este trabajo.

En nuestro país una tradición y una historia, nos obligan a buscar más allá de la calle: tenemos que entrar en las iglesias o buscar en las pirámides, observar las construcciones para poder ubicarlos. Un monumento como el

¹⁴ http://www.micinn.es/mnct/movimientos/CD/modulos_astronomia/espacio%20y%20tiempo/poi/piezas/reloj_copa_context.html

Hemiciclo a Benito Juárez, ubicado en el centro de la Ciudad de México, también puede ayudarnos a reflexionar: ¿Cuántas columnas tiene este monumento?, ¿De donde deriva el nombre? ¿A qué mitad de ciclo se refiere el mismo?

Reconociendo las historias detrás de cada denominación, hemos concluido que: palabras olvidadas, palabras especializadas, palabras del pasado, en un momento pueden permitirnos tener una comprensión certera de nuestro pensamiento. Estas palabras pueden perdernos muchas veces en ese acertijo llamado Humanidad.

Para crear un reloj de sol existía, y existe, un problema: mirar al sol encandila o produce ceguera. Mirar al sol directamente no es posible, sin la debida protección. Cuantos hombres habrán perdido la vista en ese esfuerzo por comprender el y al tiempo.

El ser humano fue concientizando sus ciclos, su tiempo, al paso del mismo y por doquier. Fue marcando los equinoccios y los solsticios. Fue dándose cuenta, y así empezó a contar, y esto para seguir hoy haciéndolo. En ese inicio existió un ser humano: un ser humano con ingenio y con ganas. Antes del inicio del conocimiento estructurado y sistematizado, existieron muchos seres humanos que fueron construyendo, sobre el tapiz del tiempo, sobre las marcas del sol, de la luna e incluso de las estrellas. Era ese un ser humano que: generando algoritmos, pasó recetas, construyó su obra, pasó instrucciones. Entre las recetas y las instrucciones para realizar un reloj de sol, uno puede perderse y olvidar el origen.

Para estudiar el movimiento del sol, el hombre recurrió, entre otros al uso del gnomon. Comprender el gnomon, nos lleva también a la *tetraktis* pitagórica, a los versos apocalípticos, al origen del cálculo, a la teoría de números, la música y la obra artística plástica y literaria. Tomó una vertical y obtuvo un referente en el que las sombras o la luz fueron su guía (figura 1.1).

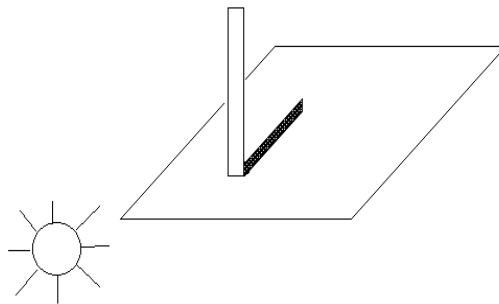


Figura 1.1

Antes de llegar al cielo, el ser humano trató de dominar su plano. Construyó y mantuvo el orden en la tierra. Acto seguido a la prehistoria del ser humano, las primeras civilizaciones iniciaron la estructuración del conocimiento, con los recursos de la época: el cielo fue su objetivo. De esta manera el ser humano inició la sistematización de los conocimientos para medir el tiempo a través del trayecto solar.

Algunos de esos hombres constructores de relojes de sol, hoy son tan lejanos de nosotros, como aquellos que realizaron el círculo de Stonehenge, o, ya en nuestro territorio, la pirámide de Kukulcán. Quizá hemos olvidado que fueron todos ellos, seres humanos que buscaban comprender. El mismo afán que se encuentra en los relojes de sol de la Ciudad Prohibida en Beijing esta por doquier.

En México, en diversos sitios arqueológicos, se puede presenciar la utilización de un obstáculo que en su proyección, ciertos días del año, proporciona la sombra necesaria para la formación de una línea que será interpretada a nivel simbólico y que esta inmersa en la construcción en el plano de la trayectoria aparente del sol. Tal sería el caso de la pirámide de Kukulcán, también llamada el Castillo en Chichen Itzá, la pirámide de Los Nichos en el Tajin, o incluso de los marcadores solares prehispánicos que explora la arqueoastronomía y que están en el mismo esfuerzo (figura 1.2). El afán cognitivo que movió a esos pueblos también se encuentra en otras latitudes. La gnomónica colonial no esta lejos de ellos.



Figura 1.2

Vista del amanecer en el equinoccio de primavera (21-03-1998),¹⁵

Acerca del marcador estudiado en *Quiringüicharo, Michoacán* se nos dice: “Durante el equinoccio de primavera realizamos una cuidadosa medición auxiliados de una semi-estación total tipo Sokkia, a efecto de precisar

¹⁵ Nicolau Romero, Cárdenas García y Rétiz G. *Un "Marcador solar" en Quiringüicharo, Michoacán*. . En Rupestre/web, <http://rupestreweb.tripod.com/solar.html>. 2003 (fotografía integrada con autorización del autor)

efectivamente los niveles de desviación de los ejes de la cruz solar con respecto al orto heliaco. Se obtuvo una lectura de $91^{\circ} 58'$, prácticamente paralela al eje e-w del petroglifo. Pero también se tomaron referencias a otras figuras grabadas en piedra que se encuentra asociadas en medio de bloques basálticos a no más de 15 mt. de distancia. Los resultados fueron interesantes ya que se obtienen medidas coincidentes con asociación al Sol, los ejes de medición y los petroglifos.¹⁶ Estudios como este constatan en nuestro territorio esta práctica desde tiempo inmemorial.

Cambiando de continente el mismo Herodoto, en su segundo libro, el de Euterpe¹⁷, nos habla de los conocimientos de la gnomónica y de como llegaron a Grecia.

“...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.”¹⁸

Habría que preguntarse si esa asociación entre título y contenido en la obra de Herodoto es la misma que dió origen a la asociación dieciochesca que vinculaba a la música y a la astronomía.

¹⁶ *Idem*

¹⁷ J. A Pérez Rioja, *Diccionario de Símbolos y Mitos, Las ciencias y las artes en su expresión figurada*, Tecnos, 5ª. Edición, Madrid, 1997, 434p. p 201. En este punto habrá que señalar que la simbología de Euterpe o de las musas, no aparecen en libros como el Diccionario de símbolos de Juan Eduardo Cirlot, Editorial Siruela. Esta omisión es de señalarse en tanto que el contenido simbólico de la música y las matemáticas con frecuencia hacen referencia al componente pitagórico en ellas inscritos. Esta misma correlación es patente también en el cuadro denominado, *Apolo y las dos musas* (Euterpe y Urana) la obra del pintor italiano Pompeo Batoni (1708-111787), que se encuentra actualmente en Varsovia. Euterpe musa de la poesía lírica y de la música fue considerada, al principio, como una divinidad de la alegría y el placer. Euterpe, también fue denominada como la complaciente.

¹⁸ Heródoto de Halicarnaso, *Los nueve libros de la Historia*, V. I, Editorial Iberia, Barcelona, 1968, 354p, p141.

Palabras, nombres, símbolos, que del mundo griego nos llegan cargados de sentidos y significados que han de ser decodificados, descryptados¹⁹. Musas, horas, dioses, estaciones, nombres, hombres.

En este acompañamiento de letras y palabras pocas veces nos preguntamos: ¿Por qué Herodoto escribió solo Nueve libros de la Historia? Si la respuesta fuese porque solo había nueve musas, una pregunta sugerente viene al unir esa simple información con una historia de la matemática, que permite recordar que el sistema decimal hasta el renacimiento aún no hacia su aparición explícita.

El sistema base diez, hoy común, estaba inscrito en un ámbito religioso vía Decálogo o a un espacio ideológico no dominante en comunidades pitagóricas. El arte de contar referenciado a un sistema numérico romano, se impuso ante la lógica del simple contar con los dedos de las manos e incluso con los pies²⁰.

Vía Egipto los conocimientos desarrollados en la región de Mesopotamia y referidos al sistema sexagesimal, fueron expandiéndose primero a Grecia y posteriormente a Roma. Este transitar habrá de ser aún delimitado al incorporarse en él, el desempeño que tuvo el pueblo israelí en el desarrollo de

¹⁹ Este trabajo no pretende establecer si el papel del historiador y el de la narración histórica se encuentran dentro de la polémica de una interpretación o de una representación del pasado mismo, referido al tema en cuestión. Para esta diferenciación ha de verse entre otros el trabajo *Seis tesis sobre la filosofía narrativista de la Historia* en F. R. Ankersmit, *Historia y tropología, Ascenso y caída de la metáfora*, FCE, Breviarios del Fondo de Cultura Económica, No. 516, México 2004. Esta investigación busca establecer un nivel de lectura dentro del cual el símbolo, el concepto, la información, la palabra, sea valorado en tanto elemento de construcción de un saber especializado que ha por objetivo la construcción de “la realidad histórica” En el contexto de la investigación, solo y solamente se va tratando de recapitular las diferentes acepciones “significados” que el lenguaje de la gnomónica va presentando en el transcurso del tiempo.

²⁰ Vid. Ilah Gifrah, *Historia de las cifras*.

la escritura y por ende de la matemática en el mundo helénico en el periodo Macabeo.

El componente hebraico, poco estudiado de manera sistemática, en este enfoque, es patente dentro de la formación de aquellos que se avocaron a la práctica gnomónica. Biografías específicas como las de Kircher, Leibnitz, o emblemáticas concretas, como el Tetragrámaton ubicado en el altar de la capilla del Palacio de Versalles, dan cuenta de ello. Estos autores sabían hebreo.

Reconocer el oficio de los matemáticos egipcios y sus métodos de trabajo, nos dan la pauta para continuar en este esfuerzo de comprender la construcción de los relojes de sol y valorar los esfuerzos de algunos estudiosos de los relojes de sol. La vinculación histórica entre egipcios y judíos y posteriormente de ellos con los pueblos que conformaron el imperio romano, nos permite el seguimiento de la construcción de los conocimientos alrededor de la observación del ciclo solar (figura 1.3).



Figura 1.3

Cuadrante Solar Egipcio en cuya sombra se aprecia el triángulo rectángulo asociado al Teorema de Pitágoras²¹.

²¹ Este es reproducción del reloj solar más antiguo que se conoce. Procedente de Egipto, hace 3500 años. Es de piedra y se parece a una "T". Su soporte o barra esta numerado a ciertos

Por lo general, lo anterior siempre se encuentra inscrito como elementos herméticos que, en nuestra opinión, recogían muchas veces, un conocimiento científico dentro de una persecución política y religiosa con intereses diversos no necesariamente considerados o explicitados en su estudio.

Doce son las horas del día, doce las tribus de Israel, doce los Apóstoles, doce los meses del año de nuestro calendario y doce las constelaciones que en cielo marcan el trayecto aparente del sol, en ese camino llamado *eclíptica*²².

Una cuerda, con doce nudos, es el signo que nos da la siguiente pista. Una cuerda semejante, era instrumento empleado por los agrimensores egipcios para resolver problemas de áreas y límites de propiedades, una vez que las aguas del río Nilo descendían. La tradición franciscana, su intercambio con oriente y su reconocido prestigio como constructores, posiblemente, esta ahí inmersa. Con triángulos de 3, 4 y 5 nudos se avanzaba en la agrimensura²³. Los triángulos con solo tres nudos correspondían al universo de la gnomónica (figura 1.4).

intervalos. Las marcas u horas de la barra son seis, si se cuenta la del medio día. Una barra de sombra se colocaba hacia el oriente por la mañana y hacia el poniente por la tarde, las doce horas de luz solar (mas largos en verano) se indicaban en el borde de la sombra, sobre la base graduada. Museo del Reloj, Fabrica Centenario, Zacatlán, Puebla.

²² Se entiende por eclíptica al círculo máximo celeste a lo largo del cual el Sol realiza su movimiento aparente anual entre las estrellas fijas. Recibe este nombre porque el Sol y la Luna se sitúan encima del mismo durante los eclipses. Constituye la intersección del plano de la órbita celeste. El plano del ecuador y el plano de la eclíptica están inclinados entre sí, formando un ángulo aproximado de 23°, 27", Pavanello, *op cit.* p 16, También es conocida como Zodiaco. "Los siete astros vagabundos (el sol, la luna Nebo-Mercurio, Istar-Venus, Nergal-Marte, Marduk-Júpiter y Ninib-Saturno)... poseían movimientos propios. Sin embargo no se desplazaban a través de todo el firmamento... Sus movimientos se limitaban a unos 23° respecto al Ecuador. Esta cinta – el Zodíaco - se dividía en doce partes y cada una de ellas tenía el nombre de una constelación de estrellas fijas de las inmediaciones. El Zodiaco era la calle de los amantes, a lo largo de la cual andaban los planetas." Tomado de Arthur Koestler, *Los sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1981, 598p, p21.

²³ Marco Lucio Vitrubio Polión, *Los diez libros de Arquitectura*, Alianza Forma, 2da.reimp. 2000, 398p. p326 En este apartado Vitrubio describe el proceso de construcción de la escuadra realizado por Pitágoras y que habría de referenciarse a la postre como Teorema de Pitágoras.

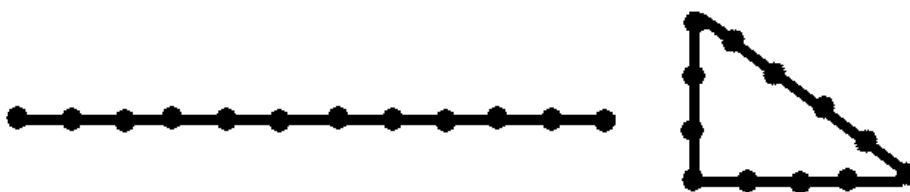


Figura 1.4 Representación esquemática de la cuerda con nudos utilizada como instrumento de medición y su referente con el teorema de Pitágoras.

Una pugna académica desarrollada durante siglos entre calculistas y abaquistas²⁴, puede quizás ayudarnos a aprender del pasado. Ni uno, ni otro. Solamente los dos juntos pueden no solo avanzar, sino también evolucionar. El teorema de Pitágoras nos lo muestra: Música, matemáticas, geometría y muchas más disciplinas se apoyan en él.

En Europa fue el holandés Simon Stevin el primero en proponer una notación numérica que permitiera llegar a la actual. Entre sus aportes a las matemáticas esta su trabajo *De Thiede, teoría general de las fracciones decimales*²⁵. La relevancia de su trabajo, en este tema en particular, se establece a partir de su contemporaneidad con Galileo y sus trabajos. La demostración del equilibrio sobre planos inclinados de 1587 (sic) supone el mismo tipo de idealización que la de Galileo²⁶, la semejanza de la emblemática conceptual con la cuerda con nudos, podría no ser solo casual (figura 1.5)

El teorema de Pitágoras nos muestra una verdad geométrica, sin embargo no nos muestra su historia. Astronomía, arquitectura, geometría,

Aunque la explicación es referida a la medición de la superficie, se hace notar en que libro esta incluida.

²⁴ Georges Ifrah, *Historia Universal de las Cifras*, op cit

²⁵ . Ilah Gifrah, op cit. pp 1372, 1452.1453, 1483.

²⁶ Michel Serres, op cit. p. 278

ingenierías, física, filosofía, arte, e incluso ciencias políticas y psicología, encuentran en su definición, material de estudio.



Figura 1.5

Simón Stevin, Frontispicio de *De Beghinselen der Weeghconst* (La estática o el arte de pesar), 1586²⁷

Pocas veces, en la escuela media y media superior, se visualiza una aplicación del teorema de Pitágoras, en la construcción de un reloj de sol. Aquellos que hoy se encuentran vinculados al estudio del espacio, las redes o la topología en general, quizá no puedan percibir la impresión que estas palabras pueden traer. El teorema de Pitágoras muchas veces se nos muestra incompleto y sin todo el contexto que lo valida y legitima.

²⁷ http://fr.wikipedia.org/wiki/Simon_Stevin. Simon Stevin (1548 - 1620), también conocido como Simón de Brujas o Stevinus (forma latinizada de su nombre) fue un matemático de origen flamenco, ingeniero militar e hidráulico constructor de molinos y de fortificaciones, semiólogo, contable e intendente. A él se debe que el holandés sea una de las pocas lenguas en que la palabra matemáticas no siga una raíz grecolatina, sino que se diga *wiskunde*, traducción directa del significado de la palabra matemáticas propuesta por Stevin.

Propio del renacimiento, la emblemática y el marco teórico, inherentes a una matemática pitagórica, van a permear diversas áreas y se difundirán por distintas latitudes. Una cuerda, con nudos será, durante los siglos que cubre esta investigación, elemento necesario lo mismo en la navegación que en la emblemática de las construcciones franciscanas.

Utilizando el mismo teorema de Pitágoras, podemos, incluso, comprender el inicio de la sistematización racional de conceptos como rayo reflejo y rayo refracto, inherentes al estudio de la luz además de permitirnos conocer nuestro azimut, cenit e incluso encontrar nuestra línea de colimación personal, esto es la horizontal. Fue así como el mismo Euclídes aprendió²⁸.

Para esta investigación, estos prolegómenos se han mostrado indispensables para la comprensión tanto de la emblemática, la bibliografía y del quehacer mismo de la gnomónica en el espacio colonial novohispano ya que todo esto forma parte ya del entramado conceptual de la gnomónica y es por ende lenguaje especializado.

1.2. El reloj de sol y la construcción del tiempo griego

Cuanto trabajo pudo haber implicado para Platón (s V ac) en la Academia el estudio de las sombras, a él que amaba la geometría, él que conocía las formas perfectas y el mundo de la caverna.

Del trabajo de Michel Serres ampliamente difundido, *Historia de las Ciencias*, hemos de rescatar sus propias palabras, con respecto a la

²⁸ Vid. Michel Serres, en su obra *en las páginas*, p 68 a 100. Dicho capítulo intitulado *Gnomon: Les débuts de la géométrie en Grece*, en *Historia de las ciencias*, trata amplia y explícitamente la función que a juicio del autor tuvo la gnomónica dentro de la estructuración del pensamiento griego entre los siglos V a III ac.

gnomónica, y en específico al gnomon, no sin antes reconocer su formación inicial de ingeniero naval y sus colaboraciones con Michel Foucault en la obra *Las palabras y las cosas*:

“¿Toda esta aventura (referido al desarrollo del pensamiento griego) comenzó con la astronomía? ¿Cómo se observaba en la antigüedad?

“La aguja del cuadrante solar o gnomon proyecta sombras sobre el suelo o plano de lectura, según las posiciones de los astros y el sol en curso del año. Desde Anaximandro, se dice, los físicos griegos saben reconocer en estas proyecciones algunos acontecimientos del cielo. La luz que llega desde lo alto escribe sobre la tierra o la página de un dibujo que imita su paso, que representa sus formas y sus lugares reales en el Universo, por medio de la punta del estilete. Como en esos tiempos nadie tenía verdaderamente necesidad de reloj y las horas variaban mucho, ya que los días de verano o de invierno, sean cuales fueren su longitud o brevedad, se dividían invariablemente en doce, el cuadrante solar poco servía para indicar la hora, de forma que el reloj no lo ha desplazado en absoluto²⁹, sino que, en tanto instrumento de investigación científica, mostraba un modelo del mundo, dando la longitud de la sombra a mediodía en los días más largo y más corto, e indicando pues solsticios, equinoccios y latitud del lugar, por ejemplo: más observatorio, entonces, que reloj. No sabemos verdaderamente por qué el eje o pivote se llama gnomon, pero no ignoramos que esta palabra designa lo que comprende, decide, juzga, interpreta o distingue, la regla que permite conocer. La

²⁹ Marcación personal OMG, A propósito de aquella interpretación que establece la llegada del reloj mecánico como el momento del desplazamiento, u olvido, del uso de los relojes de sol.

construcción del cuadrante solar introduce la sombra y la luz naturales que esta regla, aparato de conocimiento, intercepta”³⁰

Es en la época del desarrollo del pensamiento griego que los instrumentos y conceptos ligados a la gnomónica empiezan a formalizarse. El obra de Euclídes, de amplia difusión en el espacio colonial novohispano, y en específico referida a la gnomónica, será uno de esos fundamentos.

Imposible por tiempo y espacio la inserción total del trabajo de Serres sobre el gnomon. No sería ético continuar sin reconocerlo. En la obra de este autor y a propósito de Euclídes, comprendemos, entre otros, la descomposición de la escuadra en regla y compás, de ello hemos iniciado nuestra guía en la búsqueda del herramental de la práctica distinguiéndola de símbolos y recuperándolos como signos de un quehacer.

El mismo autor también da elementos que permiten establecer de manera sucinta (sin requerir de estudios lingüísticos) la vinculación entre la letra y el numero, como elemento ordenador, o la música.

“El término Elementos, que traduce en latín y en nuestras lenguas modernas el título utilizado por Euclídes, y sin duda antes que él por Hipócrates de Quion, tiene origen en las letras L, M, N, de la misma manera que el alfabeto recita, deletrea las primeras letras griegas: alfa, beta, y que el solfeo canta las notas sol, fa, pues el título original

³⁰ Serres, *op cit* p. 82

(*Stoichea*) significa justamente las letras entendidas como elementos de la silaba o de la palabra”³¹

La letra y el número, tienen origen, las formas y figuras del pensamiento tienen evolución³². La evolución del lenguaje y su conformación a partir de estructuras provenientes de las lenguas semíticas, nos hará estas líneas mas comprensibles.

Dos elementos conceptuales eran utilizados dentro de la Gnomónica para la construcción de los relojes: el plano y la esfera.

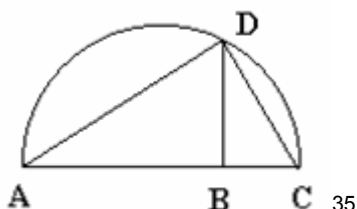
El teorema de Pitágoras fue desarrollado por Euclídes en sus Proposiciones 47 y 48 en el libro I. Es indispensable para la comprensión de nuestro tema enfatizar que teorema mismo remite al triángulo rectángulo plano en un entorno semiesférico. Ese teorema y su demostración, pueden ayudarnos a construir un reloj de sol, incluso una cuerda con nudos habría de servirnos.

Señalar la relación entre la obra de Euclídes y los relojes de sol se hace necesario. Primero, por haber sido en la época colonial un libro de extensa divulgación. Segundo, por constituirse como uno de los basamentos de la matemática renacentista y en particular la referida a la gnomónica.

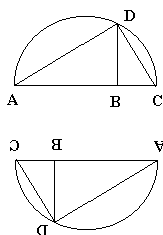
31 *Idem*, p 108

32 La capacidad de integrar conocimientos o experiencias personales que nos llevan lo mismo a recordar la *stoa*, como un espacio tridimensional, el *Gnomon* de Kandinsky. La formación como ingeniero naval, lingüista, filósofo y poeta, hacen de Michel Serres un autor cuya lectura presenta significados conceptuales transdisciplinares.

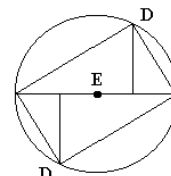
En la obra *Los elementos* de Euclides (325ac-265ac), en el libro VI, en el problema de la proposición 13³³ se nos introducimos en la Trigonometría³⁴ para poder construir, quizás, un reloj de sol de manera semejante a los que se hicieron hace mucho tiempo (2300 años)



El concepto de ciclo se obtendría al duplicar este gráfico e invertirlo en horizontal y en vertical.



Para luego juntar y buscar el centro.



Es en la misma obra de Euclides (libro IV) que empezamos a identificar algunos de los componentes físicos y conceptuales, posteriores, de los relojes

³³ Tomado de *Elementos de Euclides*. Los seis primeros libros de los elementos de Euclides. Traducidos de nuevo sobre la versión latina de Federico Comandino conforme a la fiel, y correctísima edición de ella publicada modernamente por Roberto Simson Profesor de Matemática en la Universidad de Glasgow e ilustrado con notas críticas y geométricas del mismo autor. Madrid, 1774, 360 p. Archivo Histórico de la Facultad de Ingeniería, UNAM. Palacio de Minería.

Libro sexto. Prop. XIII- Probl.

Hallar una media proporcional á dos rectas dadas.

Sean AB, BC las rectas dadas, y háyanse de hallar una media proporcional á ellas. Colóquense directamente, y sobre AC descríbese un semicírculo ADC, en el punto B elévese *a* BD perpendicular á AC y tírense AD, DC: será BD la media proporcional. Por estár el ángulo ADC en el semicírculo, es recto *b*; y por haberse tirado en el triángulo rectángulo ADC del ángulo recto a la base la perpendicular DB, esta será media proporcional entre los segmentos AB,BC *c* de la base.

Por consiguiente se ha hallado, &L.Q.D.H a 11.I b 3r.III c Cor.8. VI(anexar figura p.163)

³⁴ Dentro de la definición de Trigonometría aquí usada. Esta comprendido el saber tanto de la trigonometría plana como esférica. Lo anterior en correspondencia a la definición que de ella se tiene en el siglo XVIII

³⁵ Euclides, *Los elementos*, 13 libro 6

de sol³⁶. Ciclo, cuadrante, hora. Todo ello inserto en la problemática específica, de la matemática de la época, por ejemplo: la cuadratura del círculo, la trisección del ángulo o el doble del cuadrado (figura 1.6)

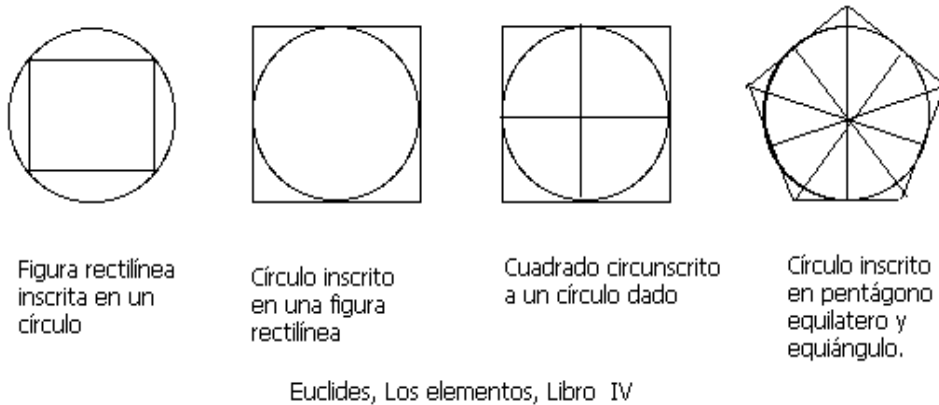


Figura 1.4

Los conocimientos propios de la Grecia del Siglo III a.c. al Siglo III d.c. pueden ser reconocidos bajo la hégida de la Escuela Neo-pitagórica, cuya principal sede, Alejandría, nos da muestra de ello. Identificando, reconociendo y ubicando siempre al gnomon y, registrando su sombra en una parábola es más fácil (lógico) comprender la construcción del reloj de sol.

Referido nuevamente a Euclídes nos dice Serres:

“Definiciones y Postulados (de Euclídes), conforman la tabla o el cuadro de los elementos o líneas, en el sentido formal, del lenguaje, puro o abstracto de estos términos, sentido en el que se entienden desde entonces. Pero el compás y la regla (o su suma: el gnomon) nos hacen ver esta tabla concreta. Ya que permiten construirlas, tirarlas, trazarlas,

³⁶ Desde el siglo V ac. Estos problemas constituirán la base de la problemática de la matemática. Su resolución habría de esperar al advenimiento de nuevos postulados y formalizaciones ya en los albores del siglo XX

³⁷ Euclídes, *op cit.* Libro IV

contienen o implican en cierta forma una infinidad de rectas, círculos, puntos, ángulos rectos, paralelas y figuras posibles, constituyen verdaderamente la memoria en la que están inmersas o de la que podemos extraerlas a voluntad, abstraerlas. Abstraer: sacar una línea de la tabla mencionada. La línea abstracta, sin más dimensión que la suya propia se extrae de la regla de madera o de mármol, se saca de ella en todos los sentidos...El verbo abstraer tiene ese sentido verdadero elemental... ¿Quién escribe? El gnomon de pie como una estatua... ¿Qué escribe? Rayas, líneas, puntos.... Es decir elementos, ¿Dónde se encuentran estos elementos? En la regla y el compás o en su resultante, la escuadra, es decir, el gnomon, dicho de otra forma, el elemento.”³⁸

Será en el contexto anterior que las innumerables citas a Euclídes y su obra, habrán de ser inscritas en el entorno de la gnomónica colonial. Euclídes es más que un personaje para la historia de las ciencias, y en específico de la gnomónica colonial, como veremos más adelante, es sobretodo: un fundamento. Algunas semejanzas se han resaltado en el curso de la investigación y han de permitir estudios posteriores (figura1.7).

“Estos relojes (son)... conocidos bajo el nombre de cuadrante solar y/o de hemicycle... Bajo el nombre de cuadrante solar se reconoce al “instrumento de remota invención que mediante el movimiento de la sombra arrojada de un estilete sobre una superficie horizontal o vertical.”³⁹

Euclídes contribuye a unir el número y la letra. El tiempo y la distancia.

³⁸ Serres, *Hstoria*, p 111

³⁹ *Enciclopedia Hispano-Americana* de Literatura, ciencias, arte, etc. Editores Montaner y Simon, Barcelona y W.M. Jackson, Incc. N.Y. De Colonial Press. 25 t. T. ----1425



Reloj de Sol correspondiente al tipo Hemiciclo⁴⁰



Convento Carmelita del Desierto de los Leones. (sin definir)

Figura 1.7

1.3 Gnomónica y conocimiento.

Pretender construir un reloj de sol el día de hoy, con técnicas y métodos que históricamente tienen un pasado milenario, nos llevará no solo a atrapar rayos de sol, sino incluirá el identificar, entre otros, el *aquí* y el *ahora*, en términos simples o de coordenadas cuando el tiempo nos las provee. Para efectos de la ciudad de México (aprox.) nos encontramos a 19 grados latitud norte, esto es con respecto al ecuador.

En este punto solo nos falta empezar a preguntarnos, ¿qué es la latitud?, ¿qué es un grado?, ¿qué es el ecuador?, ¿desde cuando existen estas palabras?, ¿cómo se identificaron?, ¿para que sirve relacionar esas palabras con los relojes de sol? ¿qué es una línea imaginaria? Y todas aquellas preguntas que de lo anterior deriven. Circunscritas al ámbito expreso de nuestra investigación algunas preguntas que nos surgen son: ¿cual es el derrotero de esta actividad y los conocimientos en este tema, en el lapso de

⁴⁰ Este diseño data de la época Helenística (s. III a.c) y llega hasta la Edad Media. (s XV d.c.) Relojes Centenario, Zacatlan, Puebla

tiempo definido, en nuestro espacio nacional?, ¿cuál es su vigencia?, ¿por qué se da un gran desconocimiento en la actualidad sobre el tema?

En años recientes, hemos visto aparecer una bibliografía, cada vez más abundante sobre el tema de los relojes de sol. Algunos de esos textos corresponden a traducciones del italiano o del alemán⁴¹, algunos otros son propios de la lengua española⁴², no en todos ellos aparece la gnomónica. Muchos incluso la desconocen. Pocas, como la referencia explícita a la gnomónica en el libro de Gian Carlo Pavanello y Aldo Trincheri, *Relojes de sol. Historia, funcionamiento y construcción*, nos introduce al tema desde nuestro tiempo.

“La gnomónica es el arte de construir los relojes solares. También se puede definir, en otras palabras, como el arte y la ciencia de medir el tiempo con las sombras producidas por el Sol u otros astros; para hacerlo, esta disciplina estudia los complejos movimientos aparentes del Sol en la esfera celeste y las relaciones matemáticas y geométricas que existen entre las diversas magnitudes astronómicas”⁴³.

En su obra, Pavanello nos dice: “La gnomónica es un *diálogo con el Sol, un coloquio con las estrellas*, como escribía Piero Portaluppi”. Y continúa:

“En el pasado, la gnomónica fue una profesión noble, una rama e las matemáticas y de la astronomía; es más, fue una fusión de ambas con la

⁴¹ Gian Carlo Pavanello y Aldo Trincheri, *Relojes de sol. Historia, funcionamiento y construcción*, Editorial de Vecchi, Barcelona, 1998, 189p. Embacher Franz, *Teoría y construcción, Relojes de sol*, 2da ed. española, Sevilla 1992, 117p

⁴² Rafael Soler Galla, *Diseño y construcción de relojes de sol*. Prontuario para la construcción de relojes de sol con la justificación de los métodos y fórmulas, Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, Demarcación de Baleares, Colección de Ciencias, Humanidades e ingeniería No.29, Madrid, 1989, 379p.

⁴³ Pavanello, *op cit*, p. 109

inspiración pictórica, decorativa e inventiva. Produjo una infinidad de relojes caracterizados por su factura y su técnica, sumamente refinadas. Cada reloj de sol no es sino un modelo del cosmos, una representación de la esfera celeste: en ella se hallan grabados o pintados todos los elementos siderales descritos en el capítulo “Nociones de cosmografía”.⁴⁴

“El término gnomónica, utilizado como adjetivo y también como sustantivo, deriva de la denominación del elemento básico de los relojes solares, es decir, el elemento que proyecta la sombra (imagen del Sol (sic)), llamado estilo, varilla, índice, indicador o gnomon. Deriva del griego *gnómon* γνῶμων, que significa *juez, indicador, que tiene conocimiento*, (el término *gnome*, significa precisamente, conocimiento).

“Los artistas-científicos (sic) que profesan este arte se denominan (o mejor dicho, se denominaban) gnomonistas; en Francia se ganaron el apelativo simpático de *cherche midi*, es decir, *busca mediodías*, tal vez por su afán en perseguir el mediodía para realizar la medida fundamental de la gnomónica, la declinación de la pared, punto de partida para efectuar todos los cálculos de construcción. Aún hoy en el corazón de París, en la

⁴⁴ En este apartado, Pavanello se refiere a: Movimientos reales y aparentes, símbolos de ángulo y de tiempo, círculos y puntos en la tierra y en la bóveda celeste, horizontes, cenit y nadir, polos terrestres y celestes, ecuador terrestre y celeste, meridianos y paralelos sobre la tierra, latitud y longitud, meridiano celeste (o vertical sur) de un punto terrestre, Movimiento real de la tierra alrededor del sol y movimiento aparente del sol alrededor de la tierra. Rotación terrestre, día sidéreo y día estelar, día solar, eclíptica, líneas apsidal, solsticial y equinoccial. Movimiento en declinación y en ascensión recta del sol durante el año trópico. Año sidereal y año trópico. División en cinco zonas en los relojes de sol. Zodiaco: signos y constelaciones. Estaciones astronómicas y estaciones meteorológicas, *idem* pp 53-85

zona de Montparnasse y Bienvenue, existe una calle dedicada a los busca mediodías, la rue du Cherche Midi”⁴⁵.

La sola mención del mediodía, nos implica ya reconocer las particularidades que se dan en la observación del trayecto aparente del sol, mas allá del trópico de Cáncer. Junto a su definición de gnomónica y algunas apreciaciones personales, Gian Carlo Pavanello nos brinda también los nombres de algunos instrumentos para su práctica: compás, plomada, falso estilo para clavar en el muro, nivel, escuadra, escuadra de dos dimensiones⁴⁶.

No será sino hasta finales del siglo XVIII que la gnomónica se va diferenciando en términos conceptuales. Ya en el espacio temporal de la Revolución Francesa, J.P. Montucla en su *Historia de las Matemáticas* diferenciaba entre la acepción de las matemáticas de la antigüedad griega que englobaba a la geometría, a la gnomónica, al igual que a la música y otros conocimientos superiores⁴⁷ y lo que el denomina puras o abstractas. Para él las primeras son aquellas que denomina mixtas o más ordinariamente físico-matemáticas. Las matemáticas puras o abstractas, consideran las propiedades de la cantidad de una manera abstracta y en tanto capaz de aumentar o de disminuir mientras que las matemáticas mixtas o físico matemáticas se consideran en función del espacio o de la dimensión (*étendue*).

Ya para ese autor las matemáticas mixtas, no eran otra cosa que “ciertas partes de la física, susceptibles por su naturaleza a una explicación especial de

⁴⁵ *Idem*, p. 109-111.

⁴⁶ *Idem* fig. p. 110

⁴⁷ J. F. Montucla, *Histoire des mathématiques dans laquelle on rend compte de leurs progrès depuis leur origine jusqu'à nos jours*, Institut National de France, Paris, año VII (1799-1802), 4 V, T, I, p 2

las matemáticas abstractas⁴⁸ y procede mediante ejemplos a identificarlas. Algunos de estos casos son referidos al estudio de la luz en la reflexión o refracción, al establecimiento de los ángulos de incidencia o de refracción, estableciendo de esta manera los componentes geométricos, de óptica o de matemática pura ahí presentes.⁴⁹

En este punto, el tema empieza a hacer resaltar algunas de sus particularidades. Ya que el objetivo de la investigación se ha centrado en el espacio colonial mexicano (espacio-tiempo) hemos de puntualizar que: siendo la gnomónica una práctica producto de un desarrollo cultural situado, en ocasiones, en latitudes diversas y diferentes a la nuestra (por geografía o cronología), su desarrollo y aplicación implicó un proceso de adaptación que posibilitó incluso su evolución al mismo tiempo que transcurre el tiempo. No será idéntica, en su manifestación, la gnomónica del siglo XVI a aquella del siglo XVIII, mas si será semejante en su contenido conceptual.

Si seguimos la referencia del concepto de mediodía, tomado de acuerdo a Pavanello, citado en el párrafo anterior, la acepción de éste, está determinada por la ubicación geográfica de que trata el texto en cuestión. En la nota citada en los párrafos anteriores y referido a aquellos países (Europa) ubicados al norte del trópico de cáncer, el termino *mediodía* hace alusión al punto cardinal, reconocido en la latitud de la ciudad de México, (19 grados N) como sur, ya que por la latitud del lugar, en esos lugares, el sol del mediodía, no encuentra en ellos, durante un año la posibilidad de alcanzar el cenit y siempre permanece cargado hacia el hemisferio sur celeste.

⁴⁸ *Idem p 4*

⁴⁹ *Idem p. 4*

Una vez especificada la necesaria correspondencia geográfica ligada a la gnomónica, e Identificado en el presente la acepción de la gnomónica, hemos de iniciar su búsqueda en el tiempo a estudiar. Para lo anterior hemos recurrido, en primera instancia a los diccionarios de la época, disponibles incluso en Internet. Como se ha dicho, se entiende en lo general por:

Gnomónica: La ciencia que trata y enseña el modo de hacer relojes de sol. Lat. Gnomónico⁵⁰

Para este trabajo se ha reconocido, de inicio como *Reloj de sol a*: La estructura o instrumento realizado por el ser humano para: el registro, la medición, la contabilización y/o prospectiva del tiempo a partir de las sombras que se obtienen en la intersección de un rayo de luz de sol y un elemento denominado gnomon.⁵¹

En la búsqueda de los componentes de los relojes de sol, las definiciones que se dan a los inicios del siglo XVIII por la Real Academia de la Lengua Española, nos han servido, también, como punto de partida.

Gnomon. El estilo o varita de hierro con que se señalan las horas en los relojes de Sol. Es voz puramente latina. Gnomon. Astrolabios, espejos de metales diversos, anillos solares, gnómones, relojes y maquinas. En la Cantería es lo mismo que Escuadra⁵².

⁵⁰ Vid. Nota No. 4

⁵¹ Se entiende por reloj, cualquier mecanismo o ingenio que mida el tiempo cronológico. Puede ser de agua (clepsidra), de fuego, de arena, mecánico, eléctrico, de cuarzo, atómico, etc. Se entiende por reloj solar del tiempo medio al reloj solar que tiene en cuenta la irregularidad aparente del sol, mediante la ecuación del tiempo. El tiempo medio puede ser el local, el del meridiano determinado o bien el tiempo medio del huso. Gian Carlo Pavanello et al, *Relojes de sol op cit*, p. 22,

⁵² Real Academia Española, 1734, *op cit*, p 56

Gnomon movable. Es un instrumento compuesto de dos reglas movibles sobre un punto, a modo de compás, con el cual se toma cualquier ángulo, y se pasa a las piedras en quienes se ejecuta. Llamase también Saltarregla⁵³.

De lo anterior surgen ya algunos de los espacios disciplinarios, profesionales o de actividad que nos han permitido reconstruir este bosquejo de la práctica y el instrumental de la gnomónica en la época colonial: Astronomía, geometría, cronometría, matemáticas serán solo un punto de partida.

1.3.1 Componentes básicos de la práctica

De la búsqueda y localización de los relojes de sol que aún existen en nuestro territorio nacional, se ha concluido que en el existieron casi todas la posibilidades de los mismos: horizontales, verticales, de pared, ecuatoriales, de bolsillo, de gabinete, integrados a sistemas hidráulicos⁵⁴, de sombras, de espejos, e incluso posiblemente de sonidos, sin profundizar en esto último.

Los componentes básicos que integran al concepto del reloj de sol, dentro de la gnomónica, son:

- Sol,
- Rayo de luz,
- Registro,
- Plano (plano como tal o integrado a la esfera),
- Sombra
- Ángulo de reflexión.

⁵³ *Idem*

⁵⁴ En una franca combinación con el concepto de clepsidra o reloj de agua.

Entendiendo al reloj de sol, en su función de registro, medición, contabilización y/o prospectiva del tiempo, se identificaron los siguientes componentes básicos:

SOL	RAYO	SOMBRA (gnomon) ⁵⁵	REGISTRO
EMISOR	VARIABLE	CAMBIO DE VARIABLE	INTERPRETACIÓN

En el transcurso del tiempo y dependiendo de la evolución del conocimiento, encontraremos distintos tipos de relojes de sol que pueden ser considerados en la siguiente generalización:

SOL	RAYO	SOMBRA (GNOMON)	REGISTRO
CUERPO LUMINOSO ⁵⁶	TODOS LOS RAYOS PASAN MENOS UNO	OBSTÁCULO	PLANO SEMIESFERICO TRIDIMENSIONAL
	SOLO SE DEJA PASAR UN RAYO	PERPENDICULAR AL PLANO	PLANO SEMIESFERICO TRIDIMENSIONAL CONCAVO
		HORIZONTAL AL PLANO (MANTENIENDO LA GRADUACIÓN DE LA INCLINACIÓN DE LA TIERRA CON RESPECTO AL ECUADOR) O DIVERSOS	AQUEL QUE RESULTE COMO DECISIÓN DEL CREADOR.

Comprender los trabajos sobre los relojes de sol, lleva a la lectura y la relectura, a la búsqueda en nuestro entorno y, curiosamente, también nos llevan a ver el horizonte y a la contemplación del cielo. Los trabajos sobre los relojes de sol nos recuerdan el universo y nos enseñan a contar el tiempo. Nos

⁵⁵ En el transcurso de la investigación, este elemento fue matizado e incluso comprendido a partir de la misma ciencia tal cual ella se ha definido. En la evolución del trabajo, el gnomon ha sido reconocido incluso en sus acepciones en otros idiomas como el gnomon (brújula) o *rosette* (marcador)

⁵⁶ El cuerpo luminoso del sol puede ser sustituido. Tal es el caso de los relojes de luna, en el cual es el rayo lumínico lunar el que se utiliza.

hacen buscar el sol y estudiar las sombras, nos recuerdan la conveniencia de tener un *oriente* para no estar desorientados y un *norte* para evitar nortearnos, nos hacen buscar el *azimut*, al encontrar nuestro centro personal de gravedad e identificar el *ángulo de colimación*, aprendiendo a través de nuestro cuerpo. El reloj de sol nos adentra en espacios especializados que nacieron con el *observar* del ser humano y su deseo de *comprender*.

Innumerables serán las palabras a este saber asociadas: analema, latitud, longitud, declinación, división áurea, esfera celeste, meridiana, meridiano, orto, precesión, cenit o zodiaco son algunas de ellas y esto sin olvidar, al tiempo, el año o la hora.

CAPITULO 2

DELIMITANDO EL TIEMPO Y EL ESPACIO.

LOS COMPONENTES DISCIPLINARES DE LA GNOMÓNICA

En este capítulo se busca identificar aquellas situaciones resultantes de una formación disciplinar que obstaculizan una cabal comprensión de la actividad de la gnomónica. Como se verá más adelante, algunos elementos del diseño y construcción de los relojes de sol son simplemente pertenecientes a la cronometría, entre otras disciplinas, sin embargo en su construcción otros muchos saberes estaban ahí presentes: matemáticas, astronomía, retórica o lingüística e incluso el conocimiento comparado de varias religiones.

Una historia presentada de manera lineal y secuencial muchas veces solo nos permite atisbar en esa complejidad humana viva, que hoy contemplamos como pasado. Muchos de los primeros relojes de sol se han perdido, de ellos solo nos queda la posibilidad de intuirlos, los saberes que los promovieron sólo podemos reconocerlos.

La aparición del cristianismo dentro del espacio del imperio romano, y la consiguiente carga cultural heredera de factores multiculturales, entre los que destacan la hebraica, la egipcia, la mesopotámica, etc. puede permitirnos seguir en la recreación de la formación de algunos conceptos, de un conocimiento y de un quehacer mismo. De manera simultánea a lo anterior encontramos que algunos de los conceptos implicados en la construcción de los relojes de sol pueden ser seguidos, metafóricamente, a través de algunas obras de arte o de las formas geométricas en las que ellas se inscriben.

Para entender como se van fusionando a lo largo del tiempo todos los elementos interculturales, presentes en la gnomónica, es necesario integrar conocimientos de la historia de pueblos en sí mismos distintos, así como sus interrelaciones. Este entendimiento, no será dado en una temporalidad única y reducida en el espacio, sino que, requiere de una dimensión temporal y espacial mayor que la utilizada generalmente en la investigación histórica.

De igual manera, al enfatizar las contribuciones interculturales que determinaron a la gnomónica a partir del renacimiento, nos ha sido menester hacer el señalamiento de algunos componentes conceptuales, al día de hoy disciplinares, que ahí incidieron.

Si bien por su complejidad y riqueza no es posible mencionar, en este trabajo, todos los conceptos inherentes a la gnomónica y menos aún seguir su construcción histórica, se han señalado algunos de estos elementos a fin de presentar una panorámica de los aspectos que la constituían.

Producto en gran parte de lo anterior se han podido identificar y caracterizar, en lo temporal, y a grosso modo, tres momentos en el desarrollo de la gnomónica colonial:

- Una gnomónica anterior a la reforma calendárica de finales del siglo XVI y que incidía tanto a nivel de practicas específicas, como la navegación o la astronomía, o lo religioso, o en la comunicación intercultural. (1492-1582)
- La gnomónica promovida desde el interior de grupos religiosos en el espacio español y colonial y que se desarrolla a partir de la reforma calendárica del Papa Gregorio y hasta la expulsión de los

jesuitas del territorio colonial novohispano. Con un componente ritual religioso, al mismo tiempo que curricular.(1582-1768)

- Una gnomónica en proceso de ser diluida al interior de las curricula educativa, más altamente presente a través de una emblemática, religiosa y social, desarrollada alrededor de sus conceptos, aplicaciones e incluso grupos sociales. (1768-1821)

Cada uno de estos periodos posee elementos que les son propios y como tal han de ser considerados.

2.1 Ciencia y lenguaje

De manera semejante a la vinculación intercultural dada en la matemática y la astronomía con el mundo hebreo, esta y el instrumental que apoyó a la gnomónica. tuvo una gran relación con el mundo musulmán. En el caso de la gnomónica colonial esta influencia se vio reforzada por la coexistencia previa a la conquista, durante casi 8 siglos, de grupos de conocimiento interreligioso y por ende intercultural, al interior de la península ibérica.

La búsqueda en diccionarios en el siglo XVIII de las palabras asociadas a la gnomónica, ha marcado el camino de los signos propios del saber. La definición del siglo XVIII de la trigonometría nos muestra a la gnomónica en su cercanía.

Trigonometría: el arte que enseña la resolución de los ángulos, tanto

planos como esfericos. Es voz griega⁵⁷.

Junto a la definición de Trigonometría, se encontró la de Trígono

Trígono, Instrumento de la Gnomónica. Véase Radio de los signos.⁵⁸

Trígono. f.m. Term. Astronómico. Agregado de tres signos celestes de la misma naturaleza, y calidad, cuya colocación figura un aspecto trino por la tercera parte del Cielo, en que recíprocamente se ven: y así Aries, Leo, y Sagitario es trígono ígneo, conviene a saber cálido, y seco, y así los demás. Es voz griega. Lat. Trigonus, i. Figuer, Plaz. Dic 8. El trígono, o trino (señalados) con un triángulo.⁵⁹

En estas definiciones no se señala en lo absoluto el papel que desempeñó la presencia musulmana en el territorio español y menos aún su participación en la construcción de la trigonometría⁶⁰. Tampoco se menciona la relación existente entre la gnomónica y prácticas que hoy se encuentran estigmatizadas al desconocerse su función en términos de la observación astronómica y su papel en el desarrollo del conocimiento.

En el siglo XIX, después de la Revolución Francesa y sus consecuencias educativas e ideológicas, se vera aparecer en los mismos diccionarios algunos términos cuya ortografía puede ser asociada, sin reconocérsele ahí, al tema de nuestro estudio, y cuyo sentido puede proveernos de material para reflexiones posteriores que son indispensables para iniciar la identificación de las disciplinas

⁵⁷ Real Academia Española. *Diccionario de la lengua castellana, op cit*, Tomo sexto. Que contiene las letras S.T.V.X.Y.Z. Madrid. Imprenta de la Real Academia Española, por los herederos de Francisco del Hierro. 1739. p.355 Reproducido a partir del ejemplar de la Biblioteca de la Real Academia Española. *Idem*

⁵⁸ *Idem*.

⁵⁹ *Idem*.

⁶⁰ Juan Vernet, *Lo que Europa debe al Islam de España* p. 94

que concurrían en la gnomónica, como se vera en el transcurso de esta investigación

Gnómico, ca (sentencia) Dícese de los poetas que escriben o componen sentencias y reglas de moral en pocos versos y palabras, y de las poesías de este género.⁶¹ (RAE1884)

Gnomo.m. Según las antiguas mitologías del norte de Europa y ciertas doctrinas cabalísticas, cada uno de los enanos fantásticos, genios elementales de la tierra, en cuyas entrañas moran, trabajando en las minas, custodiando los tesoros subterráneos y cuidando de los metales y piedras preciosas.⁶² (RAE 1884)

Fue hasta ese mismo diccionario de 1884 que la Real Academia Española integró a la definición de la gnomónica su pasado griego. En ese mismo volumen aparecen ya vinculado el gnomon, estilo o estilete, o marcador de los relojes de sol a la acción misma del conocer, al mismo tiempo que se delimitan palabras asociadas como *gnomo* y *gnómico*. Estas últimas palabras serán solamente comprensibles al identificar la astronomía, la mineralogía y la retórica, integradas en un saber que hoy sería reconocido como multidisciplinar.

Sin diferenciarse en lo fundamental la definición de gnomónica de 1884 a la de 1734, ya en la descripción del *gnomon* de ese año se incorporaron conceptos pertenecientes a disciplinas aún vigentes de saberes especializados

⁶¹ Real Academia Española. *Diccionario de la lengua castellana* por la Real Academia Española. Duodécima edición. Madrid . Imprenta de D. Gregorio Hernando. 1884. p. 533. Reproducido a partir del ejemplar de la Biblioteca de la Real Academia Española. <http://buscon.rae.es/ntlle/SrvltGUIMenuNtile?cmd=Lema&sec=1.0.0.0.0>.

⁶² Idem.

y que no estaban presentes con anterioridad como serían: azimut, cenit, altura del sol, etc.

Para muchos de nosotros grande puede ser la sorpresa al reconocer un triángulo no plano. Mas grande puede ser la misma cuando, en el mundo, ubicamos muchos más triángulos esféricos que planos y al reconocer que su uso posibilita hoy en día las comunicaciones espaciales, eso sin olvidar los teléfonos celulares o los servicios televisivos satelitales o el simple volar en avión. Mas extrañeza puede ocasionar, encontrar asociadas y ligadas palabras pertenecientes a disciplinas con términos aceptados como esotéricos, alquímicos o con connotación mágica y de creencias específicas, no reconocidas en una comunidad científica.

Es una de nuestras hipótesis de investigación que las dificultades propias de un saber hacer, aunado a los miedos personales para enfrentarlo y explicarlo, así como a las estructuras sociales de poder, (incluyendo aquellas que por definición encarnan la transmisión del conocimiento de la ciencia), pueden tratar de ser evadidas con explicaciones simbólicas o míticas, validadas en su comprensión, incluso culturalmente. En el origen, correspondiendo a una realidad históricamente evolutiva y a un universo cognitivo que las legitimaba y las hace comprensibles, esas “aparentes” dificultades, desaparecen al identificar el medio que las promueve y las clarifica. En este caso, tal será para nosotros el valor del estudio de la gnomónica, ya que nos acerca y promueve al estudio de ciencias como las matemáticas, las ingenierías y la astronomía entre otras, en el contexto

colonial, permitiéndonos identificar un desarrollo del conocimiento a partir de fundamentos de ciencia.

Este punto constituirá uno de los principales pivotes de interés para la investigación ya que la “aparente” desaparición de la gnomónica del espacio nacional no podrá ser atribuida solo a esquemas cosmológicos, sino que implicara, incluso, elementos ideológicos o intereses de grupo que no necesariamente son reconocidos.

2.2. Aprendiendo en la historia a escribir y a contar.

Este apartado pretende contribuir a vincular una realidad ptolomeica, olvidada y, muchas veces menospreciada, con una realidad copernicana. Una y otra visión de la realidad, corresponden al esfuerzo del ser humano para comprender y aprender de la naturaleza. Una nos muestra un universo como es percibido, la otra nos lo muestra en su funcionamiento. Las dos se nos muestran en el mural sur de la Biblioteca Central ampliamente conocido y por muchos no reconocido en el entorno universitario. La primera se da en una correspondencia biunívoca con las observaciones de la gnomónica, la segunda requirió de esas observaciones para su desarrollo.

Con frecuencia la observación astronómica previa al modelo copernicano queda reducida a sus implicaciones astrológicas, sin resaltar en su justa medida otras asociaciones. Como se verá más adelante la gnomónica tuvo diversas aplicaciones y si bien, en lo fundamental, correspondió a actividades de ubicación (navegación), ritualización (religiosas) o datación (ciclos agrícolas) fue también promotora del desarrollo del conocimiento.

Si bien este trabajo reconoce tanto acciones ligadas a la observación astronómica como al conocimiento matemático, entre otros, hablar de la gnomónica en el periodo colonial significa, en si mismo, hablar de signos, símbolos o representaciones así como los modos y momentos en los que estos se materializaron y que nos son desconocidos en muchos casos.

Para poder comprender esta emblemática gnomónica se requerirá regresar, a una geometría euclidiana que, al momento de la llegada de la gnomónica al territorio nacional, iniciaba su difusión en el espacio europeo⁶³ con el auge por instrumentos, de diversa índole como el astrolabio y la dioptra, así como su posterior evolución, a lo largo de tres siglos y que habría de desembocar lo mismo en la formalización del cálculo o la aparición de un teodolito. Ya que junto con los conocimientos también se encontraron los instrumentos y rituales asociados, las comunidades que ahí participaron hubieron de ser consideradas para esta investigación.

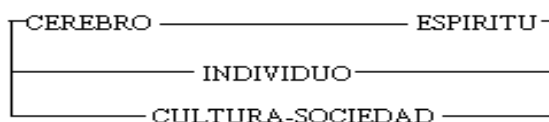
Diferenciar el número y la letra, las matemáticas y el lenguaje, en su evolución, es distanciar dos actividades profundamente humanas que al momento por nosotros estudiado se encontraban íntimamente ligadas y que hoy se reencuentran en conocimientos especializados.

Imágenes y conceptos fueron y siguen siendo el medio que el ser humano ha desarrollado, instrumentado, conformado, para la comunicación y

⁶³ La obra de Euclídes fue conocida a partir del siglo VIII a partir de las traducciones al árabe que de ella se hicieron Ya en el siglo X en el territorio de la península ibérica, concretamente en el Califato de Córdoba el trabajo de Euclídes era conocido y clasificado como formando parte de los saberes "importados".Estos últimos incluían según Jwarizmi (977): filosofía, lógica, medicina, aritmética, geometría, astronomía, música, mecánica y alquimia Vernet, *op cit.* p. 57. Será a partir del siglo XVI que esta obra será difundida en sus versiones de latín figurando entre sus traductores el ingles John Dee y el jesuita Clavius, .Sabine Rommevaux, *Clavius une clé pour Euclide au XVI siecle*, Mathesis, VRIN, 2005, 313 p.

por ende para la transmisión de la información y todo ello siempre en un tapiz del tiempo en evolución. Todas y cada una de las imágenes y palabras, asociadas a la gnomónica encontrarán un referente que para ser comprendido requiere de un acercamiento a aquello ubicado dentro del desarrollo del conocimiento científico: la historia de la ciencia. Esto es: el tiempo de la gnomónica, dentro del cual se insertan la letra y el número correspondiendo a un comportamiento sistémico a veces ignorado, o soslayado y en donde la historia y la cultura imperante, conforman y determinan.

No pudiendo desvincular la actividad cognoscente del ser humano de su entorno social y cultural (figura 2.1), hemos de reconocer que en el esfuerzo por comprender pasados de dicha actividad incluso ha de hacerse en el pleno reconocimiento de nuestra determinación presente.



64

Figura 2.1

2.2.1 La letra y el número

Varios serán los escollos a vencer en el estudio de la gnomónica colonial.

Un primer obstáculo en el manejo de las palabras referidas al tema de la gnomónica, será el uso de aquellas palabras que siendo homónimas⁶⁵

⁶⁴ Morin, *El método*, *op cit* p 94. Este tópico ha sido ampliamente desarrollado por teóricos de la semiótica y se encuentra implícito en trabajos como los de Humberto Eco, ampliamente conocidos. *Vid.* Eco Humberto, *La definición del arte*, Ediciones Martínez Roca, 2da. Ed. 1972, Barcelona, 285p., *La estructura ausente, Introducción a la semiótica*, Editorial Lumen, 4a. ed., España, 1989, 446 p. y *Los límites de la interpretación, Palabras en el tiempo*, Lumen, 2da. ed. Barcelona, 1998, 214p.

presentan un significado altamente diferente, y disciplinar, como es el caso de: tropo, parábola, figura, etc. que por definición de diccionario, caen, ya sea, en el ámbito de las letras, el de las matemáticas e incluso la especulación especializada⁶⁶.

Un segundo obstáculo será la desmitificación de palabras que por uso, costumbre y/o cultura han caído en el ámbito de pseudo-ciencias y son representativas de un siglo XXI determinado por la posmodernidad.

Un tercer obstáculo será la dificultad (aparente) de construcción del concepto matemático o geométrico como ente abstracto, culturalmente aceptada, y que se reconoce, a nuestro entender, a partir de la pérdida del componente experiencial que lo valida como estructura lingüística del pensamiento.

El uso de estas palabras homónimas, dentro de una historia que pocas veces enfatiza el origen simbiótico de ambas grafías y que, como tal, se nos muestran a lo largo del tiempo⁶⁷, sólo puede ser comprendido a partir de las estructuras del lenguaje que en ellas se identifican con un auténtico espíritu integrador que en ocasiones puede llevarnos incluso de la mano. Una manera de atender a la gnomónica es comprender que los tiempos cambian y que la información de la cual se dispone el día de hoy no necesariamente es compatible con aquella que se tenía en los siglos anteriores. Muchas veces en el tratamiento del pasado esto, que es evidente, es olvidado por obvio.

⁶⁵ Calidad de homónimo. Homónimo(a) Dícese de dos o mas personas o cosas que llevan el mismo nombre. Dícese de las palabras que siendo iguales por su forma tienen distinta significación. Diccionario Larousse usual, 1982, p 371

⁶⁶ Vid. Por ejemplo: F.R.Ankersmit, *Historia y tropología, Ascenso y caída de la metáfora*, F.C.E. Breviarios No. 516, México, 2004, 470p.

⁶⁷ Serres, *Historia de las ciencias e Historia de las cifras*, Gifrah

Es en la gnomónica, y es esta parte de nuestra propuesta, donde podemos empezar a vislumbrar esa relación estructural, letra-número, que no necesariamente es evidente a una primera mirada⁶⁸.

Como ejemplo de lo anterior y referido en especial a la gnomónica, hemos de recordar que a partir de prácticas astronómicas como las babilónicas fueron contruidos conceptos que ahora están implícitos dentro del concepto de sumatoria, o para el desarrollo de números poligonales, triangulares, o cuadráticos, o el de base, incluyendo base 2, 10 o 60. Tomando en cuenta que los medios a partir de los cuales se desarrollo dicho conocimiento, fue por ejemplo un marcador solar y con el cual, posiblemente, la definición de instante fue construida, los conceptos pueden empezar a evidenciársenos.

Con frecuencia en la representación románica del Cristo en Majestad, encontramos asociada al *Alfa* y el *Omega*. Principio y fin entendidos de manera litúrgica y simultáneamente la primera y última letra del alfabeto griego. Una imagen semejante nos acerca a las palabras de la gnomónica a modo metafórico e histórico. Una imagen como tal, nos recuerda el inicio de la matemática griega, ligada incluso a sus componentes hebraicos. Estas fueron las letras utilizadas en la acción del contar previo a la numeración llamada arábica y hoy reconocida en su origen hindú.

La reflexión que se da cuando enfatizamos en el hecho de que los griegos realizaran su matemática con letras y que estas derivan de su contacto con el pueblo hebreo, o la asociación frecuente de la figura del evangelio de San

⁶⁸ ver p. 274 Diccionario Enciclopédico de las ciencias del lenguaje y en Sausurre *op cit*.

Juan (libro, ángel o persona)⁶⁹, o la asociación de la persona de Jesús con el símil de la luz y la palabra, y la forma de la mandorla que lo contiene; nos sumergen a través del símbolo a la metáfora gnomónica y sus contenidos. Lo anterior lo mismo nos lleva al contenido doctrinal, que a una historia de la iglesia o a la evolución del lenguaje y sus, casi olvidados, componentes semánticos, y, en el caso de este trabajo, a una historia de las ciencias o a una práctica y a un conocimiento, en este caso: la gnomónica.

Referido a la disociación de los saberes, implícitos en la gnomónica, quien no recuerda aquella primera letra *a* identificada como área, o esa letra *a* dentro de un desarrollo algebraico, o esa letra *a* que ubicado en el seno de un ángulo nos inicio en la trigonometría. Letras que sirvieron para la formación de un pensamiento matemático y que continúan con ese papel, al acercar al ser humano a un proceso de abstracción, hacia la comprensión, manipulación, control y/o transformación de la naturaleza, tal como se hiciera en el pasado.

Pocas veces identificamos a la *A* como el signo que nos permitió a los seres humanos insertarnos como parte conciente de la naturaleza. Olvidamos las palabras de Vitrubio (S.I) que indicaban para la construcción de un reloj de sol las indicaciones siguientes:

“Desde la línea trazada sobre el plano se medirán, con la ayuda del compás, nueve segmentos iguales en la misma línea del gnomon, donde

⁶⁹ Y en el cual se señala a propósito de la figura de Jesús: En el principio era la Palabra, y la Palabra ante Dios, y la Palabra era Dios...y para los hombres la vida era luz. La Luz brilla en las tinieblas, y las tinieblas no la recibieron.... Vino un hombre, enviado por Dios, que se llamaba Juan... como testigo de la luz...Aunque no fuera el la luz, le tocaba dar testimonio de la luz. Ella era la luz verdadera, la luz que ilumina a todo hombre y llegaba al mundo.. Evangelio de San Juan, I,1 a 9. *Biblia Latinoamericana*.

quede marcado el segmento noveno se fijará el centro, señalando con la letra A⁷⁰

El nacimiento del lenguaje, su desarrollo y evolución, es parte misma del comprender el modo en el que, el conocimiento se va construyendo a lo largo del tiempo⁷¹. El posible origen común y las diferentes estructuras de construcción que se van manifestando en los fenómenos del lenguaje y del proceso matemático, dan elementos que nos introducen a enfoques holísticos aún no aprehendidos a cabalidad.

Hablar de las palabras implícitas en nuestro tema es recorrer, aunque sea someramente, aquellos, hoy clásicos, que nos adentraron en la reflexión de las mismas. Nuestro reconocimiento desde el inicio de este trabajo en tanto cimientos de un modo de ver se da para obras como *Las palabras* de Jean Paul Sartre, *El Susurro del lenguaje*, de Roland Barthes y ya muy cercano a nuestro tema, *Las palabras y las cosas* de Michel Foucault, y eso sin olvidar un primer acercamiento a la *Gramática generativa* de Noam Chomsky y el *Esbozo de una semiología* de René Thom partiendo de los interrogantes que planteó un Ferdinand de Saussure en su *Curso de Lingüística General*, se hace nuevamente patente. Estos textos son señalados en este trabajo ya que han contribuido a normar nuestro criterio ante el tapiz del tiempo para la palabra y sus diferentes significados, unidos estos a un sentido histórico, que no necesariamente es reconocidos en la corta duración.

⁷⁰ Vitrubio en el libro VII de su obra *Los nueve libros de la arquitectura* formaliza la construcción de un reloj de sol. Este punto será desarrollado con mayor profusión en el capítulo 4 de este trabajo.

⁷¹ Louis-Jean Calvet, *Historia de la Escritura, De Mesopotamia a nuestros días*, Paidós, Barcelona, 2001.

La utilización de algunos elementos de grafía de origen semita, en la gnomónica, solo puede ser comprendida en la medida que se reconoce que “aquello que fue alcanzado por Platón después de un fatigoso esfuerzo de pensamiento, se les ofrece libremente a los semitas en su lengua”⁷² La simbología derivada de esos pueblos solo pueden ser comprendida en el reconocimiento del momento histórico a estudiar. En el caso colonial, la expulsión de la península ibérica y los cambios en el contexto social europeo debidos entre otros a las guerras de religión, hacen que por ejemplo el vínculo alfabeto hebreo y alfabeto griego se olvide.

Un decreto de expulsión, una inquisición renovada, las guerras de religión, en Europa, y los albores de una edad positivista, son los elementos que hubieron de matizar ese olvido. En ocasiones asistiremos a silencios u omisiones que sólo fuera de ese contexto son cabalmente reconocidos y sobre todo comprendidos.

2.2.2 El número y la operación. Sus símbolos y sus significados.

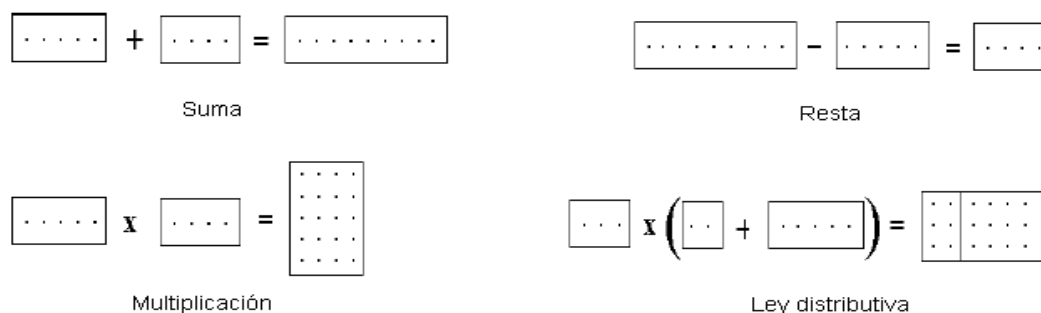
Número y letra se entrelazan en un nudo gordiano que hoy se hace cada vez menos inteligible a una mirada superficial, y más comprensible y coherente en la medida que nos acercamos dotados de mayores constructos disciplinarios.

El estudio de la evolución de la escritura permite identificar los momentos en que los sistemas alfabéticos fueron utilizados en su función de

⁷² Cf. T. Bomman, *Das Hebraische Denken im Vergleich mit dem griechischen*, Vandenhoeck & Ruprecht, Gottingen, 1965, p. 57, tomado de: Sacchi, *Historia del Judaismo en el segundo templo*, Editorial Trotta, Colección estructuras y procesos, Madrid, 2004, 206p.

cardinalidad, incluso en tiempos tan remotos como hace 5000 años⁷³. La ubicación de esos registros en el ámbito de las civilizaciones egipcias, sumerias, hititas, o babilónicas y su posterior contacto con los mundos hebraicos, griegos y romanos van a ir conformando el universo de la gnomónica al que este estudio se refiere.

El análisis de una *tetraktis* pitagórica nos obliga a identificar, instantes, momentos, fragmentos, esfuerzos, en un tapiz llamado humanidad. Acercándonos al pasado griego que le vio nacer, la *tetraktis* es signo de todo un método que hoy denominaríamos “calculo” y que basado en guijarros (*calculus*) permitió y permite la comprensión de la suma, la resta, o las leyes fundamentales de la aritmética (figura 2.2)



Representación esquemática de operaciones y leyes que les son propias⁷⁴

Figura 2.2

La anterior figura pertenece hoy en día a la representación siguiente, en la cual el lector familiarizado con el lenguaje matemático encuentra la correspondencia implícita.

⁷³ Louis-Jean Calvet, Historia de la Escritura, De Mesopotamia a nuestros días, Paidós, Barcelona, 2001, 264 p., p.63

⁷⁴ Tomado de Richard Courant y Herbert Robbins, *op cit*, p25

$a + b = b + a$ $ab = ba$ $a + (b + c) = (a + b) + c$ $a(bc) = (ab)c$	Ley conmutativa de la adición Ley conmutativa de la multiplicación Ley asociativa de la adición Ley asociativa de la multiplicación
--	--

Operaciones y leyes que les son propias⁷⁵

Figura 2.2

La *tetraktis* corresponde a un modo de realizar la operación aritmética que hoy en día cobra vigencia principalmente a través de las ciencias vinculadas al cómputo⁷⁶. Una *tetraktis*, sin embargo, nos introduce a universos diversos de los cuales no escapan las llamadas ciencias sociales o humanidades, más no por ello nos hemos de alejar de su momento histórico de génesis, como nos lo muestran las referencias que de ella o de los arquetipos derivados de la misma resultan.

Carl Jung reconociendo a la *Tetraktis*⁷⁷ inserta en la filosofía griega pitagórica, la asume como representativa de cuatro números, 1, 2, 3, 4 que suman 10 y que eran adorados como divinidades por los pitagóricos⁷⁸ (figura 2.3) Habría que diferenciar aquí, con mayor precisión, el sentido que al componente pitagórico es dado dentro de algunas de las áreas de las ciencias

⁷⁵ Tomado de Richard Courant y Herbert Robbins, *op cit*, p25

⁷⁶ Johnson-Laird, Philip, *El ordenador y la mente. Introducción a la ciencia cognitiva*, Cognición y desarrollo humano, Paidós, Barcelona, 1990, 407 p. o George Ifrah, *op cit*. Segunda parte. La epopeya del cálculo: de los guijarros al ordenador.

⁷⁷ Carl Gustav Jung, *Los arquetipos y lo inconsciente colectivo*, Obra completa, 9 V, Editorial Trota, Madrid, 2002, Vid. V. I y II,

⁷⁸ ----- *El hombre y sus símbolos*, 1995, Paidós, 320 p, p. 42

sociales o las ciencias matemáticas⁷⁹ y que tienden a distanciar los contenidos ahí presentes.

$$\begin{array}{r}
 \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 a + b + c + d \\
 1 + 2 + 3 + 4 = 10
 \end{array}$$

Tetraktis pitagórica y su equivalente matemático

Figura 2.3

Para Jung los mitos son ante todo fenómenos psíquicos que ponen de manifiesto al alma misma. “Los fenómenos naturales mitificados como el invierno y el verano, las fases de la luna, los periodos de lluvia, etc., están muy lejos de ser alegorías⁸⁰ de esas experiencias objetivas, sino que son antes bien, expresiones simbólicas del drama interior e inconsciente del alma, un drama que a través de la proyección, de su reflejo en los fenómenos de la naturaleza, se vuelve aprehensible para la conciencia humana”. Para Jung, la alegoría, así entendida, consiste en hacer una paráfrasis de un contenido consciente, el símbolo, en cambio es una expresión, lo mejor posible, de un contenido inconsciente que sólo se barrunta pero aún no se conoce⁸¹.

Privilegiar en el caso de símbolos, signos o grafías que tienen una doble lectura solo los elementos psíquicos, o a aquellos que resultan de un reconocimiento de su función en la construcción del conocimiento matemático, astronómico, o cualquier otro ubicado en el ámbito de las ciencias, por ejemplo

⁷⁹ *Escritos pitagóricos, La enseñanza secreta de Pitágoras*, Biblioteca de Teosofía y Orientalismo, Editorial B. Bauza, Aribau, 175 a 179, Barcelona, s/f, 145p y Gary William Flake, *The computational beauty of nature, Computer exploration of fractals, chaos, complex systems, and adaptation*, 1999, Bradford Book, 495p.

⁸⁰ Jung, *Los arquetipos y lo inconsciente colectivo*, op cit, p. 6 T. I,

⁸¹ *Idem*

a nivel de memoria eidética es, a nuestro juicio, empobrecer la comprensión del fenómeno cognitivo mismo olvidándonos, y sobre todo no respetando, el contexto del testimonio histórico.

2.3 La temporalidad de las ciencias de la gnomónica

Con frecuencia se atribuye al siglo X la construcción de un sistema base 10, sin embargo dicho sistema se encuentra implícito en la numeración desarrollada por el ser humano en la misma observación de su cuerpo, esto es los 10 dedos de las manos. Los mismos elementos con los cuales se construyó tanto la numeración romana como la utilización del ábaco en china, los dígitos, los dedos de la mano, están por doquier. La base diez se encuentra inserta en preceptos que a lo largo del tiempo se muestran como de naturaleza religiosa (Tablas de la Ley) o las construcciones pitagóricas (*Tetraktis*) en las que la base 10 se manifiesta. La base diez es profundamente humana.

No obstante lo anterior la gnomónica se encontró asociada, por su práctica misma, también a sistemas numéricos más especializados. El sistema duodecimal o el sexagesimal, se encuentran mucho más ligados a este saber que el decimal con el que comparten origen: el ser humano.

Con lo anterior esperamos recordar que incluso un concepto profundamente matemático, como el de base, tiene en su dimensión histórica todo un cúmulo de elementos a considerar que nos impiden en ocasiones la expedita y cabal comprensión de su construcción.

Al igual que la base 10, la base 12 también tiene una correspondencia antropométrica⁸² que lo ubica en los albores del pensamiento matemático. El 12 tiene cuatro factores propios (excluidos el 1 y el propio 12), que son 2, 3, 4 y 6; mientras que el 10 sólo tiene dos factores propios: 2 y 5. Debido a esto, las multiplicaciones y divisiones en base 12 son más sencillas y por tanto, el sistema duodecimal se ha mostrado más eficiente que el decimal. Estas características llegarán a la práctica de la gnomónica colonial no solo a nivel simbólico o emblemático sino principalmente, para este trabajo, en el desarrollo del diseño y construcción de los relojes de sol y sus referentes.

En esta perspectiva, el estudio de la base doce tiene en su evolución elementos que reúnen lo mismo métodos contables antropométricos, así como aspectos que implican la comprensión de conceptos como el de factorización, mínimo común múltiplo, máximo común divisor o números primos, todos ellos presentes tanto en la obra de Euclídes, como en las de gnomonistas de siglos posteriores y desarrollados incluso, como se vera, en las obras de difusión de la gnomónica. La aritmética y las hoy llamadas, investigación de operaciones o la teoría del número, serán dentro de las matemáticas algunos de los elementos disciplinares presente en la gnomónica colonial.

El universo al que corresponde la actividad de la gnomónica colonial implico verdades que hasta hoy se ubican como de naturaleza matemática (sXVI), en ese tiempo se deseaba mostrar la verdad matemática con un modelo capaz de ser representado. En el espacio colonial) se dio un desarrollo de la comprensión de la verdad matemática que lo llevo a un cada vez mas

⁸² George Ifrah, *Historia Universal de las cifras*, La inteligencia de la humanidad contada por los Números y el Cálculo, Espasa, Ensayo y Pensamiento, 4^a ed. 2001, 1996 p, pp 115 y ss.

elaborado lenguaje simbólico, por lo que veremos aparecer cada vez mas, en la gnomónica, representaciones figurativas, más elaboradas, que permitían la construcción de un objeto conceptual no necesariamente reconocido por ambientes no especializados.

Como se verá más adelante, la práctica misma de la gnomónica, llevó a un desarrollo en el que la presencia de instrumentos o técnicas reconocidos en su momento como “modernos” encuentran una explicación: los nomogramas.

Junto con las matemáticas, la astronomía fue otra de las disciplinas presentes en el estudio de la gnomónica. Esta última esta tan íntimamente ligada que su explicación se omite en este apartado, sin por ello desconocer que sus métodos y conceptos son aún reconocidos por una astronomía de posición.

En el caso específico del estudio de los relojes de sol coloniales, la comprensión de conocimientos astronómicos con elementos ligados, a la historia del pueblo hebreo, que son aún constitutivos de su práctica religiosa, estuvo asociada a órdenes religiosas como la franciscana o la jesuita, con los respectivos marcos históricos que las determinaron y que es comprensible tanto a partir del conocimiento del desarrollo histórico del cristianismo como del reconocimiento de saberes y actividades por grupos sociales determinados. Lo anterior se muestra a través de una emblemática que en ocasiones fue diluida por la doctrina, la tradición o los espacios sociales, políticos y económicos.

La vinculación ciencia-religión, que se abundara en el siguiente capítulo, es esclarecedora de la complejidad de la gnomónica al buscar en ella, los

componentes matemáticos y de ciencia, en la dimensión histórica, que ello implica.

Un ejemplo de lo anterior es, a nuestro parecer, el estudio de la figura de Melquisiadec, o San Melquisiadec y la emblemática del cuadrado de Aarón que lo caracteriza. En esta sola interrelación se patentiza entre otros, el “enfrentamiento” entre sistemas de cuenta de base diferente, como sería la base 60 (inherente a la cuenta actual cotidiana del tiempo en el mundo occidental) y el sistema numérico hebreo⁸³. La forma cuadrangular del emblema vinculará, en el periodo que nos ocupa, lo mismo a un método para realizar la agrimensura, el levantamiento topográfico, o la observación del trayecto aparente del sol, con un número 12 y sus características o incluso a los ciclos estacionales.

La gnomónica y su desarrollo en el espacio nacional en el tiempo a estudiar se verán afectadas por casos como el anterior, al reconocer su trasplante al continente americano inmerso en los efectos de un edicto de expulsión judía en España o de las guerras de religión. La relación intercultural en la formación del conocimiento es patente en muchos libros de autores religiosos, y es más francamente omitida cuando se trata de libros especializados a excepción de autores como Michel Serres quien sólo lo esboza.

⁸³ Este “enfrentamiento” al ser diferenciado en sus componentes político-religioso, de poder, y sus componentes constructivos derivados de las particularidades de la construcción de cada base numérica, mismas que si bien fueron individualizadas, solo corresponden a soluciones diferentes del mismo proceso de “contar” en el ser humano. Para este acercamiento histórico del número y por ende de las matemáticas, se agradece y se recomienda ampliamente por su carácter didáctico, basado en el estudio histórico, la obra citada de Georges Ifrah, *Historia Universal de las Cifras*.

Sin pretender profundizar en el tema, una cita como la siguiente, en la que el objetivo es la búsqueda del origen de la base 10, nos va permitiendo delimitar las problemáticas que la selección del tiempo y espacio de arranque, de esta investigación, nos plantea para la comprensión del tema.

““Como el todo era una multitud ilimitada” decía uno de ellos, hacía falta un Orden... Ahora bien, en la Década preexistía un equilibrio natural entre el conjunto y sus elementos... Por lo que, mediante su razón, el Dios Creador, ordenando con arte, se sirvió de la Década como canon para el todo... Y así es como las cosas del cielo y de la tierra tienen entre sus conjuntos y sus partes, relaciones de concordancia basadas en ella y ordenadas según ella... Pues ella sirvió de medida para el todo, como escuadra y cordel en manos del Ordenador... El número 10 es, en efecto, el más perfecto de todos. De acuerdo con esa idea se establecieron las divisiones y las formas de las extremidades, de nuestras manos y pies... Y es justo título y conforme a la naturaleza divina que sin premeditación alguna coincidimos con los hombres de todo el mundo para contar según ese número perfecto...””

Una cita como la anterior es sumamente reveladora al integrarnos a su origen. Nicómaco de Geresa, neopitagórico originario de Judea que vivió en el siglo II de nuestra era y cuya *Introducción a la aritmética*, múltiples veces traducida y comentada, inspiró a toda la Edad Media Occidental (sic)⁸⁴. Elementos diversos aparecen así de manera abrupta como necesarios para la comprensión del desarrollo de la gnomónica en la historia, en este caso: las

⁸⁴ *Idem* p. 123-124

matemáticas. Justo en la antesala de los tiempos que cubre esta investigación, un pasado aún más lejano se hace presente.

Un teorema y los elementos inherentes a un modo de hacer específico, hicieron incluso reconocer a matemáticos como Bertrand Russell fenómenos semejantes: “lo que hay de más asombroso en la ciencia moderna es su retorno al pitagorismo”⁸⁵. El siglo XX vio así reaparecer al mundo platónico y el pasado ancestral.

Como se verá mas adelante, esta vinculación entre sistemas numéricos y formas de hacer, producto de diferentes tiempos o pueblos, encontrará representaciones visuales (mandorla, tetraktis, v.g.), palabras, o métodos (parábola, trigonometría, v.g) que son comprensibles, muchas veces, solo a partir de prácticas e instrumentos derivados de la gnomónica y de esa interculturalidad, que hoy en día continúa siendo vigente, si bien en ocasiones es omitida o transformada en el tiempo.

En el repaso de la gnomónica a través del tiempo nos fue necesario detenernos en ese año 0, aproximado, que correspondió al surgimiento de esa cuenta calendárica que hoy sigue vigente. Alrededor de este año 0, bajo la dirección de un naciente Imperio Romano, vemos confluír distintos elementos presentes dentro del conocimiento de la gnomónica y que se mantienen hasta la fecha.

En el reconocimiento de la Roma Imperial, vemos que distintos pueblos, creencias, prácticas y conocimientos coexisten, se conectan, se integran, para estructurar aquello que más adelante será identificado como Civilización

⁸⁵ *Idem.* P. 1470

Occidental que, a partir de esa unificación, tiende a ser un constructo intelectual que ha de ser inteligible para todos ellos y para nosotros mismos. Una fecha, el año 0 fue desarrollada por un calendario basado en la observación astronómica del trayecto aparente del sol y las prácticas inherentes para su desarrollo.⁸⁶ Si pocas veces reparamos en las grafías de los números o las letras, mucho menos recordamos que Apolo era la guía y el sol era su signo⁸⁷ para el mundo romano y por ende para nuestro computo del tiempo.

Será pertinente, en este trabajo, desarrollar el concepto de símbolo, dentro de la gnomónica, a partir del concepto desarrollado por Leibnitz y para el cual, el símbolo constituye una especie de vínculo entre la metafísica y la lógica, reconociéndose incluso hoy en día, como una relación sustancial entre la lógica y las matemáticas, entre lógica y conocimiento exacto de la naturaleza. En la actualidad, el concepto de símbolo puede ser considerado como constitutivo del conocimiento exacto y esto parece tener como consecuencia, el que quede reducido a esa esfera olvidándose el momento histórico que lo vio surgir y su evolución en el tiempo y por ende su transformación o no en términos figurativos.

Si bien el concepto de símbolo viene propiamente de abrir el campo de lo teórico y lo exacto, habría que establecer aquí que parece quedar encerrado en ese campo sin poder salir o mirar siquiera fuera del mismo, con lo cual en

86 Ignacio Gómez de Liaño, *Filósofos Griegos, videntes judíos*. Biblioteca de ensayo Siruela, Junto con Serres, este autor constituye un meritorio esfuerzo por integrar visiones disociadas. Destacaremos posteriormente los estudios del mismo autor sobre Atanasio Kircher y la influencia de este en el ámbito colonial nacional.

⁸⁷ Para una mayor comprensión de esta idea se sugiere la lectura del procedimiento sugerido por Vitrubio para la construcción de los Analemas.

ocasiones nos descontextualiza la información del símbolo (mítico) y sobretodo no establece el concepto de semejanza como inherente al símbolo y no solo aquel de la igualdad⁸⁸. La semejanza, en este sentido, hace referencia a conceptos como el de percepción e intuición, y también ha de entenderse como una nemotecnia visual en la cual la igualdad o la semejanza pueden estar dadas por número, naturaleza, atributo, o por función entre otra y que, a nuestro juicio, esta muchas veces presente en la emblemática simbólica.

2.4 Origen y evolución del conocimiento.

Sin pretender entrar en una presentación gnoseológica o epistemológica, para este trabajo, y dada la extremada tendencia a la segmentación disciplinar del conocimiento, se ha hecho menester puntualizar que:

- Reconocemos que una reflexión sobre el origen y desarrollo, de los conceptos, prácticas e instrumentos de la gnomónica, ha de tomar en cuenta el efecto de las transformaciones evolutivas de la raza humana. Siendo esta así, necesariamente “genética”⁸⁹. Este tiempo de la gnomónica, mucho mayor que el temporal humano, ha sido reconocido dentro del estudio de la historia como “larga duración” y ya existe una amplia disertación sobre el tema.
- Es en el espacio-tiempo cotidiano (tomado como marco fundamental de toda la experiencia humana) que se ha realizado el análisis de los mecanismos psíquicos originales de nuestra especie⁹⁰ Este espacio-

⁸⁸ Cassirer p. 63 V. III

⁸⁹ Rene Thom, *Esbozo de una semiología, Física aristotélica y teoría de las catástrofes*, Colección Límites de la Ciencia, V. 19, Gedisa, 1990, 230p, p. 17

⁹⁰ *Idem.*

tiempo ha sido material constante de estudio en la práctica histórica y es reconocido bajo el epíteto de “corta duración” y en el no necesariamente es comprensible un fenómeno cualquiera.

- La dimensión temporal de esta investigación si bien se ubica dentro de un espacio histórico determinado, ha de ser comprendido dentro del reconocimiento del mismo inserto en un tiempo histórico mayor (tiempo largo)
- En el estudio del origen y desarrollo del conocimiento, diferentes posturas se han dado: desde el reconocimiento del origen experiencial del conocimiento del mundo, o el reconocimiento al consenso del conocimiento *per se*, hasta llegar a un conocimiento aceptable solo en función de la verosimilitud que se le otorgan a las fuentes de información⁹¹. Hoy en día existen posturas que, fundamentadas en las estructuras fisiológicas de nuestra especie, reconocen a modo paradigmático la vinculación íntima entre estas estructuras y los objetos del mundo “conocidos”, “aprendidos”, y su representación final. Algunos autores llegan incluso a no “fundar la geometría en la lógica”, sino que miran la lógica como una actividad derivada y por ende secundaria, fundando así “lo lógico en la geometría”⁹². Varios historiadores de la ciencia, como sería el caso de Michel Serres, participan en la actualidad de este enfoque⁹³.

⁹¹ José Luis Díaz, *El ábaco, la lira y la rosa*. Las Regiones del conocimiento, FCE, 1997, pp 23-24

⁹² *Idem* p.18

⁹³ Serres, *op cit.*

- Una vez reconocida la importancia de la percepción (experiencia) como elemento constitutivo de la construcción del conocimiento, es perentorio identificar, ésta y los elementos que la determinan, dentro de la formación de los conceptos⁹⁴, particularmente en el caso de gnomónica. La imagen y la palabra han sido algunos de los instrumentos conceptuales que de inicio nos han introducido en esta investigación como medios para la reconstrucción de un quehacer y su herramienta teórica y práctica. La percepción y la intuición han sido el punto de partida de ellas, imagen y palabra.
- De lo anterior y “reconociendo que no estamos acostumbrados a pensar en los significados como entidades históricas”⁹⁵, esto es, determinados por su tiempo y su contexto, se buscara identificar en las prácticas y herramientas de la gnomónica, tanto los elementos de ciencia como aquellos elementos de tiempo histórico que los determinan⁹⁶.

⁹⁴ Rudolf Arnheim, *El Pensamiento Visual*, Paideia Estética No.7; *Arte y percepción visual*, Alianza forma, 5ª. Ed. 1984, 554p. *Nuevos ensayos sobre la psicología del arte*, Alianza forma, Madrid, 1989, 320p., Consideraciones sobre la educación artística, Paidós Estética 22, Ediciones Paidós, Barcelona, 1993, 98 p. Maurice Merleau-Ponty, *Fenomenología de la Percepción*, Península, 121; Jacques Aumont, *La imagen*, Paidós, 48, y E. H. Gombrich entre otros. De este último caben resaltar para el tema que nos ocupa: Ideales e ídolos, Ensayos sobre los valores en la historia y el arte, GG Arte, 1981, 281 p., *La imagen y el ojo*, *Nuevos estudios sobre la psicología de la representación pictórica*, Alianza Forma 1a. reimp. 1991, 320 p., *Norma y forma*, Alianza Forma 39, Madrid, 1985, 318 p., Nuevas visiones de viejos maestros, Alianza Forma 62, Madrid, 1987, 190 p., *Imágenes Simbólicas*, Alianza Forma 65, Madrid, 1994, 344 p., El legado de Apeles, Alianza Forma 23, Madrid, 1993, 264 p., *Arte, percepción y realidad*, Paidós Estética, 2da. ed., Barcelona, 1993, 176p., *Freud y la psicología del arte*, *Estilo, forma y estructura a la luz del psicoanálisis*, Barrel Editores, Barcelona, 1971, 134p.

⁹⁵ Putnam, Hilary, *Representación y realidad*, Un balance crítico del funcionalismo, Gedisa editorial, Ciencias Cognitivas, Barcelona, 2da. ed. 1995, 206 p.

⁹⁶ Para este punto han de resaltarse trabajos como el de Dijk, Teun A. Van, *Texto y contexto: semántica y pragmática del discurso* / Teun A. van Dijk ; introducción de Antonio García Berrio ; [traducción. de Juan Domingo Moyano], Madrid : Cátedra, 1980, 357 p. Este autor analizara la función del lenguaje no solo como sistema, sino también como producto histórico y por ende reconociéndole un papel social. Chartier, Roger, *Pluma de ganso, libro de letras, ojo viajero*. Universidad Iberoamericana, Departamento de Historia, México, 1997, 116p., *El mundo como*

Por lo anterior y como ejemplo, para este trabajo el estudio del concepto de *eclíptica*⁹⁷, requerirá de una capacidad integradora en la que intervienen elementos varios como la memoria eidética, la capacidad de cierre de la mente derivado de la fisiología de la visión, la evolución de las actividades del computar del cerebro, las cosmogonías propias de origen, el reconocimiento de una “manera” de establecer signos de ordenamiento y procesamiento de la actividad astronómica y matemática ligada a la identificación de puntos en los espacios plano y esférico aparentes y la interacción entre todos ellos y todo ello profundamente ligado al desarrollo de la gnomónica⁹⁸.

La organización en trógonos zodiacales, en varios de los relojes de sol que se encontraron, y que contenían el referente de la eclíptica, corresponde así no sólo a una época en la que el pensamiento de filósofos de la naturaleza como Anaxímenes y Anaximandro permitía, aún, comprender el origen de la vida al mismo tiempo que dotaba de un referencial cultural que vinculaba no solo a la culturas griega o romana, sino incluso egipcia y con ella mundos musulmanes y hebreos, sino que incluirá las relaciones geométricas inherentes al cuadrado y al triángulo y la observación astronómica. La consideración de la eclíptica en su referente histórico lleva al estudio de

representación, Estudios sobre historia cultural, Serie Ciencias Sociales /Historia, Gedisa Editorial, 1996, 276p. De Certeau, Michel, *La invención de lo cotidiano*, Universidad Iberoamericana, Departamento de Historia, ITESO, Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, México, 1996, 230 p., *Historia y psicoanálisis entre ciencia y ficción*, Universidad Iberoamericana, Departamento de Historia, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, 2da ed., en español, México, 1998, 160p.

⁹⁷ Se le da el nombre de Eclíptica al referente astronómico que permite identificar desde el plano (aparente) el movimiento (aparente) del sol en el transcurso del lapso de un año solar.

⁹⁸ Trabajos como el de Arnheim, Rudolf, *Nuevos ensayos sobre psicología del arte*, Alianza Forma 87, Alianza Editorial, Madrid, 1989, 320 p., *Arte y percepción visual, Psicología del ojo creador*, Alianza Forma 3, Alianza Editorial, 5a. ed., Madrid, 1984, 554 p., *El pensamiento visual*, Paidós Estética 7. Ediciones Paidós, Barcelona, 1986, 364 p., *Consideraciones sobre la educación artística*, Paidós Estética 22, Ediciones Paidós, Barcelona, 1993, 98 p. posibilitan este enfoque.

interrelaciones culturales que la hacen comprensible en su figura externa (signos zodiacales-constelaciones). La consideración de la eclíptica en su componente geométrico y matemático la hacen comprensible en su forma externa y sus componentes numéricos (elipse-12), la consideración histórica la hace comprensible en su uso y desarrollo, e incluso, en su aparente desuso.

Para Anaxímenes cuatro eran los elementos fundamentales que dieron origen a la vida. Agua, tierra, fuego y aire. Los signos zodiacales, corresponden a un número igual de constelaciones celestes (conjunto de estrellas), cuya forma fue asociada a imágenes pertenecientes al plano de la observación humana (animales, cosas o figuras humanas) y que se encuentran en el camino aparente del sol sobre lo que era reconocido como la esfera de las estrellas fijas (eclíptica) Este recurso puede ser comprendido sea a partir del reconocimiento de una memoria eidética en el pensamiento y la conveniencia de su utilización como ruta de acceso a la información en el cerebro a partir de asociaciones triangulares, o los factores incluidos en el número 12, o como simple recurso nemotécnico.

Vincular el estudio del camino aparente del sol, en el día, con las agrupaciones estelares conocidas como constelaciones del zodiaco se da al reconocer que en condiciones particulares, como un eclipse o como el fondo de un pozo, es posible encontrar un punto de observación tal, que, permite vincular, la forma circular del fondo, las estrellas⁹⁹ como referenciales cíclicos, la pared cilíndrica como el plano circular en el que habría de poder

⁹⁹ Reconociendo a las estrellas que conforman las 12 constelaciones del zodiaco como estrellas de magnitud 1 (Checar Dr.Elfege) Este ejemplo es tomado de Serres, *Los cinco sentidos* p. 49

establecerse el registro, que en la medida que fuese sistematizado permitiría la construcción de figuras, formas, medidas, que son inherentes a la gnomónica. Los relojes de sol cilíndricos o la simple historia de la geometría así lo permiten suponer¹⁰⁰. La existencia de relojes de sol asociados a fuentes o espejos de agua, en el territorio nacional, nos dan prueba de la pervivencia de esas prácticas.

Fue aplicando capacidades y habilidades del pensamiento y de la visión, que hoy se conocen y se puede reconocer, que el hombre busco la forma cerrada y la asociación de la figura (constelación-animal) para utilizar esta información en su beneficio¹⁰¹, desarrollando al mismo tiempo un pensamiento lógico matemático.

Hemos de señalar que las disciplinas, áreas de saber asociadas a la gnomónica, en el transcurso del tiempo se muestran diversas. En su momento veremos aparecer a ellas: a la astronomía, a las matemáticas, a la física, en particular a la óptica, entre otras, así como a todas aquellas actividades que se identificaban bajo el rubro de matemáticas aplicadas: topografía, navegación, cronometría, etc.

¹⁰⁰ Serres, *Los cinco sentidos*.

¹⁰¹ Vid. Rudolf Arnheim, *El Pensamiento Visual*, Paideia Estética No.7; Maurice Merleau-Ponty, *Fenomenología de la Percepción*, Península, 121; Jacques Aumont, *La imagen*, Paidós, 48, entre otros.

CAPITULO 3

CIENCIA Y RELIGIÓN

Los componentes implícitos en la práctica de la gnomónica derivaron, al paso de los años en el desarrollo de conocimientos de las ciencias exactas o de la naturaleza. Aunque los contenidos de la gnomónica estuvieron inmersos en un universo simbólico cultural específico, su práctica evidenciará y retomará, en múltiples ocasiones, elementos que se construyeron al correr del tiempo.

En el estudio de la gnomónica se ha de hacer la diferenciación entre el signo o símbolo religioso y el signo o símbolo representativos de un conocimiento o actividad referida al estudio del trayecto aparente del sol y su interpretación no siempre temática. En este capítulo trataremos de demostrar que si bien un objeto que se encuentra inserto en un ámbito creencial o religioso y se manifiesta a través de rituales y emblemas, puede también pertenecer a un espacio tecnológico y de conocimiento, que se manifiesta en cosmologías específicas. Reconocer esta dualidad nos permite una mayor comprensión de la práctica de la gnomónica.

El estudio de la gnomónica forma parte de la historia de la astronomía, las matemáticas y la física. Al mismo tiempo, esta vinculado a la formación de un pensamiento lógico donde se inscriben pensadores como Maimónides, Lulio o Leibnitz.

Junto con los aspectos disciplinares que se han señalado, en la gnomónica aparece una fuerte interrelación entre: lo religioso y el

conocimiento hoy llamado científico que, en nuestro juicio, ha de ser puntualizado. El ejercicio mismo de la práctica dada al interior de los espacios rituales de las tres principales religiones monoteístas; cristianismo, judaísmo y musulmán, así como el hecho de que su estudio y difusión (al igual que gran parte del conocimiento) en la época colonial, estuviera adscrito a órdenes e instituciones religiosas, obliga a este señalamiento.

Si bien no se pretende abundar en la relación ciencia-religión más que en aquello que hemos considerado perentorio para su comprensión, un acercamiento a este binomio ineludible en el mundo colonial novohispano es fundamental.

3.1 Mito y conocimiento

Siguiendo a Ernest Cassirer, en su trabajo sobre la *Filosofía de las formas simbólicas*, hemos asumido que el mundo mitológico establece una relación que en ocasiones no es reductible a las leyes del pensamiento, pero que sí presenta una forma estructurada de carácter peculiar e independiente¹⁰².

La definición de realidad que se asume, nunca puede determinarse en cuanto al material mismo de ella sino que, en cada especie de posición en la realidad, se introduce una especie de determinado motivo de construcción simbólica que tiene que ser reconocido como tal y diferenciado de otros motivos¹⁰³, para de este modo introducirnos a la estructura misma. Esto es, lo real no existe para el ser humano ajeno al universo cultural en el que se abriga.

102 Ernest Cassirer, p 7 vol III

103 *Idem* p. 109

En el caso de la historia de la gnomónica este punto de realidad, al que se refiere Cassirer, ha de ser visto en una doble perspectiva: desde la perspectiva del punto de realidad en el que se forjó y, un segundo, el punto de realidad en el que es interpretado.

Producto de una larga distancia temporal y de la evolución histórica del conocimiento en que inscribe este trabajo, el estudio de la gnomónica no por ello pierde su validez como actividad constructora del pensamiento¹⁰⁴ y sigue siendo vigente en tanto forjadora de una historia de las ciencias.

Para algunos autores como Elías Trabulse el estudio de la ciencia en México en la etapa colonial ha sido dividida en cinco periodos, a diferencia de los tres por nosotros utilizados para el estudio de la gnomónica. Los periodos propuestos por Trabulse son: 1521-1580, 1580-1630, 1630-1680, 1680-1750 y 1750-1810¹⁰⁵ y si bien los criterios de diferenciación se establecen en torno al componentes conceptuales y cosmológicos, no marcan una gran distancia con la división acatada en este trabajo.

Salvo el énfasis dado por algunos autores, tanto a las prácticas astrológicas como al pensamiento y difusión de las ideas herméticas, la categorización cronológica se mantiene. Es solamente, en torno a sus periodos 1580-1750 (1767 en esta investigación) que se establece mayor

104 Richard Courant y Herbert Robbins, *¿Qué son las matemáticas ?, Conceptos y métodos fundamentales*, Prefacio y avances recientes, Ian Stewart, FCE, Sección de obras de Ciencia y Tecnología, 2002, 222p., p 64-65 La vigencia del quehacer gnomónico se valida por ejemplo al vincular la estrecha correlación entre astronomía, geometría, aritmética y música y su actual correlación con el ultimo teorema de Fermat que ha implicado un gran desarrollo dentro de la teoría del número vía los ternos numéricos pitagóricos . Esta aparente disgregación se justifica al señalar que más adelante nos abocaremos a tratar el instrumental gnomónico, dentro del cual la escuadra con un ángulo recto forma parte.

105 Elías Trabulse, *Historia de la ciencia en México*, (versión abreviada), FCE, México, 542p, 1997, p.27

discrepancia. A nuestro juicio lo anterior obedece a la no consideración de algunos elementos temáticos, como la gnomónica, la misma oposición paradigmática dada al interior de las comunidades científicas o la no, consideración de los recursos ingeniados por ellas, para mantener su evolución como todo armónico.

La construcción del conocimiento científico no es ajena a su momento histórico. Se da inmersa en realidades determinadas y será a través de esas realidades, que podemos empezar a desentrañarla y comprenderla.

Es parte de nuestra propuesta que en los mitos o símbolos, pueden rastrearse los pasos de introspección y auto-descubrimiento que fueron inherentes, en específico, a la formación del conocimiento, entendido éste como conocimiento científico y explicándose así, los elementos gnoseológicos que muchas veces no se deslindan.

Un ejemplo de lo anterior podrá verse en el caso del mito de *Eco* y *Narciso*, que se menciona más adelante en este trabajo y que puede ser interpretado en su relación, tanto en el estudio de los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, y el estudio del sonido, como del momento histórico de su producción y el universo simbólico que desarrolla. Este enfoque rara vez es abordado.

Teóricos sobre las formas simbólicas, ya sea a nivel lenguaje (Foucault) o lenguaje e imágenes (Cassirer), reconocen en el mito: la presencia de un elemento primigenio del conocimiento.

Cassirer, expresamente, nos dice que lo que primariamente se da en el mito es el hecho de que el hombre, por así decirlo, es dividido y desgarrado entre las múltiples impresiones externas (realidad) cada una de las cuales porta un determinado carácter mítico mágico. Cada una de estas “percepciones” de realidad, con su existencia pretenden arrastrar a su esfera a la totalidad de la conciencia humana (de donde se daría una comprensión hacia la disciplinariedad¹⁰⁶ y a la especialización), imprimiéndole cada una su propio color y ambiente.

3.2 Simbolismo y gnomónica

Si bien el interés y esfuerzo, por la construcción de los relojes de sol, no se circunscribe al mundo occidental ya que China, India e incluso la América precolombina, nos muestran testimonios de esos esfuerzos. Este texto, por extensión y tiempo, se ha restringido a una búsqueda en el espacio de la llamada civilización occidental y su impacto en el mundo novohispano, sin por ello soslayar o menospreciar la influencia e intercambio de conocimientos que sobre el tema se dio.

Por simbolismo gnomónico se entenderá en este trabajo, al conjunto de símbolos, figuras, signos derivados e inherentes a la práctica de la construcción de los relojes de sol y que son producto, tanto de ella como de los componentes teóricos o creenciales que la explicitan en el tiempo y que son comprendidos en tanto se consideran sus componentes creenciales o religiosos y su función dentro de una nemotecnia visual que se explicita en la práctica del ritual mismo.

106 Cassirer, *op cit*, V. III, p.109

Aquellos formados en la disociación disciplinaria, o en la autonomía científica, difícilmente vislumbramos, académicamente, realidades cuya comprensión requiera un embalaje conceptual interdisciplinario. Los procesos de laicización que imperaron a lo largo de los años finales del siglo XVIII, y los siglos XIX y XX, necesariamente llevaron a la disociación del binomio ciencia-religión presente en el estudio de la gnomónica.

Poco comprensible resulta en ocasiones, reflexionar en una labor filosófica “platónica”, derivada de la geometría a partir de la observación de la bóveda celeste y, menos aún, una cuenta temporal originada no en la teología, sino principalmente en ciclos agrícolas y astronómicos, más difícil resulta aún imaginar el estudio de la aritmética o la geometría, concentrados en la contemplación de una bóveda al interior de un templo.

3.3 Calendarios y gnomónica.

La gnomónica se verá a partir de los finales del siglo XVI reforzada en su vinculación con el espacio religioso. La reforma gregoriana del calendario, en la que participará el Jesuita Clavius y cuya obra se reseña más adelante, requerirá en nuestra opinión, de una puntualización sobre sus contenidos que no implicara pronunciamientos de dogma, políticos o de paradigmas de ciencia.

El calendario juliano fue promovido por Caius Julius Cesar (Julio Cesar 100/101ac-44ac) con el auxilio de Sosígenes, discípulo de la escuela de Alejandría, dentro del proceso de consolidación del Imperio Romano. El calendario juliano a diferencia del antiguo calendario romano (lunar) basaba su cómputo en el trayecto solar.

Este evento se registró señalando:

“C. Cesar Pontífice máximo, siendo por tercera vez cónsul con M. Aemilius Lepidus, queriendo corregir este error (relativo a la duración del año) puso entre noviembre y diciembre dos meses intercambiables de 67 días, aunque ya se hubiesen intercalado 23 días en febrero, de suerte que se fijo ese año (47ac) en 445 días. Él quería evitar ese error en el futuro por lo que suprime el mes intercambiable y regula el año civil con el recorrido del sol. Por ello él adiciona 10 días a los 355 que formaban el año, repartido entre los meses de 29 días, febrero, *sextilis* y diciembre y uno solamente a los otros. Los días suplementarios se colocaron al final de cada mes a fin de preservar las fechas de las festividades... Teniendo en cuenta el cuarto de día que era necesario considerar para completar el año natural, él ordenó que completándose el ciclo de cada 4 años, un día fuera intercalado, ahí en donde antes se intercalaba un mes (febrero), día que fue llamado bisixto.”¹⁰⁷

El año juliano fue establecido considerando el intervalo de tiempo que separa dos pasos consecutivos del sol observado en la dirección del punto vernal. A otro modo, es el tiempo que transcurre entre dos pasos consecutivos del sol en la posición media del punto γ considerando en este, el movimiento de precesión de los equinoccios y la abstracción hecha por los movimientos de nutación. El punto vernal en la antigüedad era reconocido como punto Aries y su opuesto punto de Libra (equinoccios).

107 En *Reforma de César* (De Die Natali, Capítulo XX) tomado de Biemont, *Rythmes du temps, Astronomie et calendries*, DrBoeck, Belgique, 2000, 394p, *op cit.* p. 224

A diferencia del año juliano, 365 días y cada 4 años 366, la precisión del computo actual de los movimientos del sol, la tierra y los demás integrantes de la galaxia lleva al establecimiento del año trópico.

1 año trópico = 365,24222 días = 365 días, 5 horas, 48 min, 48 seg¹⁰⁸

La tradición en la que se insertaba por ejemplo Sacrobosco y que como veremos formó parte intrínseca de los estudios referidos a la gnomónica, estaba inscrita en una problemática que afectó tradicionalmente a todos los pueblos: el cómputo del tiempo.

Pese a la reforma juliana, principalmente, y sobre todo a partir del siglo X, las tres principales religiones monoteístas: cristiana, judía y musulmana se vieron afectadas en dicha contabilidad.

A partir del siglo XII, las obras árabes referentes al movimiento del sol estaban ya traducidas. Los instrumentos de oriente, como los relojes de sol, el cuadrante, la clepsidra, el nocturlabio, los relojes de arena y los astrolabios, inherentes todos ellos al estudio de ese movimiento aparente del sol, empezaron a circular en Europa. De esa época data uno de los más antiguos relojes de sol europeos y que fue encontrado en la tumba del Arzobispo Alphege asesinado en 1011 por los daneses. Se trataba de una placa de mármol descubierta en un claustro de Canterbury (al este de Kent, Gran Bretaña) y que fue utilizado como reloj vertical.¹⁰⁹

Gran parte de los comentarios de las religiones, con respecto a la medición del tiempo, se daban en torno a la cronología religiosa. A finales de ese siglo XII existían ya dos problemas que preocupaban, principalmente a la

108 Émile Biémont, *op cit*, p39

109 Biémont *Idem* p. 120

iglesia latina¹¹⁰ y cuya naturaleza entrañaba específicamente a la astronomía de posición, la instrumentación y a la medición:

“1) el desacuerdo cada vez mayor entre los principios civil y astronómico (equinoccio de primavera o entrada del Sol en el punto de Aries) de la primavera, que alcanzaba ya un valor notorio, y

2) el de la determinación de la Luna de Pascua de acuerdo con la regla del Concilio de Nicea (325), que, para evitar la concordancia de la cristiana con la judía, establecía que debía celebrarse “el domingo que sigue al decimocuarto día de la luna que ha llegado a esa edad el 21 de marzo”¹¹¹

Esta problemática, entre otras, estuvo en la base de la reforma gregoriana que se dio a fines del siglo XVI y explica tanto el estudio académico de los relojes de sol, como el acercamiento que se dio entre las comunidades cristianas y judías, y posiblemente musulmana, para la conformación del nuevo calendario cristiano¹¹² mismo que sería luno-solar, a diferencia del calendario solar juliano.

110 Aparentemente estas discrepancias solamente se dieron al interior de la curia romana y no así en las comunidades judías o musulmanas de la época.

111 Vernet, *op cit*, p. 287

112 “El primer problema se podía resolver con los tratados sobre el movimiento del sol. El segundo no, puesto que dependía de la duración del mes sinódico lunar y, por tanto debía buscarse la solución a partir de un calendario lunar puro, como el musulmán, bien de uno lunisolar como el judío. Este último era perfectamente conocido en la España musulmana, puesto que Ibn Sa’id nos dice que “los israelitas están en posesión de un procedimiento exacto para calcular el momento de sus obligaciones religiosas y sus negocios. Ignoro si el procedimiento procede de sus sabios o ha sido descubierto por gentes no judías. Lo llaman el cálculo del *ibbur*. Sus meses son lunares; sus años defectivos (en función de meses de 29 días para ajustar el día 14 o 15 con los ciclos de luna llena) y embolísmicos (La Torah estipula que Pascua debe celebrarse en la primavera, es necesario ajustar el calendario lunar al sistema solar de 365,25 días cada año. Esto se hace intercalando un mes adicional (Adar Shení o Adar Bet, el segundo Adar), que comprende 29 días, siete veces en el curso de 19 años solares, éste se llama año embolismal). En el primer caso (defectivo) es lunar, en el segundo (embolismal) luni-solar. Llamam mahyur a cada período de diecinueve años, al cabo del cual el calendario vuelve a ajustarse. Durante este período, las diferencias entre el año solar y lunar,

Será la reforma gregoriana de 1582 la que determinará, a nuestro juicio la difusión y promoción de la gnomónica en los espacios religiosos y educativos de la Nueva España, ésto sin soslayar las aplicaciones de esta actividad en la navegación, la construcción, la topografía y la milicia, entre otras.

3.3.1 Gnomónica y comunidades.

El estudio de la gnomónica en el espacio colonial de lo que hoy es el territorio nacional ha implicado el reconocimiento de límites temporales que, si bien mutables, por lo menos proveen de un marco histórico referencial que lo explica y lo cobija.

El año de 1492 implicó simultáneamente dentro de la península ibérica una recomposición al interior y al exterior.

Las siguientes disgregaciones se muestran imperativas en cuanto la gnomónica, esto es a los relojes de sol, ya que se integraba en esos momentos y hasta el siglo XVIII, como parte, no sólo del instrumental náutico o de los rituales religiosos, sino principalmente, para este estudio, como centro rector del desarrollo y comprensión de conceptos, sean estos de naturaleza abstracta o concreta, teológicos, geográficos, geométricos, astronómicos, numéricos, físicos o incluso retóricos.

Hemos de ratificar que la ciencia implícita en herramientas auxiliares de la navegación como: el astrolabio o el octante, se inscribe en aquellos conocimientos que vía España llegaron a Europa a partir de la conquista árabe de la península y que puso en el día a día a la antigüedad clásica.

acumulándose, alcanzan un total de siete meses. Los israelitas suman uno de esos meses a ciertos años del mahyur, el decir, al 3,6, 8, 11, 14, 17 y 19. Estos años son lunisolares o embolísmicos, contando cada uno trece meses lunares..." Vernet, *op cit.* p. 288.

Aunque en apariencia contradictoria, ante eventos posteriores, la influencia de las comunidades árabes y judías son altamente significativas para la comprensión del desarrollo tanto de las comunidades científicas ibéricas, como de los trabajos por ellos emprendidos. En el caso específico de la gnomónica, lo anterior no puede ser soslayado. En particular lo referido a la interacción entre la comunidad cristiana y la comunidad judía. En el cambio de un calendario solar a uno luno-solar, dentro del marco de la reforma gregoriana, incluso observamos que se requería la promoción de un *humanismo cristiano renacentista*¹¹³.

Simultáneos a la ampliación de las fronteras ibéricas en 1492, en la península se dieron aquellos decretos de expulsión hacia las comunidades semitas: musulmanas y judías, que a la postre aislarían (en apariencia) a España del desarrollo de la llamada ciencia moderna.

Los eventos de expulsión no han de ser considerado en tanto exclusivos a la corona de Castilla y Aragón, ya que ellos se inscriben en procesos semejantes de consolidación del estado nacional, ya sea en Inglaterra, o en Francia. Estos países, previamente al caso de España, provocaron la expulsión de la comunidad judía de sus territorios, en los siglos XIII y XIV respectivamente.

113 En este tenor hemos de reconocer la existencia de dos grupos de teóricos, incluso opositores, estudiosos en especial del hebraísmo y su influencia en la península. Ambos confluyen en la integración renacentista ibérica: Erasmo de Róterdam de Róterdam y Antonio Martínez de Cala y Jarava, más conocido como Antonio de Lebrija (1441-1522). Para estos puntos en especial destacan la obra de Marcel Bataillon (1937, *Erasmo y España, estudios sobre la historia espiritual del siglo XVI*, FCE, 6ª ed. 2007, 921p, así como la de Carlos del Valle Rodríguez, Instituto de Filología del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) en Madrid, *Nebrija en su faceta de hebraísta*, Cuadernos de Filología Clásica. Estudios Latinos, 2000, 18, pp 323-334.

Consideramos que el proceso de expulsión español no puede ser limitado a un solo evento, ya que los procesos de conversión forzada, o expulsión se dieron con siglos de anticipación.

Dado que a partir del siglo XVI y en diferentes ambientes, estos países (Inglaterra primero y después Francia) regularon en dicha exclusión y que, en nuestro personal punto de vista, esto incidiría con el desarrollo que la ciencia habría de tener en esos estados, es menester abundar en el tema. Circunscribiéndose la esfera de influencia de la cultura musulmana a los dominios conquistados en la península Ibérica, la presencia judía no se vio ahí limitada.

Como ejemplo de lo anterior se dio la Escuela de Traductores de Toledo, que no se desvinculo de una tradición que desde el siglo VIII aparece en los hoy territorios español y portugués¹¹⁴. En la península se encontraba una de las escuelas de traductores (Toledo)¹¹⁵ que habría de insertarse con la red que con Troyes y Nuremberg habrían de ser reconocidas como centros de traducción y difusión del pensamiento griego.

Si bien, “en rigor no debiera llamarse escuela, desde el momento en que falta la continuidad y organización del magisterio y que el único vínculo, si lo hay, entre los distintos traductores o grupos de traductores es

114 En lo concerniente a las matemáticas y la astronomía es conocido el trabajo de los astrólogos *Nawbajt* (cuatro generaciones), quienes iniciaron la traducción de obras científicas del sánscrito contribuyendo con ello a la fabricación de astrolabios, al mismo tiempo que contribuyeron a la redacción de nuevas tablas astronómicas, conocidas por los latinos bajo el nombre de *Tabulae probatae* por antonomasia que eran conocidas en la España musulmana desde el siglo X y la medida de un grado de meridiano cuyo valor, a través de Fargani fue conocido por Cristóbal Colón. *Vid.* El nacimiento de la cultura árabe en Juan Vernet, *Lo que Europa debe al Islam de España*, El acantilado, Barcelona, 1999, 560p. pp 31-32

115 En el siglo XII y bajo la protección del arzobispo don Raimundo de Toledo (1125-1152) CF A.González Palencia, *El arzobispo don Raimundo de Toledo*, Barcelona, 1942, citado en Vernet *op cit.* p. 167

puramente geográfico o de mecenazgo. Muchos de ellos trabajaron en ciudades muy alejadas de Toledo y las obras orientales no solo se tradujeron al latín sino también al hebreo, poniéndolas al alcance de las escuelas catedralicias y de la sinagoga y pasando, por estas vías, al resto de Europa. La transmisión se encontró facilitada por la heterogeneidad de estudiantes-traductores que acudieron a España y que se instalaron en las principales ciudades de la península, como Barcelona (Platón de Tívoli), Tarazona (Hugo de Santalla), Toledo (Gerardo de Cremona), etc. Traduciendo cuantos manuscritos les caía entre las manos.”¹¹⁶

Estas escuelas o redes sociales, se fueron viendo a la largo del tiempo afectadas por los distintos eventos que irían determinando los espacios intelectuales europeos: Cruzadas, concilios, expulsiones, fueron algunos de los sucesos que así las determinarían. En específico hasta 1095 (primera cruzada) junto con los cristianos, las comunidades judías pudieron contribuir a esa acción difusora del saber clásico y oriental al margen de persecuciones o conversiones forzosas o esporádicas.

Por la cercanía del hebreo al árabe y por el periodo helenístico de la historia de la cultura hebrea, dicha comunidad jugaría un papel significativo en la labor de traducción y difusión del nuevo conocimiento dado a partir de los siglos VIII en adelante.

La relación espacial, asentamientos judíos y centros de poder político o intelectual, se verá trastocada al momento que durante el reinado de Eduardo I en 1290 y en aras de los beneficios del confiscar las propiedades judías, se

116 Vernet p. 167

diera el edicto de expulsión.¹¹⁷ En el caso de Inglaterra, y producto de las primeras persecuciones, en 1144, las comunidades judías estaban concentradas en las ciudades de Londres, York, Winchester, Lincoln, Canterbury, Northampton y Oxford, si bien no en términos de barrios, si en dos calles, una para los judíos de mejor posición económica y otra para aquellos más desprotegidos¹¹⁸.

Ya que las traducciones al latín de muchas obras clásicas, en ocasiones, pasaban por la traducción al hebreo primeramente, la expulsión de Inglaterra y posteriormente la de Francia en 1306 con Felipe IV, Felipe El Hermoso, rey de Francia y de Navarra¹¹⁹, necesariamente afectó la difusión del conocimiento en dichos países.

A nuestro parecer, las expulsiones inglesas y francesas a las comunidades judías, coadyuvaron que fuese en la península Ibérica (España y Portugal) donde habrían de darse los elementos de ciencia que posibilitaron los viajes de descubrimiento y colonización, en el caso que nos atañe: navegación astronomía, matemáticas e instrumentación entre otros y como se verá, todos ellos ligados a prácticas y métodos desarrollado al unísono en la gnomónica.

Una vez dicho lo anterior hemos de puntualizar que en el caso español medieval no hubo cuestión judía, en esa época, eso habría de venir más adelante y estuvo aparejado al surgimiento del estado nacional.

117 *La historia de los judíos*, Vergara, Grupo Zeta, Barcelona, 2004, 771p, p. 257

118 *Idem*, p.251.

119Es nuestra opinión que al igual que la desaparición de la orden de los Templarios, esta expulsión se encontró determinada por los intereses económicos que al confiscar los bienes materiales permitieron el fortalecimiento de grupos en el poder político.

Fue pues a lo largo del siglo XV, que la cuestión judía hizo su aparición en el suelo ibérico, primordialmente en los reinos de Castilla y Aragón, dándose aparejada al proceso de reconquista.

En ese momento, dos categorías aparecen en escena de modo determinante para nuestro tema: conversos o cristianos nuevos y sefardíes¹²⁰. Ambos grupos tendrán un papel determinante en aquello denominado como criptojudaismo y cristianos nuevos, lo que nos permite adentrar a un ambiente en el que las condiciones temporales de los siglos XV y siguientes, obligarían a la comunidad judía de la península a buscar elementos de sobre-vivencia con aires encontrados¹²¹.

En España, ya que la conversión al cristianismo de alguien de origen judío o musulmán, fue siempre problemático encontraremos que verdaderos conversos eran “un hombre o mujer que se pruebe que no judaíza”. Definiéndose esto como el que:

“Judaizar es observar, por supuesto, la Pascua de Pesah o del Paso del Mar Rojo y de la liberación de Egipto, guardar la Pascua de Yom Kippur que caía en septiembre o la fiesta de Sukkot o de las Cabañuelas... dejar los candiles encendidos toda la noche, sobre todo los viernes...”¹²²

120 “Los sefardíes son los descendientes de los expulsados de España y Portugal que no quisieron convertirse al catolicismo y de los llamados “marranos”, “conversos” y “cristianos nuevos” que allá se quedaron y que más tarde huyeron al oriente proximo y a otros lugares del planeta,... Estos últimos emigraron a Turquía, Holanda, Italia, Inglaterra y Francia y fueron bien recibidos por los primeros que ya habían constituido sus hogares. Allí volvieron a su antigua fe. Aquellas colonias de “refugiados” conservaron las tradiciones literarias y científicas traídas de la Península, su idioma, su folclore, sus romances, costumbres, cantares, guisos y hasta los vicios y las virtudes de la madre patria” José M. Estrugo, *Los sefardíes*, México, 2007, 144p, p 14

121 José Jiménez Lozano, *Sobre judíos, moriscos y conversos*, 2da ed. Ámbito, 1982, pp.120 y ss.

122 José Jiménez-Lozano, *Sobre judíos op cit.* p.75

Ya que la categoría de judaizar se consideró válida no solo para una generación sino en varias, encontramos que hijos o nietos tanto en España, como en sus colonias, fueron cuestionados a partir de su genealogía hebraica. Este tema nos atañe, al ser necesario considerar elementos que nos permitan rastrear la influencia que los rituales judíos, principalmente aquellos derivados de su calendario (luno-solar), hubieron de tener en el quehacer de la gnomónica aplicada, a partir de la expulsión de la península y con la reforma gregoriana que diera por resultado un calendario luno-solar (semejante al judío) a diferencia del solar juliano o el musulmán.

La influencia de métodos, conceptos e incluso paradigmas (solar o luno-solar) en la intersección ciencia-religión, en el periodo y lugar que nos ocupa en especial (época colonial), ha de buscarse por huellas ya que no por documentos.

Como se ha dicho, la participación de los judíos en España y Portugal en la construcción del quehacer científico se dio en el interior de comunidades multiculturales y multireligiosas, escuelas de traductores, en donde los elementos de cohesión eran el respeto, el origen común de los libros religiosos, el reconocimiento por el saber griego y el deseo por aumentar el conocimiento mismo (Época de oro). En ellas participaron al unísono: musulmanes, judíos y cristianos.

El ambiente antijudío en lo particular y antisemita en lo general, fue propio de los siglos XIV y XV principalmente en Castilla y Aragón¹²³, y no por ello puede soslayarse la influencia de este grupo en la construcción del ser ibérico

123 José Amador de los Ríos, *Historia de los judíos de España y Portugal*, Ediciones Turner, 3T, Madrid, 1984,, T III Desde Juan II hasta la dispersión.

mismo, en el tema que nos atañe, y menos aún su participación en el hoy territorio nacional. Varios autores ligados a la gnomónica así lo muestran.

En la península ibérica la tradición recoge una de las principales muestras de la relación del interés y desarrollo de la observación de los ciclos solares y por ende del conocimiento astronómico y los asentamientos religiosos en los caminos de peregrinación de Santiago de Compostela. El mismo nombre del santuario hace alusión: campo de estrellas. Los símbolos (bastón jacobeo y concha (vieira)) del camino encontraran un símil en instrumentos utilizados por la gnomónica, como se vera más adelante..

El culto solar dentro de las tierras gallegas se remonta a sus orígenes griegos y fenicios¹²⁴ y está determinado por su emplazamiento geográfico como el finisterra europeo. La tradición astronómica, la práctica de la navegación y el interés por los viajes y el comercio, ha sido patente a lo largo del tiempo y se muestra intrínseco al ser gallego.

La concentración judía dada en la región de Galicia, principalmente en los alrededores de Compostela y a lo largo del camino, fue muy significativa. Después del siglo XI y hasta el momento del edicto de expulsión, se constata un especial protectorado hacia la comunidad que en la zona cubría labores derivadas del culto religioso cristiano como sería, la construcción y venta de numerosos objetos religiosos: cálices, rosarios, patenas, candelabros y relicarios bajo la autorización de la iglesia¹²⁵

Esta integración de las comunidades hebreas en la península en torno a actividades relacionadas con el comercio o con el manejo de los metales y los

124 José Ramón Onega, *Los judíos en el reino de Galicia*, Editora Nacional, Cultura y sociedad, Madrid, 1981, 722 p, p 47 y ss

125 *Idem* p. 189

santuarios religiosos, incidió posteriormente en la localización que de comunidades judaizantes se hiciera en torno a los sitios de minerales en la Nueva España en específico.¹²⁶ Esta integración puede ayudarnos en la comprensión de las figuras de origen hebreo que aparecen en torno a algunos casos de la gnomónica en su práctica y que veremos más adelante.

La pervivencia de comunidades cripto-judías, rituales o influencias hebreas en la vida cotidiana colonial ha quedado constatada en el trabajo de investigación, ya realizado sobre el tema en el Archivo General de la Nación por diversos autores¹²⁷. En especial los inicios del siglo XVII marcaron dentro del tribunal de la Inquisición un incremento en el número de juicios establecidos en torno a temas de magia y hechicería (astrología-herbolaria, astronomía de posición-medicina).

Lo anterior afectó en especial a comunidades de nuevos cristianos o cripto-judíos¹²⁸.

Aseveraciones como la de “extraña epidemia”, emitida por Solange Alberro en su obra, y referida a un incremento en los juicios inquisitoriales a cripto-judíos, al inicio del siglo XVII, puede ser considerada a partir de

126 “Los núcleos más importantes de población crecieron siempre en los alrededores de los reales de minas, en donde pudieron congregarse al amparo de las explotaciones mineras. Según los procesos estudiados en el Archivo General de la Nación, gran parte de la población de estas ciudades mineras era de origen judío o eran judaizantes”. En Alicia Gojman Golberg, *Los conversos en la Nueva España*, UNAM, Acatlán, Nuevos cuadernos de apoyo a la docencia, 4, México, sf, 235 p. p 95-96

127 *Vid* Solange Alberro, *Inquisición y Sociedad en México 1571-1700*, FCE, 5ta reimp 2004,

128 *Idem*, “Si cotejamos la frecuencia quinquenal del conjunto de todos los delitos (herejías, idolatrías, tendencias, religiosos menores, sexuales, hechiceriles y civiles) con la que corresponde específicamente a los delitos de hechicería y brujería, notamos un sensible aumento de estos últimos desde 1605 hasta 1630, llegando a representar 33.2% del total entre 1626 y 1630. Pero acudiendo en esta misma figura a la frecuente anual, encontramos un pico en 1614 que representa 38% del total de los delitos reportados en el virreinato, este pico corresponde en gran parte al Bajío, y las cifras lo atestiguan: en 1614, de un total de 344 delitos para la Nueva España, 114 se reportaron en esta zona, siendo 94 de hechicería y brujería, lo que viene a ser el 27.3% del número total de delitos”. P. 288

elementos ubicados dentro de problemáticas no territoriales, y si trasnacionales y particularmente focalizados dentro de una historia de la ciencia. El inicio del siglo XVII marcó, en términos de ciencia, la formalización de conocimientos que habrán de ser considerados por las redes sociales que los promovieron y posibilitaron.

Para nuestro tema algunos datos se muestran significativos al mostrarnos su contemporaneidad con desarrollo de la gnomónica: la Reforma gregoriana (calendario luno-solar) 1582, Christopher Clavius (1538-1612), Athanasius Kircher (1602-1680) y Willebrord Snel van Royen.(1580-1626)

De ellos, el último corresponde al periodo de vida del matemático holandés que establece la ley conocida como Ley de Snel y que es una fórmula simple utilizada para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de índice de refracción distinto. A nuestro juicio, lo anterior establece algunos elementos necesarios para la comprensión, en lo general, de los relojes de sol de cierto tipo, como se verá más adelante.

Considerando que la existencia de redes sociales de judeocristianos, conversos, cripto-judíos presentes en las comunidades de la Nueva España estuvo en contacto grupos asentados principalmente en la zona de los Países Bajos (Flandes y Róterdam principalmente), es mas claro adentrarnos al modo críptico en el que los conocimientos de ciencia y religión se muestran en la gnomónica. La relación entre distintos grupos religiosos hace que la información referida a la gnomónica sea visible más no evidente al desconocerse información específica de ambas colectividades. Para esta

integración es necesario considerar tanto elementos culturales y rituales judíos, así como de formación religiosa católica, y contemplarlos ellos a la luz de una pervivencia no dicha, más no por ello no manifiesta. Lo anterior ha de hacerse considerando que los antecedentes del desarrollo de la llamada “ciencia moderna” no necesariamente son formalizados en planes o programas de estudio.

Hablar de gnomónica es hablar de conocimiento, de ciencia o si se precisa, filosofía e historia natural. Es también hablar de religión. Hablar de religión, es también hablar de iglesias, templos, comunidades y creencias y sobre todo, vida y tiempo diarios y personales.

La gnomónica no estuvo, ni está, restringida a una religión o a un conjunto de creencias. De la misma manera en la que consta que previo a la llegada de los españoles a América existían prácticas, que sin ese nombre, correspondían al estudio del sol en su camino aparente, al tiempo y los astros en general, muchos otros pueblos tenían ese objeto de estudio.

Puntualizando: el sincretismo propio de la conquista y la colonia en sus primeros momentos nos permiten vislumbrar el intercambio y asimilación de conocimientos y prácticas que tuvieron lugar en ese momento.

El predominio de España y de Portugal en los siglos XV y XVI en materia marítima no fue casuístico. Los territorios de la actual península ibérica contuvieron gran parte de las, hasta hoy llamadas “rutas de peregrinación”. En esos caminos, los conocimientos, las creencias, el comercio y los intereses políticos, se manifestaron al mismo tiempo que se enriquecían en el intercambio propio del camino.

En las antiguas rutas de peregrinación, esos caminos ligaban: centros religiosos y centros de saber inherentes a ellos con los intercambios geopolítico, así mismo los antiguos centros de traducción, de la Alta Edad Media: Toledo en la actual España, Troyes en la actual Francia y Nuremberg en la actual Alemania, constituyeron un núcleo de conocimientos que habrían de esparcirse en Europa, con los movimientos poblacionales de los siglos siguientes.

Las expulsiones previas, hicieron de la península un lugar privilegiado para el asentamiento de comunidades interculturales. La convivencia en esos territorios de las comunidades musulmanas, judías y cristianas, permitió un intercambio de conocimientos y de prácticas. Inmersos en una perspectiva histórica determinista y determinada, pocos son los estudios, de que disponemos, que se encuentren en ese tenor.

El estudio de los actores mismos, o a través de sus obras, relacionados con la práctica de la gnomónica en el territorio de nuestro país nos revela algunas constantes en lo que se refiere a los estudios hebraicos y su vinculación con ese conocimiento. Otro aspecto a considerar en paralelo es la movilidad que a lo largo de los caminos de peregrinación permitió la convivencia y desarrollo tanto de estilos artísticos como de formas de vida

Autores como Andreas Schoner, geómetra o Johannes Stoffer, astrónomo, ambos del siglo XVI fueron leídos por novohispanos como Fray Diego Rodríguez¹²⁹ y pertenecían al grupo de académicos y científicos de Nuremberg que nos permite vincular lo mismo a un Sacrobosco, que a un

129 Trabulse, *Los orígenes*, p.235

Copérnico o incluso a un Galileo con la gnomónica. Otro autor que hemos de señalar por su cercanía a tradicionales centros de convivencia judeo-cristiana fue Pedro Roíz, quien hizo el primer tratado en español de los relojes y que se reseña en este trabajo ya que este autor presenta vinculación con los centros judíos que, una vez realizada la expulsión en 1492, mantuvieron esta presencia en ocasiones abierta y en ocasiones encubierta.

El llamado criptojudaismo entra así en este trabajo estableciendo primero su existencia y segundo el sincretismo al que dio origen en nuestro territorio.

3.4 Imagen y representación

Hablar de la gnomónica significa hablar de y en palabras. Las palabras son aquel medio que el ser humano ha desarrollado, ha instrumentado, ha conformado para la comunicación y por ende la transmisión de la información y por ende del conocimiento. No obstante, no sólo existe el discurso para ello, también existe la imagen y la representación.

Como ya se dijo, un primer obstáculo en el manejo de las palabras, referido al tema de la gnomónica, va a ser el uso de aquellas palabras que siendo homónimas¹³⁰ presentan significados atribuidos a campos del conocimiento, no convergentes en términos disciplinarios, como ejemplo: el caso de tropo, parábola, figura, etc y que por definición de diccionario caen en el ámbito de las letras y de las matemáticas Esta situación solo puede ser comprendida a partir de las estructuras del lenguaje que en ellas se identifican o por ejemplo en el uso numérico que de la letra nos muestra la historia.¹³¹

130 Homonimia. Calidad de homónimo. Homónimo(a) Dícese de dos o mas personas o cosas que llevan el mismo nombre. Dícese de las palabras que siendo iguales por su forma tienen distinta significación. *Diccionario Larousse Usual*, 1982, p 371

131 *Vid Gifrah op cit*

En la gnomónica, y es nuestra propuesta, podemos empezar a vislumbrar esa relación estructural que no necesariamente es evidente a una primera mirada.¹³²

En el periodo que nos incumbe y de acuerdo a Foucault se da la transición del pensamiento clásico a la modernidad. Este autor en su libro, *Las palabras y las cosas* poco a poco nos va adentrando en esa distinción ya que mientras que el pensamiento clásico buscaba la vecindad entre la representación y las cosas nominadas, el pensamiento moderno se aleja de esto para darle a la palabra una riqueza antes no obtenida. Esta nueva riqueza en la palabra al mismo tiempo la ha alejado de la cosa representada.

Algunos elementos que este autor nos hace resaltar, referidos a las palabras y las cosas, con respecto al pensamiento clásico, son aquellos derivados de su vinculación con la semejanza. La semejanza según Foucault, puede darse por similitud, esto es por proximidad entre la cosa y la representación. A su vez esta similitud puede darse bajo la forma de la *convenientia*, que es una semejanza ligada al espacio en la forma de cerca y más cerca, y pertenece al orden de la conjunción y del ajuste.

Otro tipo de similitud fue la *aemulatio*. En esta la semejanza estaría libre de la ley del lugar y jugaría, inmóvil en la distancia. Foucault para su ejemplificación utiliza el símil de Paracelso sobre el desdoblamiento fundamental del mundo con la imagen de dos gemelos “que se asemejan de modo perfecto, sin que sea posible a persona alguna del cual ha dado al otro

132 Vid *Diccionario Enciclopédico de las ciencias del lenguaje*, p. 274

su similitud”¹³³ y al que volveremos mas adelante rescatándolo como reflejo y espejo.

Otra tercera forma de similitud es la analogía que es un viejo concepto que se ha dado en la ciencia griega y el pensamiento medieval y en la cual se suponen la conveniencia y la emulación. Una cuarta forma de la semejanza queda asegurada bajo el juego de la simpatía, la cual es compensada con su figura gemela, la antipatía.

En este orden dentro del sistema clásico, las semejanzas por *convenientia*, *aemulation*, analogía y simpatía nos dicen como ha de replegarse el mundo sobre sí mismo, duplicarse, encadenarse o reflejarse para que las cosas puedan asemejarse.¹³⁴ Nos dice así, este autor, cuales son los caminos de la similitud y por donde pasan.

Es en este contexto en el que se ha incluido para la presente investigación, las representaciones visibles de la práctica de la gnomónica. Estas representaciones no se circunscriben únicamente al registro del dato, o a la representación de instrumentos sino que incluyen algunos elementos de aquella iconografía propia de la época dentro de la cual el pensamiento se encuentra en la figura, en una palabra o incluso, en un texto a narrar.

A partir de imágenes, signos, símbolos o representaciones, con capacidad de comunicación, o comunicativas, en donde la *convenientia*, *aemulation*, analogía y simpatía, son presentes, se propone una relectura gnomónica de aquello que dentro de la iconografía colonial tiene a nuestro

133 Parcelso, *Liber Paramirum*, 1559, trad. Francesa de Grillot de Gibry, Paris, 1913 p. 3 citado en Foucault *op cit* p. 29

134 Foucault *idem* 26 a 34 “Las cuatro similitudes”

entender el papel de difusor de contenidos de la ciencia inscritos en la gnomónica.

De acuerdo a Foucault el origen de las cosas y del hombre se subordina uno al otro¹³⁵.

Es en el lapso que estudia este trabajo que podremos observar la transición del estudio de la cosa como parte de un todo sistémico a la cosa misma como sistema total, siendo hasta fechas recientes la transición paradigmática que establece dentro de los sistemas el enfoque de sistemas abiertos o sistemas interrelacionados.

A partir del concepto de historicidad, la cosa es lo que su historia, su momento la determina. No es posible continuar este trabajo sin establecer que las representaciones, figuras, formas, emblemáticas, signos, símbolos, palabras, diagramas, referidas a la gnomónica han de ser consideradas, solo y solamente, a partir del momento que las produce y dentro de una cadena evolutiva de construcción del conocimiento humano, no necesariamente ascendente ni progresiva¹³⁶.

En el caso de la presente investigación encontramos que documentos, referidos a la gnomónica o a sus métodos y conocimientos, situados, bien en el siglo XVIII o en transcurso del XIX, corresponderán no sólo a periodos de tiempo diferentes, aunque próximos, sino a paradigmas de interpretación cualitativamente distintos y en ocasiones en oposición franca y abierta a la gnomónica colonial, tal y como se muestra en los primeros siglos de la historia novohispana.

135 Foucault p. 36

136 Dos autores apuntan en esta línea: Thom y Serres

Para poder hacer un reloj de sol se necesita, ciencia, paciencia, conocimientos, y mucho ojo. Un ojo avisado, un ojo diligente, un ojo observador. Buscando en la historia de la gnomónica nos encontramos que es alrededor de las fechas planteadas para este trabajo que su conocimiento, sus contenidos empiezan a diluirse dentro de una retórica, imbuida por la nueva ciencia. Siendo las palabras utilizadas las que nos permiten estudiar a la gnomónica, no hemos de definir que se entiende por Historia de la ciencia, más si puntualizamos que en la historia encontramos, una historia del ser humano, una historia de las ideas, una historia generacional, una historia del pensamiento y también una historia natural.

Siendo el trayecto aparente del sol un estudio ubicado en la naturaleza, es comprensible el que éste objeto haya sido estudio de la Historia Natural y que posteriormente se englobara en ciencias específicas del conocimiento. En el tiempo seleccionado para esta investigación, ver y observar, no serán lo mismo, no solo por cualidad sino también por medios y técnicas.

En el estudio del lenguaje (llamado científico), se establece en la ruptura del siglo XVIII al XIX, el cambio paradigmático. Como ejemplo y precisamente en el campo de la óptica, se dio una de las grandes diferencias en el quehacer científico, pues mientras que antes se observaba, los modernos aparatos (referido a telescopio y sobretodo microscopio) hace que solo se vea¹³⁷. El ver es caracterizado dentro de la Historia Natural.

137 Las reflexiones sobre las distinciones entre el ver y el observar son constantes en la historia del pensamiento humano. Lo mismo nos llevan desde los textos de Platón hasta aquel en el que Pierre Theillard de Chardin en *Le Phénomène Humain*, (1955) que nos dice: "Voir. On pourrait dire que toute la Vie est là, - sinon finalement, du moins essentiellement. Etre plus, c'est s'unir davantage : tels seront le résumé et la conclusion même de cet ouvrage. Mais, le constaterons-nous encore, l'unité ne grandit que supportée par un accroissement de

“Observar es contentarse con ver. Ver sistemáticamente pocas cosas. Ver aquello que, en la riqueza un tanto confusa de la representación, puede ser analizado, reconocido por todos y recibir así un nombre que cualquiera podrá entender: “Todas las similitudes oscuras” – dice Linneo, solo son introducidas para vergüenza del arte”¹³⁸

Las representaciones visuales, desplegadas en sí mismas, vacías de toda semejanza, limpias hasta de sus colores, dieron a la historia natural lo que constituye su objeto propio.

“Ese objeto, de la historia natural, se hará pasar a esa lengua bien hecha (lenguaje científico) que cree construir. Ese objeto es la extensión de la que están constituidos los seres de la naturaleza – extensión que puede ser afectada por cuatro variables. Y solo por cuatro: forma de los elementos, cantidad de esos elementos, manera en que se distribuyen el espacio los unos con relación a los otros y magnitud relativa de cada uno de ellos”¹³⁹.

Tomando para el estudio de la gnomónica colonial aquello que Foucault nos dice para la óptica, referido del microscopio, encontramos que para este autor los demás sentidos son anulados nos dice “toda nota debe ser extraída del número, de la proporción, de la situación” aunque referido al ámbito de la

conscience, c'est à dire de vision. Voilà pourquoi, sans doute, l'histoire du Monde vivant se ramène à l'élaboration d'yeux toujours plus parfaits au sein d'un Cosmos où il est possible de discerner toujours davantage. La perfection d'un animal, la suprématie d'un être pensant, ne se mesurent-elles pas à la pénétration au pouvoir synthétique du regard ? Chercher à voir plus et mieux n'est donc pas une fantaisie, une curiosité, un luxe. Voir ou périr. Telle est la situation, imposée par le don mystérieux de l'existence, à tout ce qui est élément de l'univers. Et telle est par suite, à un degré supérieur, la condition humaine. " Extrait du prologue : " Voir" p.19.

138 Tomado de Foucault, p. 134, *Linneo, Philosophie botanique*, 299

139 Foucault, *op cit*, p. 135

biología y específicamente de la botánica¹⁴⁰. Siendo esto específico para la ciencia desarrollada a partir del siglo XVIII.

Las anotaciones anteriores nos sugieren que a partir del siglo XVIII, todos y cada uno de aquellos conceptos, que derivaron, por ejemplo, de la observación del trayecto aparente del sol sobre un plano (también aparente) fueron descontextualizados y tomados en su mínima parte.

Foucault refiriéndose a las plantas nos dice que el uso del microscopio permitió la descripción de los seres, en dos niveles: 1. En el que el número y la magnitud pueden asignarse siempre por medio de una cuenta o de una medición, esto es expresado en términos cuantitativos y 2. un segundo punto en el que las formas y las disposiciones deben ser descritas por otros procedimientos: sea por la identificación con formas geométricas, sea por analogías que deben tener “la mayor evidencia”¹⁴¹

Así se pueden describir ciertas formas bastante complejas a partir de su semejanza, muy visible, con el cuerpo humano, que sirve como una especie de reserva a los modelos de la visibilidad y que espontáneamente permite la articulación entre lo que se puede ver y lo que se puede decir”¹⁴².

Es en el anterior contexto en el que se ubican algunas interpretaciones de este trabajo: la mandorla, el ojo de dios, la espiga, el triángulo, los paralelepípedos, las pirámides, los cubos, las esferas o incluso el octágono (figura 3.1). La relectura del referencial simbólico, íntimamente vinculado al quehacer gnomonista, muestra su génesis y evolución en el reconocimiento de

140 *Idem* p. 134

141 *Idem* p. 135

142 *Vid* Foucault, p. 135, nota 10. *Linneo Philosophie botanique*, 331, enumera las partes del cuerpo humano que pueden servir de arquetipos ya sea con respecto a las dimensiones o las formas.

las propiedades geométricas, numéricas, o de construcción que las explicitan y que ahí se encuentran ¹⁴³.

De esta manera se produce al interior de la gnomónica una nemotécnica visual que sólo al subrayar su lectura dual es cabalmente comprendida. En ella están presentes contextos provenientes tanto de lo religioso, principalmente el ideal cristiano y de sus afanes evangelizadores como de la construcción y evolución misma del saber llamado científico.







Signo	Forma	Símbolo	Referentes Técnicos e/o Instrumentos
	figura geométrica	Trinidad	cuadrantes
	figura geométrica	Tetramorfos	cardinalidad
	figura geométrica	Sol	bóveda celeste figura astronómica
	Estrella, polígonos inscritos/circunscritos	Culto mariano	compás de proporción proporción áurea
	Estrella, polígonos inscritos/circunscritos	Maguen David	localización geográfica
	Estrella, polígonos inscritos/circunscritos	Octógono	octantes, quintantes, sextantes.
12	Organización, base, Número	Apóstoles Tribus de Israel	eclíptica Meses ciclo anual

Figura 3.1
Las formas visibles de la ciencia y la religión

143 Esto es, retomando lo expresado en torno al símbolo en el capítulo II de este trabajo “Será pertinente, en este trabajo, desarrollar el concepto de símbolo dentro de la gnomónica a partir del concepto de símbolo desarrollado por Leibnitz y para el cual, el símbolo constituye una especie de vínculo entre la metafísica y la lógica, reconociéndose incluso hoy en día, como una relación sustancial entre la lógica y las matemáticas, entre lógica y conocimiento exacto de la naturaleza. En la actualidad, el concepto de símbolo puede ser considerado como constitutivo del conocimiento exacto y esto parece tener como consecuencia el que quede reducido a esa esfera olvidándose el momento histórico que lo vio surgir y su evolución en el tiempo y por ende su transformación o no en términos figurativos.

CAPITULO 4

RELOJES DE SOL E IMPERIO ROMANO

La historia de la gnomónica, sus conocimientos y sus avatares puede seguirse a través de los textos que ingresaron de Europa al territorio colonial. En la selección temática de los siguientes apartados se procede a identificar algunos conceptos y textos que formaron parte de la curricula de la época colonial y que ayudaron a la difusión de la misma.

El calendario Juliano, antecedente del actual calendario Gregoriano tuvo su origen en un esfuerzo unificador del Imperio Romano. Enraizado en el ambiente de reformas que Julio Cesar establece para afianzarse al poder, el calendario es, en sí mismo, un esfuerzo de conciliación y de unificación¹⁴⁴.

Un calendario como el Juliano, está inmerso en un universo simbólico que se omite muchas veces, al estudiarlo. Ese calendario surgió en un espacio histórico que lo marcó y que incluyó tiempo y geografía.

El año 707 (47 a.c) constituye el último del calendario de Numa Pompilius, el año 708 fue el primer año juliano.

144 Emile Biemot, *Rythmes du temps, Astronomie et calendries*, De Boeck, Belgique, 2000, 393p, p 223

En su concepción, se tomó el movimiento aparente del sol y su ciclo, de donde derivaría el año solar. Su partición en doce segmentos, todos de 30 días, y 5 días adicionales para ajustar al ciclo, fue modificada posteriormente.

Sosígenes, astrónomo y filósofo alejandrino, bajo Julio César, 47 a.c., (año 707 de la fundación de Roma) fue el autor. El se inspira en un calendario astronómico realizado por Eudoxo¹⁴⁵, contemporáneo de Platón¹⁴⁶. De acuerdo con sus cálculos, el ciclo solar anual, fue fijado en 365 días y seis horas, cálculo asombrosamente exacto dado los rudimentarios instrumentos de la época, ya que su margen de error fue sólo de 11 minutos y 9 segundos al año, es decir, menos de un segundo por día.

Así nació el llamado Calendario Juliano, (por Julio Cesar y de quien derivaran los nombres de los meses de Julio y Agosto) con una duración de 365 días y 1/4 (6 horas). Cada cuatro años se intercalaba un

145 Eudoxe de Cnide, (v 406 – v 355 ac, Astrónomo y matemático griego, se inicio en la astronomía en Egipto, Es reconocido por su teoria de las esferas “homocentristas”, Propuso para el año el valor de 365.25 días. *Vid* Biemot, p, 224. Eudoxo tambien es reconocido por su geometrización del número, Su presencia, junto con Arquímedes se considera constitutiva de la época de oro griego. “La teoría eudoxiana de la proporción dio validez indirectamente a la regla empírica de los egipcios para el volumen de un tronco de pirámide y completó el trabajo de los pitagóricos sobre los números similares. Certificó también el método del “agotamiento” (sic) (NP exhaustación) en resumen, proporcionó una base para el sistema de los números reales de análisis matemático”. En E. T. Bell, *Historia de las matemáticas*, FCE, 6ta reimp, 2002, 656p. pp, 57-77-81. Su trabajo habría de inspirar a autores posteriores y su reconocimiento entre los siglos XV a XIX, le llevara a constituirse como bibliografía obligatoria en la formación matemática. AM Regnault, Noël (1683-1762), *Les Entretiens Physiques d'Ariste et d'Eudoxe, ou Physique Nouvelle en Dialogues, Que renferme précisément ce qui s'est découvert de plus curieux & de plus utile dans la Nature*, París, 1755, David y Durand. Los primeros 4 tomos son 8. Ed y el último es de 7a. Tomo 1. Etiqueta: "En el Almacén de Libros de Claudio Bertrand y Bellier, Calle de S. Francisco, Casa N. 45 en Cadiz, se hallará esta Obra, y otras muchas sobre todas Ciencias, Artes, & c."

146 Biemont *op cit*, p 224

día extra (para ajustar el cómputo) entre el 23 y el 24 de febrero, y por ser el 24 el *sextus kalendas martii* el día extra se llamó *bis sextus*, de donde viene el nombre de año bisiesto¹⁴⁷. La integración de la emblemática del león, puede quedar inscrita, en el imperio al reconocerse a la constelación de Leo como la que señalaba en la bóveda celeste (eclíptica) el camino aparente del sol, durante los meses de julio y agosto.

Este calendario fue oficial durante el Imperio Romano, y la Iglesia lo adoptó para hacer sus cálculos. A pesar de que se advirtió en el Concilio de Nicea (325dc) de algunos cálculos erróneos, no se tomó ninguna decisión sobre su reforma, misma que se postergaría. De hecho se siguió calculando la fecha de la celebración de la principal fiesta del cristianismo: la Pascua de Resurrección (primer domingo después del primer plenilunio tras el equinoccio de primavera, tomando éste como una fecha fija, el 21 de marzo).

En el espacio de la reforma juliana se produjeron las obras de varios teóricos cuyos textos tuvieron una amplia difusión en el contexto del renacimiento y por ende en el espacio colonial novohispano. Se ha seleccionado de entre ellos a aquellos que hemos considerado más representativos: Plinio El Viejo, Vitrubio y Ovidio.

147 *Idem* , p 224

4.1 Plinio El viejo y El cielo

Entre los clásico más difundidos en el espacio novohispano se encuentra, entre otros, Plinio El Viejo (23 – 79 dc). Plinio El Viejo, naturalista romano, nos permite reconstruir algunos de los aspectos teóricos de nuestro tema.

Plinio El Viejo, empieza su obra, *El Cielo*, diciendo:

“El mundo y todo aquello que con otra denominación se convino en llamar cielo, en cuyo seno transcurren todas las cosas, hay que creer que es igual a la divinidad, eterno, inconmensurable y que no ha sido engendrado ni jamás va a perecer. Indagar más allá de él no tiene interés para el hombre ni cabe en las conjeturas de la mente humana. Su forma es redondeada a modo de un globo perfecto, su nombre, principalmente, y el común de los mortales en llamarle globo lo demuestran, así como también argumentos de la realidad”¹⁴⁸.

Entre el cielo y la tierra “se encuentran siete astros, separados a distancias fijas, a los que llamamos errantes por su movimiento a pesar de que son los menos errantes de todos. En medio de ellos se desplaza el sol (movimiento aparente), de un tamaño y poder extraordinarios, rector de las estaciones y las tierras, de los propios astros y del cielo. Considerando sus obras, es obligado creer que es

148 Plinio El Viejo, *El Cielo*, Ediciones Siruela, sf, 184 p, p.58

el alma o, más llanamente, la mente de todo el universo; el árbitro o divinidad de la primordial de la naturaleza. Él proporciona luz a las cosas y aleja las tinieblas, él oscurece y da resplandor a los demás astros, él regula la sucesión de las estaciones y los años que siempre retornan por la ley natural, él disipa la tristeza del cielo y también serena los nubarrones del espíritu humano, él también presta su luz a los demás astros, él el mas resplandeciente, el excepcional, el que todo lo ve, incluso el que todo lo oye, tal como veo yo que le gustaba decir, sólo de él, a Homero el patriarca de las letras (...) “¹⁴⁹

Sigue el autor:

“en su eterno e incesante recorrido gira con indescriptible rapidez en el intervalo de veinticuatro horas, lo deja fuera de duda el nacimiento y la puesta del sol”¹⁵⁰

Para constatar la importancia y los métodos que el simple estudio del trayecto aparente del sol tuvo en ese tiempo, en la misma obra de Plinio encontramos la exposición referida a los astros superiores y los astros inferiores y ello categorizado, no cualitativamente. Con respecto a la posición que en el firmamento guardan (en la latitud correspondiente del lugar donde se realizó la medición y los distintos momentos de la

149 *Idem* p 62

150 *Idem* p 62

observación) con respecto al Sol. "... se comprende la ley de sus movimientos que es inversa. En efecto, los superiores (los astros) se desplazan muy deprisa en su ocaso vespertino, éstos (los inferiores y aquí específicamente referidos a Mercurio y Venus) muy despacio".¹⁵¹

La obra de Plinio permite introducirnos a un universo ptolomeico, al mismo tiempo que nos inicia en la conceptualización de los objetos que intervendrán en el estudio de la gnomónica.

4.2 Las reglas de Marco Lucio Vitrubio Polión

Otra de las fuentes de la antigüedad difundidas en nuestro espacio nacional colonial fue la obra de *Marcus Vitruvius Pollio*. Vitrubio-Vitruvio quien nace alrededor del siglo I a.c, y fue un ingeniero militar romano, contemporáneo de Augusto.

Los diez libros de Arquitectura fue sin duda alguna una de las obras que, en mayor medida, contribuyó a preservar la información referida a los relojes de sol y por ende a la gnomónica. En el caso colonial novohispano, su presencia es por demás elocuente, para nuestro tema, formando parte de las bibliotecas de Colegios como el Colegio de Pedro y San Pablo o incluyéndose en bibliotecas personales como la de Don Carlos de Sigüenza y Góngora¹⁵².

¹⁵¹ *Idem*, p. 64

¹⁵² BN No. sis. 000405608, Colección Monografías (BN-FR), Clasificación RI 1497-8-3 VIT.d., Clas. Local 1497-8-3 VIT.d., Autor principal Vitruvius Pollio, Título *De architectura libri X / Vitruvii*, Lugar Venetiis : Editorial per Simonem Papiensem dictum Bauilaquam, Año 1497 (3 agosto) Descripción [62] h. : il. ; 31 cm. Nota Incunable Datos tomados del colofón Letra romana Texto a renglón seguido Incluye índice de signaturas Capitular y letras iniciales impresas, ornamentadas con follajes Cornisas Obra sin numeración propia Signaturas: A6-I6, K4-L4 Anotaciones manuscritas a lo largo de la obra Anotación de

La organización de la obra en diez capítulos (libros) cubre el total de los conocimientos de su tiempo para la formación, de los hoy ingenieros y arquitectos.

Libro I. Planificación de ciudades; la Arquitectura como ciencia; elección de lugares, etc.

Libro II. Materiales de construcción.

Libro III. Los templos.

El Libro IV. Dedicado también al estudio de los templos enfatizando su interior y organización y decoración.

El Libro V. Edificios públicos. En el apartado de los teatros; describe su situación, partes; la escena; y todos aquellos elementos que hoy constituyen incluso los estudios de la acústica.

Libro VI.. La casa. Localización y orientación, proporciones. Atrio, *alae*, *tablinum*, peristilo, triclinio, exedra. *Villae*. Casas de tipo griego.

Libro VII. Interiores de las casas.

Libro VIII. Acueductos y conducción de aguas. Agua de lluvia y fuentes; canales y conductos, esto es, la estructura hidráulica tanto pública como privada.

Libro IX. Medidas del tiempo y relojes. Astronomía; la tierra, los planetas, el sol, las estrellas.

Libro X. Maquinaria para la construcción. Levantamiento y tracción de pesos así como la construcción de algunos aparatos para sacar agua.

El libro noveno de la obra, dedicado íntegramente al tema de los relojes de sol y se encuentra organizado de la siguiente manera:

propiedad en la hoja 1: "D. Carlos de Sigüenza y Gongora <rubrica> 1673=2p. A Lonrezo Beson" Marca de fuego: Colegio de San Pedro y San Pablo de la Ciudad de México Sello de la Universidad Pontificia de México Encuadernación holandesa La obra contiene siete ilustraciones xilográficas Al libro le faltan las 10 primeras hojas Con: Con: De aquaeductibus / Frontini.-- Venecia, 1497. De nativatibus / Firmici.-- Venetijs, 1497 Tema Arquitectua antigua

Introducción

Capítulo primero. El Universo y los planetas

Capítulo segundo. Fases de la Luna

Capítulo tercero. El curso del sol a través de los doce signos

Capítulo cuarto. Las constelaciones septentrionales

Capítulo quinto. Las constelaciones meridionales

Capítulo sexto. La astrología

Capítulo séptimo. Descripción de los analemas

Capítulo octavo. Diferentes modelos de relojes y nombres de sus inventores.

Vitrubio en la introducción, referida básicamente al reconocimiento de aquellos avances que en la aritmética, la geometría o la física tienen génesis griega, señala autores que van de Pitágoras a Arquímedes, pasando por Platón a Architas de Tarento o Eratóstenes de Cirene. El autor dedica este libro

“...a la gnomónica y su descubrimiento a partir de los rayos del sol en el mundo y a partir de las sombras que proyecta el gnomon; (en donde) explicaré también la proporción en la que las sombras se prolongan o disminuyen.”¹⁵³

Esto último implicaba, el reconocimiento del movimiento aparente del sol sobre el plano a lo largo del año ubicando, incluso, tanto el punto equinoccional, como los solsticios de invierno y de verano.

153 Marco Lucio Vitrubio Polión, *Los diez libros de Arquitectura*, Alianza Forma, Alianza Editorial, 2da. Reimpresión, España, 2000,. p 329

4.3 Ovidio. Narciso y Villa Adriana o relojes de sol que no parecen reloj de sol.

Publio Ovidio Nasón, *Publius Ovidius Naso*, (43 a.c - 17 d.c), Poeta y filósofo romano es famoso por sus obras *Ars amandi* y *Metamorphoseon*. Sus textos también habrían de constituirse como fundamentales, al interior de las bibliotecas novo-hispanas.

Entre los textos de Ovidio, como obra de madurez, destacan *Los Fastos*, donde Ovidio hace referencia a los orígenes de los meses y las fiestas del calendario romano. La temática de *Los Fastos* ha dado pie a múltiples interpretaciones de entre las que destacan las referidas al amor. La pasión y el amor de *Los Fastos* de Ovidio se han constituido, a lo largo del tiempo como formas de expresión culturales.

Al igual que *Los Fastos*, *Las metamorfosis*, obra previa, ha dado pie a innumerables obras e interpretaciones. Sin adentrarnos a ello y rescatando la visión a la que *Los Fastos* nos apuntan, referida al contexto de la reforma calendárica juliana, hemos preservado la lectura del mito de *Narciso y Eco* como un ejercicio metafórico que introduce a los temas disciplinares de la gnomónica, al mismo tiempo que nos permite comprender, dentro del tema de estudio de la gnomónica colonial, su amplia difusión en la época.

De un total de quince libros, el Libro tercero de *Las metamorfosis*, en sus versos 340 a 510, esta dedicado al mito de *Narciso y Eco*.

Suponemos para este trabajo que imágenes como la de Narciso reflejándose en el estanque, o la de hombres mirando a través de bolas de cristal, fragmentos de cuarzo o planteamientos que irán desde el simple trazo

de la línea recta en el suelo hasta la identificación de la perpendicular vía una plomada, la problemática de la cuadratura del círculo, o el inicio a las fracciones, quedaron inscritas incluso en ornamentaciones. Estas, pueden estar más cerca de lo reconocido, del esfuerzo humano por: entender, analizar, comprender y finalmente reproducir algunos fenómenos como la refracción y la reflexión de la luz buscando con ello conocer acerca del ciclo, la eclíptica, o la hora. Dado que estos conceptos se pueden ubicar dentro del pitagorismo y sirven también para comprender y producir relojes de sol, no es habitual que así se asuma el mito.

Fue quizás observando las sombras, la luz, y los reflejos en el agua, que el ser humano pudo mirar al cielo a la plena luz del día. Posiblemente observando el reflejo en el agua el ser humano conoció el concepto de espejo, iniciándose así en el estudio del reflejo, para llegar así a la reflexión y refracción de la luz. Quizá en ese momento, mirando el agua, esos seres humanos aprendieron a reflexionar, entendiendo esta como capacidad cognitiva. que lleva implícita la capacidad generadora del algoritmo que es capaz de disociarse de una recursividad extenuante.

Derivado de lo anterior y referido al contexto de la gnomónica hemos retomando el mito de *Narciso y Eco*, desarrollado por Ovidio en *Las Metamorfosis* proponiendo aquí esta re-lectura. Este mito que, tradicionalmente, nos presenta la idea, tratada en abundancia, de la vanidad de Narciso y los amores de la ninfa Eco, puede ser también comprendido a partir de componentes conceptuales intrínsecos a la gnomónica, referidos a la óptica o a la acústica.

¿Que sucedería si nuestro Narciso no hubiera estado viéndose a sí mismo reflejado en el agua, y hubiese estado tratando de entender los fenómenos de refracción y reflexión de la luz en el agua y por ende, dilucidando los principios que rigen a un ángulo de incidencia y a la densidad de un medio?, ¿Habría estado Narciso absorto discerniendo sobre la densidad del medio y su participación en el reflejo mismo?, ¿Una pareja, Narciso y Eco, puede ser considerada como imagen metafórica de fenómenos físicos, si no iguales, si participes de semejanzas?

Iniciándonos en la temática de la reflexión y refracción de la luz y del sonido, que también se inscriben en el contexto de los relojes de sol, el mito coadyuva a una primera reflexión sobre los temas inscritos en el espacio de la óptica y la acústica.

¿Quién comprendería que la presencia de Eco en el mito, hace alusión a una imagen metafórica de fenómenos de reflexión no en el agua sino referidos al sonido, esto es una reflexión acústica?¹⁵⁴

Esta lectura pudiera parecer no factible, a menos que se considere que este mito, producido al interior del imperio romano, fue ubicado en el tiempo

154 En el estudio preliminar que de la obra de Ovidio hace Francisco Montes de Oca para la edición de Ovidio, *Metamorfosis*, de Editorial Porrúa, Sepan cuantos... No. 316,4ª. Ed. LVIV, 233 p., p XXV específicamente y refiriéndose al alejamiento ocurrido entre el poeta y el emperador Augusto Cayo, Julio Cesar Octaviano Augusto, primer emperador de Roma (27 a.C.-14 d.C.), e hijo adoptivo de Julio Cesar, rival de Marco Antonio, el autor recopila más de 10 posibles interpretaciones, entre las cuales la décima dice a la letra: "Han imaginado algunos que Ovidio sería miembro de una secta pitagórica de la que no se fiaba el todopoderoso emperador. Carcopino le hace pertenecer a uno de los círculos que los neopitagóricos habían fundado en la Urbe y en el que, para desgracia suya, tomó parte – que siempre sostuvo haber sido casual y pasiva – en una de esas experiencias adivinatorias a las que solían entregarse y cuya intolerable usurpación no podía tolerar el príncipe. Y está convencido de que existió una inclinación común a Germánico, Fabio Maximo y Ovidio, más fuerte aun que su liberalismo político, capaz de arrojar a unos en brazos de los otros: la vocación espiritual, a la que les había dispuesta la difusión en Roma del pitagorismo que, en tiempos de César y de Cicerón, había renovado con el ardor de un apóstol el senador P. Nigidio Fígulo".

poco tiempo antes de prácticas constructivas romanas que se patentizan en Villa Adriana en la ciudad de Tívoli, Italia o incluso en el Panteón, en Roma.

En Villa Adriana reflejado en un estanque, denominado *Canopus*, y enfatizando a través de formas escultóricas llamadas horas por tradición y por definición encontramos, entre otros, el estudio de los ángulos de los rayos del sol en los diferentes momentos del día. En ese mismo sitio utilizando aberturas en un techo, que corre de este a oeste y con apertura hacia el sur, un corredor llamado *Helio caminus*, el mismo fenómeno puede ser seguido (figura 4.1),

Es propuesta personal que entre los relojes de sol, que no necesariamente son reconocidos como reloj de sol, pero que se ubican en el desarrollo de los conocimientos de la gnomónica se encuentran tanto el *Canopo* como el *Helios caminus*, realizados en Villa Adriana en Tívoli, Italia. El estudio del movimiento aparente del sol tuvo así referentes físicos que permitían analizar de manera empírica la dirección y tamaño de dichos rayos en las paredes de esa construcción o en los reflejos de las estatuas (figura 4.2).

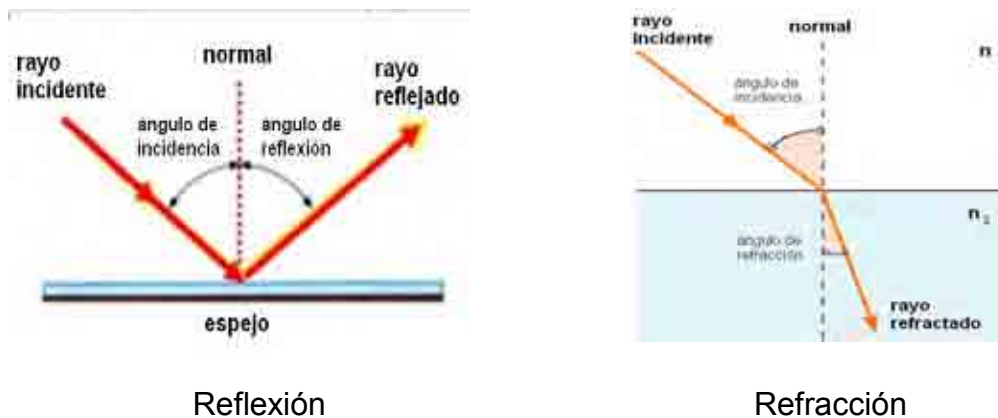
El Canopo debe su nombre al centro egipcio cercano a la actual Abukir, a menos de 20 km de Alejandría y esta ligado a la muerte de Antinoo, el favorito de Adriano. Asimismo, el nombre, Canopo, esta íntimamente vinculado a una cartografía celeste al hacer referencia a la segunda estrella más brillante en el firmamento. Hemos de señalar que esta estrella, correspondiente al hemisferio sur, es citada por Vitrubio para ilustrar las características de las constelaciones meridionales¹⁵⁵.

155 Vid Vitruvio, *op cit*.



Villa Adriana, Tívoli, Italia. Alberca de Horas y Camino del sol.

Figura 4.1



Reflexión

Refracción

Figura 4.2

Fue quizá, dentro de un ejercicio lúdico y hedonista, que estos espacios permitían referenciar la divinidad del emperador Adriano con Apolo reproduciendo en los cotos de la Villa¹⁵⁶, a escasos 25 kilómetros de la metrópoli, el conocimiento en el tema realizado por Egipto, en el momento de su inserción al imperio romano.

¹⁵⁶ Excavaciones recientes muestran que el *Canopo* estaba integrado a un complejo mecanismo hidráulico para accionar una cascada y en su cabecera fue encontrado un busto de la diosa egipcia Isis. Aunque en la actualidad la vinculación del Canopo de Villa Adriana, con el templo a *Serapis* ubicado en la localidad egipcia va quedando excluida al identificarlo con el escenario natural de un *triclinium* en la villa, no por ello los nexos, Tívoli-Egipto, concretamente Alejandría, nos parece han de excluirse.

El *heliocaminus*, o camino del sol, finalizó su construcción con un óculo que hace recordar, en quien esto escribe, el reloj solar atribuido a Eratóstenes así como sus métodos. A este astrónomo, matemático, alejandrino de origen caldeo, se le atribuye la medición del diámetro de la tierra. Este procedimiento fue usado por Cristóbal Colón en su viaje a las Indias Orientales. Este tipo de reloj de sol hoy es conocido bajo el nombre de *Skaphe* y en su honor un cráter en la luna lleva su nombre. Por su forma esférica, este reloj permitía establecer los momentos de los solsticios de verano y de invierno, su funcionamiento se reproducía incluso al interior del Panteón en Roma.

Con el mito de Eco y Narciso y Villa Adriana nos acercamos así al momento en que se dio un calendario juliano que nos llega a nosotros, modificado, y estando ubicados en un 2009 después de Cristo. Esta datación en realidad corresponde a la formulación original del tiempo, determinado este por ciclos solares, a partir del ordenamiento en la Roma Imperial.

Religión, ciencia y política hicieron una simbiosis de la que difícilmente escapamos. *Publio Alio Adriano*, Cesar Trajano Adriano Augusto, emperador de Roma (entre el 117 y el 138 d.C.) de origen hispano, que vive entre el siglo I y el siglo II d.c reprodujo en la Villa las maravillas del imperio. Construidas para su disfrute y aprendizaje personal¹⁵⁷, estas maravillas no son solo testimonio, también tuvieron contexto.

De esta manera, en Villa Adriana, en un espacio arquitectónico específico, hace casi 2000 años, el estudio de los componentes de la reflexión y la

¹⁵⁷ *Tivoli attraverso i tempi*, Azienda autonoma di cura, soggiorno e turismo, 2da ed. Tívoli, 1996, 110 p.

refracción de la luz, que a lo largo de la investigación veremos aparecer con frecuencia, la comprensión de la reflexión como: especular (como en un espejo) o difusa (cuando no se conserva la imagen pero se refleja la energía), su descomposición en plano de incidencia, rayo que incide y ángulo de incidencia, cobran, mayor significación histórica, en cuanto se inscriben anexos a un estudio trigonométrico que se iniciaba o un sistema ptolomeico del universo que se entronizaría por casi quince siglos.

De esa época, cercana a Julio Cesar, Augusto y Adriano, proceden los 8 obeliscos que de Egipto fueron transportados a la capital del Imperio a fin de fortalecer el culto al emperador vinculado a Apolo y que aún hoy en día enseñorean una capital imperial y religiosa (figura 4.3). Esa misma forma, la del obelisco, perdurara con el tiempo asociada a la observación de las sombras que, el camino aparente del sol, producen en el plano, nutriéndose en su función emblemática al correr de los siglos. Lejana en el tiempo y en el espacio esa forma aún se eleva en nuestro país como testigo de su exportación en la época colonial.

Cuan ajeno a nuestro tema pudiesen parecer estas anotaciones a no ser que, en un recorrido posterior, vinculáramos dichos conocimientos a prácticas como las que se constatan en los restos de un Convento Carmelita situado en el Desierto de los Leones, y en donde la presencia de saberes como la de números irracionales (principalmente $\sqrt{5}$), acústica, hidráulica, astronomía, se entrelazan en armonía con rituales religiosos que se manifiestan incluso en una emblemática del Sagrado Corazón aparentemente dissociada a su entorno, o al encuentro de un reloj de sol al interior de una pequeña fuente en el Convento

de la Santa Cruz, en Querétaro, Querétaro o las prácticas de la gnomónica constatadas al interior del ex - templo de San Francisco Javier en Tepetzotlán, Estado de México, hoy Museo Nacional del Virreinato.



Obelisco y Meridiana en la Plaza del Palacio de Montecitorio, Roma, Italia.
Realizado por Bernini (1598 – 1680)*

Figura 4.3

En el momento del surgimiento del imperio romano, se dio el calendario juliano, mismo que habría de ser sustituido por el calendario gregoriano y que en su génesis tuvo implícita a la práctica de la gnomónica. Será en el contexto de ese entonces, pleno renacimiento, con nuevos imperios, que habrá de ser integrado a partir del siglo XVI, el desarrollo y difusión de la gnomónica en el espacio colonial novohispano.

Los textos de Plinio el viejo, Vitrubio y Ovidio encuentran en la gnomónica un fundamento conceptual al mismo tiempo que rescatan una tradición por muchos olvidada.

* Fotografía tomada por Olga Díaz y Juan Girard, diciembre 2005

CAPITULO 5

EL ESPACIO DE LA GNOMÓNICA COLONIAL. SIGLO XVI

Reconociendo en la historia de la gnomónica colonial novohispana tres periodos que la diferencian, en este capítulo se propone la búsqueda de algunos de sus elementos, signos o componentes del primer periodo, esto es el siglo XVI. Entre los elementos que se identifican destacan las tradiciones que posiblemente migran a Europa a partir de los encuentros con Cercano y Medio Oriente y que se incrementaron con los movimientos poblacionales del renacimiento. Se identificó la tradición eclesiástica como actividad ligada a la gnomónica en su práctica e instrumental y se identificaron ejemplos de los relojes de sol llamados “primitivos” en el territorio colonial.

La gnomónica no es, la gnomónica fue. Sus objetos de estudio, sus nombres, sus métodos no se encuentran ya ni en libros, ni en bibliotecas, y si se encuentran, muchas veces, yacen olvidados. El pasado-presente es.

La gnomónica fue una forma de vida, un método, un pensamiento y una creencia. Al mismo tiempo, la gnomónica sigue siendo historia de la ciencia y dio algunas de las bases que la constituyen. El tiempo gramatical del objeto de la Historia es fue. No obstante por convención, los historiadores, han implementado el pasado-presente para la acción del historiar. Por pasado-presente hemos de entender, ese tiempo gramatical que, elevado a nivel de categoría conceptual o axioma inconsciente, retorna a presente lo acaecido. En este doble sentido la gnomónica es.

Los nombres y los métodos de la gnomónica fueron y siguen siendo, elementos fundamentales en la construcción del conocimiento y específicamente del conocimiento práctico de los fundamentos de ciencias matemáticas, como: la aritmética, la geometría, la trigonometría o ciencias como la física o la astronomía. La gnomónica sigue siendo el es del ser humano, principalmente de la ciencia ya que responde a su naturaleza misma ante el mundo. No obstante, como hemos dicho la gnomónica busca aún su definición¹⁵⁸.

En su *Historia de las ciencias*, Michel Serres nos ha acercado a la gnomónica a través del gnomon, el cual “conoce: discierne, distingue, intercepta la luz del sol, deja sus rastros en la arena, como si escribiera sobre la página en blanco, el gnomon comprende”¹⁵⁹. El encanto y el secreto del gnomon está otorgado por su función y no solo por su definición no dada. Como hemos dicho, para el mismo autor, el gnomon literalmente significa : que discierne, que regla y esto se refiere siempre a un objeto.

Objeto, herramienta o instrumento, el gnomon es construcción humana producto de un todo indiferenciado donde el constructor es en sí mismo, un todo que realiza una acción fragmentadora, en la concepción y en la ejecución de las partes, estando este objeto inmerso a su todo personal.

« Todo lo que el hombre se proponga producir por la acción o su palabra, tiene que tener su origen en fuerzas unificadas : todo lo aislado es inadmisibile »¹⁶⁰

158 *Vid infra* p 13

159 *Éléments d'Histoire des Sciences*, sous la direction de Michel Serres, *op cit*, en español, París, Bordas, 1986.

160 Cassirer *op cit* V.III, p 47.

El seguimiento de los procesos constructivos de los distintos tipos de relojes de sol, en el ámbito europeo o nacional, nos permite identificar la evolución histórica de conceptos que hoy en día están, algunos, ubicados en las bases mismas de la ciencia o en la especialización disciplinar del más alto nivel.

Dada la escasez, desconocimiento y/o extrañamiento, en el espacio nacional, de la descripción explícita del quehacer y hacer de la gnomónica, es a través de algunos símbolos, trazos, o restos que hemos reconocido como propios de la gnomónica, que ésta puede ser seguida en nuestro país

En términos generales el periodo establecido, como inicio, de esta investigación (s.XVI) se encuentra ubicado en la transición paradigmática en el estudio de la luz y la ciencia en general.

Siendo el estudio de la luz del sol y la construcción de los relojes de sol, la base de la labor de la gnomónica, el concebir a esta (la luz del sol) en tanto fotones (partículas) o como ondas, nos dará de ella un conocimiento diferente al que nos da el concebirla como solo rayos. Las mismas aportaciones de Snell o de Descartes, en cuanto a óptica, se encuentran en ello implicadas. El contexto de la formación y fortalecimiento de estados nacionales, las guerras de religión y la consolidación de un sistema económico como el capitalismo, no es a todo ello ajeno manifestando incluso la existencia de un binomio ciencia-política que no se puede desdeñar. La historia colonial de la gnomónica ha de hacerse a partir de ese ver diferente.

Hemos de reconocer que fue la misma luz del sol la que contribuyó, entre otros, a la conceptualización del conocimiento matemático en general, y físico

en particular, en un tiempo largo. Aparentemente concebida como geométrica en su concepción de la antigüedad, en el presente hoy aceptamos, en lo general que, a partir del reconocimiento de la distancia del sol en 8 minutos luz, los diferentes rayos de sol pueden ser comprendidos como paralelos a grosso modo, para en lo particular llegar al fotón.

El nacimiento de la, así llamada, era científica, se dio en los umbrales del periodo por nosotros estudiado, sin embargo la gnomónica y su aparente desaparición entraña un encanto del que no podemos sustraernos. Quizá la gnomónica no es ciencia, en el sentido actual, mas si es paciencia, observación continua y sobre todo sistematización.

La gnomónica está en el origen de la ciencia. Sus métodos y sus instrumentos, son rayos de sol que el ser humano ha buscado comprender.

Objeto, máquina, instrumento o herramienta, el gnomon, intrínseco a la gnomónica, es algo mas que un estilete¹⁶¹. Un gnomon es una plomada y una escuadra. Un gnomon no es solo eso. Una escuadra es una excelente manera de repasar a Pitágoras y encontrar la coherencia interna de las figuras perfectas de Platón. Un gnomon es también: un rayo de sol, el productor de una sombra; la gnomónica es: una figura, una comparación, con ellas se hará una deducción, para llegar a un conocimiento.

161 Encore un coup, comment décrire le gnomon? Comme un objet, une tige dont le placement convenable donne des résultats étonnants, latitude, solstice, équinoxe. Qu'il fournit automatiquement. Cela veut dire qu'il marche tout seul, sans aucune intervention humaine, comme un automate, sans sujet moteur: connaissance machinale, puisqu'elle intercepte un mouvement, celui du Soleil. Préférons ici machine à instrument, tant, pour nous, l'outil fait référence au sujet qui l'utilise ou à l'action volontaire et finalisée pour laquelle celui-ci l'a conçu et fabriqué. Au contraire, l'activité mentale que désigne le mot gnomon, en grec, se réfère ici à la machine, à un objet. Le gnomon réalise l'une des premières connaissances automatiques de l'histoire, la première machinerie unissant du matériel à des logiciels. Le rôle du sujet, sa fonction connaissante ou pensante, n'ont rien de commun ici, avec ceux qu'ils prendront dans ce que nous nommons jusqu'à aujourd'hui, la connaissance scientifique. Serres *op cit*.

El gnomon formaba parte de la gnomónica, mas no era, solo él, el elemento que la constituía, el gnomon se construía en su interacción con aquel que lo comprendía.

Entender la transición paradigmática acaecida en los siglos XVII y XVIII, así como su afectación a la práctica de la gnomónica, requiere también de mayor puntualización, para lo cual habría de recordar trabajos como el Khun, *La estructura de las revoluciones científicas* y en el que nos dice:

“En el desarrollo de una ciencia natural, cuando un individuo o grupo produce, por primera vez, una síntesis capaz de atraer a la mayoría de los profesionales de la generación siguiente, las escuelas más antiguas desaparecen gradualmente. Su desaparición se debe, en parte, a la conversión de sus miembros al nuevo al nuevo paradigma. Pero hay siempre hombres que se aferran a alguna de las viejas opiniones y, simplemente o se les excluye de la profesión que, a partir de entonces, pasa por alto sus trabajos. El nuevo paradigma implica una definición nueva y más rígida del campo. Quienes no deseen o no sean capaces de ajustar su trabajo a ella deberán continuar en aislamiento o unirse a algún otro grupo” .¹⁶²

Lo anterior solo quedará señalado, en este trabajo, reconociendo que a finales del periodo colonial los paradigmas dentro de los cuales fue construida en gran parte, la gnomónica, fueron desapareciendo aparentemente más no con ello sus métodos y sus instrumentos, como se verá más adelante.

¹⁶² T:S: Khun, *La estructura de las revoluciones científicas*, Breviarios, FCE, 213,320 p, pp 45-46

5.1. Cosmogonía y práctica.

Como hemos dicho, el periodo de inserción de la gnomónica, en su acepción europea, en los siglos XV y XVI en el espacio nacional colonial, corresponde a la formalización del pensamiento matemático, y/o astronómico, y/o científico, en general, en el mundo occidental.

Los componentes pluriculturales de conocimiento dados por diversos pueblos a las matemáticas y a la astronomía, y que se encuentran también en la gnomónica, en ocasiones se olvidan y no se reconocen, filtrándose muchas veces a través de la tradición o las creencias. Cercana al tiempo de la introducción de la numeración arábiga¹⁶³ en Europa y constructora (como se verá más adelante) del llamado descubrimiento de América en lo referente a la instrumentación y conceptualización, la gnomónica colonial se haya inmersa en el momento de la expulsión árabe de la península, también denominada reconquista y a la expulsión de los judíos de España. Estos pueblos habrán de contribuir a la construcción de la gnomónica colonial.

La gnomónica nos llega inmersa en los fenómenos del descubrimiento y de la conquista, sin embargo, sus instrumentos y sus prácticas pareciera que

163 Hacia los siglos XII y XIII, se da en Europa un creciente intercambio con el cercano Oriente. Leonardo de Pisa (hacia 1170-1250), más conocido por el nombre de Fibonacci, escribió el *Liber Abaci*, (Tratado del Ábaco) con el cual el sistema de numeración de los árabes, (numeración arábiga de origen hindú, 10 cifras), los métodos de cálculo, las reglas algebraicas y los principios fundamentales de la geometría empiezan a popularizarse en contraposición de la llamada Escuela de Gerbert (nueve cifras). Ifrah, *op cit.* p.1357 Gerbert d'Aurillac, (945-1003) Silvestre II, Papa del año mil, es reconocido como introductor de las cifras arábigas a través de sus distintas estancias en España. Educador por excelencia, llamado el Papa mago por su disposición a la construcción de artilugios entre los que destacan el reloj de péndulo. Vid, George Duby, Para las mismas fechas se empiezan a difundir, obras de autores, griegos y árabes que habrían de constituir los inicios de la ciencia occidental. Vid. David Lindberg, *Los inicios de la ciencia occidental*, la tradición científica europea en el contexto, filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a.c. hasta 1450), Paidós, 530p. p.210-270, E.T. Bell, *Historia de las matemáticas*, FCE, 636p. p 105-140. Juan Vernet, *Lo que Europa debe al Islam de España*, El acantilado, 560 p.

se encuentran encriptadas. Estos conocimientos codificados u olvidados, en términos civilizatorios no son escasos. Apenas ahora empezamos a reconocer un criptojudasmo colonial. Pocos son aún los estudios para reconocer los aportes árabes a la ciencia occidental¹⁶⁴ y mas escasos aún en el caso novohispano. Poco se sabe de las discrepancias religiosas al interior de una comunidad, o de un territorio, que habrían de manifestarse en un sin fin de concilios locales. ¿Habrá ahí algo encubierto u olvidado? ¿O quizá simplemente matizado?



Escudo superior del antiguo edificio de la Inquisición,
Plaza de Santo Domingo, Ciudad de México.

Figura 5.1

La gnomónica nos llegó sometida a una mirada inquisitorial vigilante que la supervisará y la determinará, y no pudo limitarla ya que no sólo se encontraba vinculada al ritual y sobre todo a la creencia sino que también formaba parte de un quehacer y de un conocimiento gremial. Un ejemplo de lo anterior puede encontrarse en la semejanza morfológica que se da entre la emblemática de la Cruz de Caravaca y el *bâton de Jacob*, bastón jacobeo,

164 Juan Vernet, *Lo que Europa debe al Islam de España*, op cit.

utilizado en la navegación con anterioridad al sextante y contemporáneo al astrolabio¹⁶⁵. El origen y desarrollo del instrumento pudiese perderse dentro de una emblemática institucional y una querrela ideológica (figura 5.1).

La utilización práctica de la gnomónica, quedó de manifiesto en los viajes mismos a través de sus instrumentos de navegación, dentro de los cuales un reloj de sol, de acuerdo a la época, fue uno de ellos. Tal utilización será expuesta, más adelante.

La época colonial y los instrumentos mismos de la gnomónica, nos permiten inferir. Los textos lo han de corroborar. Las palabras del quehacer así nos lo mostrarán.

Las formas en las que la gnomónica se manifestó, son los elementos que hemos escogido para la construcción de su práctica en el tiempo. Manuales, tipos de relojes o versos nos lo demostraran. Las oraciones no han de faltar.

En la reconstrucción de la cosmogonía que albergaba a la gnomónica, algunos de los libros de divulgación técnica nos permiten iniciar el camino hacia la práctica.

El *Breve compendio de la Carpintería de lo blanco y Tratado de Alarifes*¹⁶⁶ de Diego López de Arena, incluye las instrucciones necesarias para la

165 "Cet appareil a été apparemment inventé par Rabbi Levi ben Gershon (1288-1344), un étudiant juif qui vivait en Provence, au sud de la France, aussi connu comme "Gersonides." Il est décrit dans le livre hébreux " la guerre des seigneurs "... Les astronomes utilisaient le " bâton de Jacob" pour mesurer l'angle entre les directions de deux étoiles. Les officiers de marine mesuraient l'altitude du soleil de midi au-dessus de l'horizon, ce qui leur permettait d'estimer leur latitude (voir la section sur la navigation). Divers moyens ont été employés pour empêcher ou réduire l'éblouissement de l'oeil par l'éclat du soleil. Colomb aurait employé un bâton de Jacob" tomado de <http://www.phy6.org/stargaze/Fcrostaf.htm>

166 Diego López de Arenas, *Breve compendio de la Carpintería de lo blanco de Tratado de Alarifes, con la conclusión de la Regla de Nicolas Tartaglia, y otras cosas tocantes a la Geometria, y Puntas del compas*, Sevilla, 1727, 128p,16p.

elaboración de los relojes de sol. Este libro inicia con una dedicatoria a San José¹⁶⁷ que finaliza con la petición de su intersección (figura 5.2).

Suplicoos, pues recibir de baxo de vuestra proteccion a esta Obra, para enseñanza de los que viven debaxo de vuestro patrocinio, y la ofrezcaís al Divino Architecto de Cielos, y tierra, alcanzandonos de su infinita bondad, que todas las obras, que en virtud de esto se hicieren, vayan siempre encaminadas a tu mayor gloria y servicio, con que tendra dicho logro mi voluntad, que ha ido siempre encaminada a solo este fin.

Vuestro humilde devoto,
Diego Lopez de Arenas



Breve compendio de la Carpintería de lo blanco y Tratado de Alarifes,
Diego López de Arena, Dedicatoria

Figura 5.2

Referido este manual a la práctica de la carpintería, en esta actividad la construcción de relojes quedaba comprendida¹⁶⁸. El valor de la oración es

167 Al Gloriosissimo Patriarcha, y esposo de la Serenisima Virgen N. Señora, Sr. San Joseph. Al Gloriosissimo Patriarcha, y esposo de la Serenisima Virgen N. Señora, Sr. San Joseph Siendo comun y ordinario estilo (Gloriosissimo Patriarcha y Patrono nuestro) de todos los Escritores el buscar, a quien dedicar sus escritos, para asegurar con su favor y amparo la aceptacion de ellos, a fin de haver alguna tan presumido, que entienda no haverlo menester: ya que yo he tomado la pluma, para escribir este breve Compendio, siendo el mas humilde de todos no puedo dejar de hacer lo mismo que todos. Empero, supuesto que mi humildad me acorta, para confiar de hallar favor humano, mi devocion me anima, para buscar el vuestro, y entender, que no me ha de faltar.

mayor cuando se aprende también a reflexionar. En esta oración la misma advocación a San José, sus implementos de trabajo, escuadra y compás, (propios de alarifes y carpinteros) unidos al reconocimiento del Gran Arquitecto del Cielo y de la tierra, nos adentra a nuestro tema.

En uno de los claustros del otrora convento de Guadalupe, en Guadalupe, Zacatecas, encontramos, aún, uno de esos relojes de sol coloniales. De las oraciones que ahí se realizaban, solo quedan escasos recuerdos. En la actualidad, encontramos referenciado que en el cántico: *El alabado*¹⁶⁹ que ahí se realizaba de manera cotidiana, se integraba el reconocimiento a San José.

Y el glorioso San José
 Electo por Dios inmenso
 Para padre estimativo (sic)
 De su hijo el Divino Verbo.

Propia de la época, se encontraba así, a la gnomónica. En manuales con versos y oraciones, que en forma de décimas nos llevan a una curricula escolar en la que la astronomía, la retórica (formas lingüísticas), la aritmética y las formas geométricas (matemáticas) se hermanan en su producto, un verso y un reloj de sol (astronomía).

Matemáticas + Astronomía + Retórica = Gnomónica

En un esfuerzo de síntesis encontramos que disciplinas como las matemáticas, la astronomía y la retórica, nos proporcionan los componentes

168 *Idem*, p. 106 y ss.

169 Federico Sescosse, *El colegio de Guadalupe de Zacatecas*, Escuela de misioneros y semillero de mártires, 1706-1993, Multiva grupo financiero, Fondo cultural Bancen, 175p, p 30-31, s/f. "Para terminar lo relativo al fundador (del colegio) y a sus fundaciones diremos que introdujo una costumbre, ahora perdida, consistente en cantar "el alabado, cuya letra aparece en el volumen tres de la historia del colegio escrita por fray Ángel de los Dolores Tiscareño, de la cual se conserva un solo ejemplar porque las turbas del General Natera, incendiaron el local de la imprenta en donde existían ya todos los volúmenes impresos..."

formales de la Gnomónica colonial y los instrumentales teóricos para su comprensión, aunadas estas al espacio de la oración en las que las horas litúrgicas anteceden al tiempo civil.

El *cuadrivium* pitagórico, no esta lejos, de él solo hemos de soslayar a la música, no por convicción sino por incapacidad personal. Matemáticas, astronomía, retórica, un universo no muy distante en su concepción al que en el siglo I ac permitiera a Varrón, (116-27ac), autor latino de la obra *Los nueve libros de las disciplinas*, identificar y dar “una explicación de nueve de tales artes: gramática, retórica, lógica, aritmética, geometría, astronomía, teoría musical, medicina y arquitectura”¹⁷⁰. La lista de Varrón, fue reducida por escritores posteriores. Con el tiempo se omitieron las dos últimas artes, medicina y arquitectura y se pasó a definir las clásicas siete artes liberales de las escuelas medievales; las tres primeras pasarían a ser conocidas como *trivium* y las restantes cuatro como *cuadrivium*¹⁷¹. En el libro de Arenas, la arquitectura, a través de la carpintería, aún esta presente.

Inscrita en el mundo creencial de la época y matizada por diversas prácticas como por ejemplo: carpintería, construcción, relojería, navegación, milicia y por diversas (hoy) ciencias, como: la aritmética, la retórica y la astronomía, la gnomónica nos permite reconstruir el espacio conceptual

170 en David C. Lindberg *Los inicios de la ciencia occidental*, la tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a.c hasta 1450) Paidós orígenes, p 185 tomado de Stephen Gersh, *Middle Platonism and Neoplatonism: The Latin Tradition*, pp 825-840 entre otros. Como ejemplo de visiones integradoras en los enfoques de análisis se dispone en la actualidad de obras como: Hofstadter, Douglas, Gödel, *Escher, Bach, un Eterno y Grácil Bucle*, Metatemas 14, Libros para pensar la ciencia, Tusquets editores & CONACYT, Barcelona, 7ª ed. 2001, 882 p.

171 Lindberg, *op cit*, p185-186

colonial de su práctica y desarrollo. En estos quehaceres, los conocimientos de la gnomónica se hicieron patentes al mismo tiempo que se construían.

La frecuencia de la figura de San José, su reconocimiento como maestro carpintero, sus implementos de trabajo: escuadras, entre otros, y su papel desde el marco creencial, son elementos a rescatar y a tener presente, en este trabajo, ya que constituyen parte fundamental del instrumental de la gnomónica, al mismo tiempo que nos remiten a los orígenes de la gnomónica europea en cercano oriente.

Las influencias musulmana y judía, en la construcción del conocimiento, se empañaron en el cisma religioso del siglo XVI, más no por ello fueron olvidadas en su tiempo y son redescubiertas, y revaloradas, en la actualidad. Mesopotamia e Israel, dos pueblos que, junto con Egipto, se entrelazan para construir un conocimiento que Roma difundirá, reconociendo la función emblemática del estudio del sol y su movimiento aparente.

La construcción matemática de la época colonial, con los problemas griegos de la cuadratura del círculo, el doble del cuadrado (el duplo) o la intersección de rectángulos, que aún siguen vigentes, ayuda a comprender la evolución de los métodos de construcción de los relojes de sol, sus signos, sus formas, su práctica y los avatares mismos del tiempo que cronometraba.

Con una pedagogía que busca introducirnos de manera amigable al cubo y su problemática, Tartaglia, casi dos mil años más tarde al universo clásico griego, manifestaba aún esa didáctica en forma de versos (propio de la época). Con esos versos se podía uno acercar paulatinamente al triangulo de Pascal, quizá incluso de manera mística, principalmente a partir del: análisis

del triángulo, del cuadrado, del hexágono y demás polígonos, sus características y sus atributos y estudiar las formas tridimensionales del cubo y las pirámides.

Hoy en día aún existen profesionales que con ello se introdujeron al universo de los números.

Todo ello formaba parte de la gnomónica y ha llegado a nuestros días a través de esas pláticas que recuerdan en sus charlas, algunos profesionales de la ingeniería¹⁷².

172 Estos versos llegaron a nuestro presente incluso a través de las notas escolares de los años cuarenta y cincuenta del siglo XX, próximo pasado. Los versos para recordar a Tartaglia fueron transmitidos por el señor ingeniero Roberto Sánchez a quien esto suscribe

$x^3 + px = q$ $x^3 = px + q$ <p>y que la</p> $x^3 + q = px$ <p>siendo p y q positivos, quedaba reducida a la primera por medio de una transformación fácil.</p>	
<p><i>Quando che'l cubo con le cose appresso se agguaglia a qualche numero discreto: trovan dui altri, diferente in esso. Dapoi terrai, questo per consueto, che'l loro prodotto, sempre sia eguale al terzo cubo della cose neto; el residuo poi suo generale, delli lor lati cubi, ben sottratti varra la tua cosa principale. In el secondo, de cotesti atti; quando che'l cubo restasse lui solo, tu osserverai quest'altri contratti,</i></p>	<p>Fijádonos en el primer caso, que basta para captar la regla de Tartaglia, los versos mnemotécnicos dicen traducidos literalmente:</p> <p><i>"Cuando el cubo con las cosas cerca, se iguala a cualquier número discreto, se encuentran otros dos, diferentes en eso,</i></p> <p><i>Después tendrás esto por norma que su producto sea siempre igual al tercio cubo de las cosas limpio; el resto después suyo general de sus lados el cubo bien restado verás tu cosa principal".</i></p>
<p>En el lenguaje matemático moderno: Si el cubo x^3 más un múltiplo px de la cosa, incógnita, es igual a un cierto número q, determinemos, por los métodos habituales, dos números y y z cuya diferencia sea q y cuyo producto sea el cubo del tercio del coeficiente de la incógnita; se extraen sus raíces cúbicas, y, restándolas, se tiene el valor de x, valor que, como se puede comprobar, está obtenido por el mismo método que suele explicarse en los tratados de Álgebra.</p> <p>http://www.geocities.com/veintematematicoscelebres/cap03.html Vid. Mario Livio, <i>La proporción áurea, La historia de phi, el número más enigmático del mundo</i>, Ariel, Barcelona, 2006, 302p.</p>	

San José, patrono de los carpinteros y los constructores nos acerca, no sólo, a un mundo de creencias, sino también a un espacio geográfico: Oriente Medio: La práctica, llega a Europa para mezclarse con cosmogonías regionales y metodologías inherentes a la civilización occidental, en un tiempo por demás controvertido y estigmatizado, incluso en la actualidad: las cruzadas. Se conforma así un constructo con aspiración universal que hasta el presente es heredero de la problemática de su tiempo.

En épocas recientes descubrimientos arqueológicos, ligados a los denominados Rollos del Mar Muerto, encontrados en las cuevas de Qumram y vinculados a los estudios calendáricos de el siglo I nos dan cuenta de los esfuerzos, los métodos y las formas ahí desarrollados¹⁷³, al mismo tiempo que nos introducen a las problemáticas interpretativas aquí planteadas.

“... Sobran las consideraciones prácticas, y el uso del calendario solar esenio (que después se convertiría en uno solar-lunar) en lugar del calendario lunar de los fariseos y seduceos podría haber sido otra de esas decisiones práctica. Los esenios de Qumram incluso tenían su propio reloj de sol bastante preciso, que se acaba de descubrir muy recientemente entre los hallazgos que se conservan en el Departamento de Antigüedades de Israel, en Jerusalén. En estos días, el análisis de los diferentes sistemas de calendario que se usaban en la época de Jesús

173 RB 1997 T.104-1 (pp. 88-115), M. ALBANI et U. GLESSMER, *Revista de la École biblique de Jérusalem*. “Un instrument de mesures astronomiques à Qumrân. This unique object found at Qumrân in 1954, is an instrument which can measure the solstitial and equinoctial points and the horizontal direction of the sun by different circles with graduation in correspondence to seasons. This allows time-keeping of fractions of the day in form of watches or seasonal hours. Knowledge of the ratio between length of day to nights builds the basis for astronomical observations as well as for practicability of 364 day-calendars known from Qumran Texts”. Informante: Adolfo Roitman, Director y curador del Museo del Libro y de los Rollos del Mar Muerto.

puede ayudarnos a sincronizar las diferentes cronologías de la semana de la Pascua de los judíos (*Passover*) (sic) y la Última Cena, pero ni siquiera esto convierte a Jesús ni a ningún autor de los evangelios en seguidor de los esenios. El principal periódico de Israel en lengua inglesa *The Jerusalem Post*, tiene tres formas de fecha en la primera plana: primero (i) la fecha cristiana, después la fecha judía y por último la fecha islámica”¹⁷⁴.

Independientemente a las problemáticas históricas planteadas por algunos esfuerzos interpretativos, en lo referente a la gnomónica, los descubrimientos en Qumram permiten reconocer los esfuerzos y modos en los que, la búsqueda de un punto equinoccial fue realizada al interior de una determinada comunidad en los albores del cristianismo.

Constituyendo la identificación de los puntos cardinales uno de los primeros momentos en la construcción de los relojes de sol, el antecedente en oriente, lejano en el tiempo y en el espacio, de una tradición en la que los relojes de sol son evidente, vincula tanto a prácticas inscritas dentro del universo judaico, como paleocristianas, a una práctica novohispana. Los relojes de sol han de dar cuenta de esa influencia si se sabe seguir su rastro. Un reloj de sol se encuentra unido a un calendario solar. Como se ha dicho, estudios recientes han mostrado la evolución de esto último en los espacios de Qumran,¹⁷⁵ en el universo de la Jerusalén del siglo I de nuestra era.

174 Carsten Meter Thiede, *Los Rollos del Mar Muerto y los orígenes judíos del cristianismo*, Océano, México, 2008, 235p, p 210

175 “El calendario solar tuvo su propia historia y la forma usada por Ezequiel es obviamente la mas antigua. Este calendario, tal como aparece en los textos de Qumrán y en otros lugares, presupone un año normal de 364 días con 12 meses, divididos en cuatro grupos correspondientes a los espacios entre los equinoccios y los solsticios. Los meses son todos de

En ocasiones olvidamos o fragmentamos en aras de una comprensión de elementos fundamentales del saber. En otras situaciones, y en este tema en particular, conviene recordar algunas estrategias como la que encubría el *fascio* romano, para un mayor entendimiento.

Tradiciones distintas (en apariencia), pensamientos no confesos, palabras no mencionadas, se encuentran alrededor de los relojes de sol y sus modos de manifestarse. El contacto íntimo entre el pensamiento judío y el pensamiento babilónico durante el periodo cercano a la destrucción del primer templo vincula no solo creencias sino haceres, para nuestro caso, referidos a la observación de la bóveda celeste. Lo anterior puede ser extrapolado al reconocimiento de mundos de pensamientos clásicos (greco-romanos), hebreos y paleocristianos. Solo recuperando fragmentos de conocimiento disperso, hemos de comprender prácticas y conocimientos de la gnomónica.

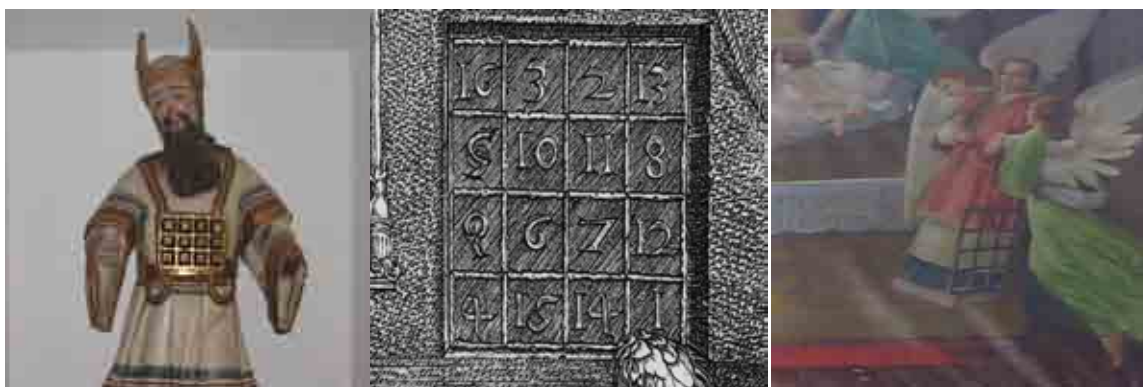
Hasta la actualidad los manuales dan cuenta de formas, ya arquetípicas de los relojes: verticales, horizontales, inclinados, y todos aquellos producto del estudio sistemático del paso aparente del sol sobre el plano habitado, esas formas no distan mucho de aquellas del pasado lejano¹⁷⁶. Lo anterior pocas veces se menciona. Escasos fueron los poseedores de los conocimientos, más

30 días salvo los que están al final de cada periodo, es decir, el tercero, el sexto, el noveno y el duodécimo que tienen 31 días. Los solsticios y los equinoccios caen siempre en el día trigésimo primero de los meses de treinta y un días. En consecuencia el primer día del año caía siempre el mismo día de la semana, que de hecho era un miércoles, el día en el que Dios creo el sol y, por consiguiente, la posibilidad de medir el tiempo.” Tomado de Paolo Sacchi, *Historia del Judaísmo en la época del Segundo Templo*, Editorial Trotta, Madrid, 2004, p. 76. También en: Sacchi, “Idue calendari del Libro dell’Astronomia” en *L’apocaliptica giudaica e la sua storia, Paideia*, Brescia, 1990, pp 173-188

176 Entre los trabajos actuales: Gian Carlo Pavanello y Aldo Trincherio, *Relojes de sol, Historia, funcionamiento y construcción*, Franz Embacher, *Teoría y construcción, Relojes de sol*, Progenza y Rafael Soler Gayá, *Diseño y construcción de relojes de sol, Prontuario para la construcción de relojes de sol con la justificación de los métodos y formulas*, Vid. Nota Cap.I

abundantes fueron las prácticas de quienes los hacían, menores sin embargo eran quienes los comprendían.

Como ejemplo de lo antes dicho hemos rescatado aquello que se muestra en la figura de San Melquisiadec (figura 5.3). Esta imagen se encuentra asociada tanto al nombre de un pontífice como al emblema de la casa de Aarón: el cuadrado con las 12 piedras de Israel que representa lo mismo las 12 tribus que una práctica profética, así como los ciclos estacionales o el papado romano. De esta veneración queda aún la estatuaria correspondiente en el actual Museo Nacional del Virreinato, antes Colegio de San Francisco Javier en Tepotzotlán, estado de México.



San Melquisiadec (sic), Museo Nacional del Virreinato, Tepotzotlán, estado de México.

Cuadrado mágico de la alegoría de Durero, Melancolía.

San Lorenzo y su parrilla, ex – convento franciscano en Ocotlán, Tlaxcala.

Figura 5.3

Estas imágenes se vinculan lo mismo al antiguo testamento que a los intereses hebraístas de la Compañía de Jesús y nos puede atestiguar un conocimiento y una práctica misma.¹⁷⁷ El cuadrado de Aarón nos muestra, una

¹⁷⁷ “Ciertamente existió una relación entre la antigua y gran cultura babilónica y la hebrea. Por lo menos los judíos cultos conocieron la gran cultura mesopotámica. Supieron de sus mitos y obras literarias, pero también de las contribuciones de carácter científico... Gracias a la ciencia

semejanza con el grabados de Durero, Melancolía, las formas cuadradas así lo atestiguan. La aritmética y sus “cuadrados mágicos” nos lo recuerdan. La infancia de Durero, en Nuremberg nos permite reconocer un posible ambiente familiar en la evocación.

Las imágenes anteriores, no nos parecen ajenas a la presencia del mismo esquema de división del cuadrado en la emblemática de San Lorenzo en el santuario de la Virgen de Ocotlán en Tlaxcala. La cercanía a la orden franciscana con el culto de Ocotlán, nos establece la vinculación de esta con el movimiento erasmista y el aprecio de Erasmo para con Alberto Durero al mismo tiempo que muestra una vinculación con la práctica de la gnomónica. Ese reconocimiento contribuyó a la recomendación que de la obra de Durero realizara Erasmo de Róterdam y del que dice que logró “sin el encanto de los colores lo que Apeles realizó con la ayuda de los colores”¹⁷⁸

De Alberto Durero contamos con la traducción de su obra *Instituciones de Geometría*, traducido del latín al español y con introducción de Jesús Yhmoff Cabrera y en el que en su libro *III De los cuerpos sólidos*, especifica las instrucciones sobre: Manera de hacer un reloj común¹⁷⁹. La presencia del texto en el Fondo Antiguo de la Biblioteca de la Escuela de Artes Plásticas – antigua Academia de San Carlos, nos permite integrar elementos

babilónica, la astronomía y las matemáticas a ella ligadas, Ezequiel (s.VI a.c) comprendió la amplitud del cosmos y su unidad.” *Idem* p. 74

178 Este diálogo *De recta latini graetique sermón pronunciatione*, se encuentra en el Tomo I, pp764-813 de *Omnia Opera* de Erasmo publicadas en Basilea en la imprenta de Hieronymus Froben, en Alberto Durero, *Instituciones de Geometría*, traducido del latín al español y con introducción de Jesús Yhmoff Cabrera, Instituto de Investigaciones Bibliográficas, UNAM, 1987, 254p, p xiii

179 *Idem*, pp 150-158.

constructivos y teóricos que se encontraban presentes en la gnomónica colonial.

Citado en nuestro trabajo el texto de Pavanello sobre relojes de sol nos dice:

“El termino gnomónica, utilizado como adjetivo y también como sustantivo, deriva de la denominación del elemento básico de los relojes solares, es decir, el elemento que proyecta la sombra (imagen del sol)¹⁸⁰, llamado estilo, varilla, índice, indicador o gnomon. Deriva del griego gnomon (ΓΝΩΜΙΟΝ), que significa “juez”, “indicador” “que tiene conocimiento” (el termino gnome significa, precisamente, “conocimiento”).¹⁸¹

A diferencia de esta etimología griega propuesta por el autor, el diccionario de la Real Academia Española, en su edición de 1734, señalaba:

“Gnomon. F.m. El estylo o varita de hierro con que se señalan las horas en los relóxes de Sol. Es voz puramente Latina Gnomon. Nieremb. Var. Ilustr. Vid. Del P. Roberto Belarmino, Halló que en una pared habia un relox de Sol, el qual no podia servir de nada, por tener desordenado el estylo o gnomón. Pellic. Argen. Part 2. lib I. Cap 16. Astrolabios, espejos de metales diversos, anillos soláres, gnomónes, reloxes y máchinas. Gnomon. En la canteria es lo mismo que esquadra. Gnomón movable. Es un instrumento compuesto de dos de dos reglas movibles sobre un punto, á modo de compas, con el qual se toma qualquier ángulo, y se passa a

180 La sombra corresponde al posicionamiento del sol en un momento determinado de tiempo, dentro de su movimiento aparente con respecto al plano, con un referencial geométrico y astronómico identificable a partir de los conocimientos científicos ahí reconocidos.

181 Pavanello, *op cit*, p.107

las piedras en quienes se executia. Llamase tambien Saltaregla. Toss. Tom 5, pl. 83., Lat. Gnomon movilis”¹⁸².

Una discrepancia etimológica se puede mostrar como consustancial a la problemática de la gnomónica. De origen griego o romano, e incluso ubicando a los relojes de sol en diversas culturas, el así reconocerlos nos introduce o no a sus aportes en tanto ciencia y también a su participación dentro de una práctica creencial. La historia de la construcción y la polémica u omisión sobre su tradición y participación dentro del desarrollo del instrumental científico y técnico permiten evidenciar una pugna no mencionada.

La gnomónica y su estudio nos llevan, así mismo, a introducirnos en la especificidad, del lenguaje y del lugar, para el tema. Identificar las palabras, los conceptos del tema, nos obliga a identificar los momentos en los que han aparecido y su evolución en el tiempo.¹⁸³ Su complejidad implica el tema de

182 *Diccionario de la Real Academia Española*, 1734, p. 55

183 En la práctica de la gnomónica, por ejemplo, el establecimiento, primero, de los puntos cardinales a partir del referencial astronómico del movimiento aparente del sol, hace necesario identificar el norte astronómico (Polaris) y su yuxtapuesto (Cruz del sur). Dado que en el hemisferio norte la estrella Polar se mantiene como constante, es en la cardinalidad del sur en donde habrá que puntualizar.

En aquellos territorios situados por debajo del Trópico de Cáncer (23° 27' N) como la ciudad de México (Tiene coordenadas extremas que van de 19°03' a 19°36' de latitud Norte y 98°57' a 99°22' de longitud Oeste.) se ve pasar al sol (en apariencia) sobre su bóveda celeste en el cenit en dos ocasiones: para 2008, el 15 de mayo y el 19 de julio.

El territorio nacional se encuentra situado entre los meridianos 118° 27' 24 W, frente a las costas de Baja California en el Océano Pacífico y 86° 42' 36 W en el extremo este, tocando Isla Mujeres en el Mar Caribe; así como entre los paralelos 32° 43' 06 N al norte, límite con Estados Unidos de América y 14° 32' 27 N al sur, en la desembocadura del río Suchiate, frontera con Guatemala. En aquellos territorios del país. que se encuentran por encima de los 23° 27' N del Trópico de Cáncer, esto no se dará, identificándose este tránsito, solo y solamente hacia el cuadrante del sur.

El Trópico de Cáncer es el trópico del hemisferio norte. Es el paralelo situado a una latitud de 23°27' al norte del Ecuador. Su contraparte es en el hemisferio sur, el Trópico de Capricornio.

En el Trópico de Cáncer, los rayos solares caen verticalmente sobre el suelo un día al año, en el solsticio de verano en el hemisferio norte (correspondiente al de invierno del hemisferio sur). Es un límite astronómico, que indicará así un cambio climático. Delimita los puntos más septentrionales en los que el Sol ocupa el cenit (la vertical del lugar) a mediodía del día 21 de junio de cada año.

estudio mismo de la gnomónica. En el mundo colonial, el reloj de sol era la evidencia, la oración, y el reconocimiento al saber ahí presente.

La asociación del saber (conocimiento), el hacer (práctica) y el marco creencial, nos es menester en este trabajo, ya que es dentro de ello que se dará la evolución del tema.

Una vez esto establecido, hemos de reconocer la problemática misma en la que se haya inserto el objeto de nuestro estudio. Sin soslayarla, se ha decidido no abundar en ella y solo mencionarla. Lo anterior obedece a la idea de que pretender desglosar, y disociar, el objetivo y el quehacer mismo del ser humano puede llevarnos a perder el contexto mismo en el que el hecho es producido¹⁸⁴. La ciencia de la gnomónica fue construida con el aporte de pueblos y tiempos diversos y es a partir de ello que puede ser reconstruida.

Es reconocido el papel que distintas ordenes religiosas tuvieron alrededor de los siglos X a XII para la constitución de las primeras universidades. Simultáneamente, en ese momento, la entelequia nacional iniciaba su irrupción en el continente europeo y la preexistencia de entidades abocadas al estudio y al conocimiento, en paralelo a sus objetivos doctrinales, supuso desde el primer momento una lucha persistente en el correr del tiempo por el control del saber mismo. “El hombre del siglo XI ve a su rey como un caballero que, espada en mano, asegura a su pueblo la justicia y la paz. Pero le ve también

El Trópico de Cáncer señala el límite septentrional de la llamada Zona Intertropical, comprendida entre los trópicos de Cáncer y Capricornio y que cubre el camino “aparente” del sol, en la bóveda celeste.

Se le denomina «de Cáncer» porque en la antigüedad, cuando se producía el solsticio de verano en el hemisferio norte, el Sol estaba en la constelación de Cáncer. En la actualidad está en la constelación de Géminis, muy cerca del borde que la separa de la de Tauro.

184 Numerosos son los escritos que señalan este punto, entre ellos destacamos los trabajos de Van Dijk, Teun, *Texto y contexto. Exploraciones en Semántica y Pragmática del Discurso* y el de Paul Riccoeur, *Del Texto a la acción (Ensayos de Hermenéutica II)*, Filosofía, FCE, 2004, 380p.

como un sabio y pretende que sepa leer en los libros”¹⁸⁵. Esta lucha, por el poder, habría de desembocar en sucesos que, desde las cruzadas hasta las guerras de religión de los siglos XV a XVII, tendieron a obnubilar el papel que dichas órdenes religiosas tuvieron en la difusión y el avance del conocimiento así como el de grupos pluriculturales.

5.2. Gnomónica e iglesia.

Si bien la realidad del territorio español, entre los siglos VIII a XV, comprende en gran parte en el periodo de la conquista árabe, no por ello es ajeno a las dinámicas europeas. Para nuestro tema y referido al conocimiento específico de los relojes de sol, hemos de decir que este esta profundamente imbricado en ellas. Esa realidad europea permeará al espacio colonial.

“Las mejores bibliotecas, los maestros más audaces estaban en el siglo XI en Saint-Gall o en Reichnau, en Montecassino, en la abadía de Bec, en Ripoll”¹⁸⁶. Fue a través de las rutas de peregrinación, antiguas rutas de comercio, que esta influencia será mantenida y desarrollada. “Antes de 1130, los centros más importantes de la cultura occidental, (fueron) los monasterios.”¹⁸⁷

En el periodo comprendido entre los siglos XI a XVI, Europa vio llegar nuevos conocimientos de Oriente, con consecuencias a nivel ideológico y creencial que produjeron: herejías, concilios y cismas entre otros, para finalizar con la dispersión de la comunidad cristiana formalizada en la escisión luterana y la reforma anglicana. Aunque el aspecto doctrinal parece ser

185 Georges Duby, *La época de las catedrales, Arte y sociedad. 980-1420.*, p. 30

186 *Idem*, p 77

187 *Idem*, p 70

fundamental en esta inserción, los entramados políticos y económicos no pueden ser soslayados, sus implicaciones a nivel de conocimientos y tecnología menos.

La complejidad de estos siglos, quedará ya esbozada en la misma figura de Gerberto d'Aurillac, (Aquitania), futuro Silvestre II, quien ya en su juventud, en el monasterio de Ripoll, en Cataluña, y en contacto con la ciencia árabe, aprendió a hacer astrolabios. Iniciando su espíritu en las nuevas curiosidades, la ciencia de los números, el álgebra y la astronomía¹⁸⁸.

La inserción de conocimientos en el territorio, hoy español, de Cataluña, aunado a los espacios de Galicia y la ruta misma de Santiago habrán de reconocerse como altamente significativos para la construcción de las redes del saber de la época y los conocimientos que habrían de extenderse, incluso, a los espacios coloniales.

El relojero novohispano Diego de Guadalajara Tello, en su obra menciona levemente el tema de relojes de sol¹⁸⁹, pero en el caso específico de Gerberto nos dice:

“La nobilísima invención de los Reloxes de ruedas, que tantas utilidades ha traído a la Sociedad, parece que debe colocarse ácia el año de novecientos noventa del Nacimiento de N. Sr. Jesuchristo, por el

188 *Idem* p. 38

189 Diego de Guadalajara Tello, *Advertencias y reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes grandes y pequeños, y su regulación, así mismo de algunos otros instrumentos, con metodo para su mejor conservación* : Papeles periodicos dedicados al Sr. D. Juan Manuel Gonzalez de Cossio Conde de la Torre de Cossio, Caballero profeso del orden de Calatrava, Coronel de regimiento provincial de infantería de blancos de Toluca, y actual consul antiguo del real tribunal del consulado de este reyno, / por D. Diego de Guadalajara Tello. Lugar: México : Editorial: Imprenta nueva madrileña de D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros,

sutilísimo ingenio de Gerbert Monge Benito de Fleuri, Arzobispo de Reims y de Ravena, y después exaltado al Trono y Silla Pontificia con el nombre de Silvestre II sutilísimo Matemático de aquel Siglo, y a quien deben la Francia y la Italia la introducción de los guarismos ó caracteres árabes de que usamos en la Aritmética, los que había aprendido en nuestra España”¹⁹⁰

George Duby también alude a este personaje: “donde Gerberto sobresalía era en el *quadrivium*, denominado aquí matemáticas y compuesto, en este orden, por la aritmética, la música, la astronomía y la geometría”¹⁹¹ El también hace la síntesis de sus investigaciones sobre el monje, posterior Papa del año mil: Silvestre II y nos reseña entre otros, su estancia en Chartres, y sus estudios en Reims sobre Lógica, Retórica, Astronomía y Geometría.

“Comenzó por iniciar a sus alumnos en la aritmética, que es la primera parte de las matemáticas. Después enseñó a fondo la música, antes completamente ignorada en Galia. Disponiendo las notas sobre el monocordio, distinguiendo en sus consonancias y sinfonías los tonos y semitonos, los ditónos y diesis, y distribuyendo racionalmente los tonos en sonidos, hizo perfectamente sus relaciones.

“Construcción de una esfera plena (sic): Para manifestar la sagacidad de este gran hombre y hacer sentir más cómodamente al lector la eficacia

190 Tomado de Ferdinand, Berthoud, *Essai sur l'Hor l'ogerie*. Tom. I. Discours préliminaire fol XXVIII, citando la Historia de Francia de M. Henault. Tomo I. P.126 y de Christiano Wolfio Element. Mathes. Univers. Y M. Saverien Ciencias exactas Historia Aritmet. P. 17 por Diego Guadalajara Tello *op cit.* Num I

191 Georges Duby, El año mil, Una interpretación diferente del milenarismo, Gedisa editorial, Serie CLA-DE-MA, Historia, España, 6ª. Reimp, 2000, 160p. p. 39

de su método, no es inútil mencionar el precio de cuántos esfuerzos reunió él los principios de la astronomía. Siendo que esta ciencia es casi ininteligible (sic), logró, para admiración de todos, hacerla conocer gracias a unos cuantos instrumentos. Representó primero la esfera del mundo en modelo reducido mediante una esfera redonda toda de madera; la inclinó, con sus dos polos, oblicuamente sobre el horizonte: proveyó al polo superior de las constelaciones septentrionales y al polo inferior de las constelaciones australes; reguló su posición según el círculo que los griegos llaman “horizonte” y los latinos “limitante” o “determinante” porque gracias a él se distinguen y delimitan las constelaciones visibles de las que no lo son. Colocó la esfera sobre el horizonte a fin de mostrar de manera útil y convincente la salida y puesta de las constelaciones. Inició también a los alumnos en las ciencias naturales y les enseñó a comprender las constelaciones. Por la noche, se volvía hacia las estrellas brillantes y se aplicaba a hacer medir su oblicua sobre las diversas regiones del mundo, tanto a su salida como a su puesta.

“Significación de los círculos intermedios: En cuanto a los círculos que los griegos llaman “paralelos” y los latinos “equidistantes” y cuyo carácter incorporal (hoy llamado líneas imaginarias) (Nota Personal) he aquí de qué modo los explicaba. Fabricó un semicírculo cortado por un diámetro, constituyó este diámetro por un tubo, en cuyas extremidades hizo marcar los dos polos, boreal y austral. Dividió de un polo al otro el semicírculo en treinta partes. En la sexta parte a partir del polo, colocó un tubo representando el círculo ártico. Después habiendo saltado cinco

divisiones, añadió un tubo que indicaba el círculo de los países cálidos (Trópico de cáncer NP). Cuatro divisiones más adelante, puso un tubo idéntico para marcar el círculo equinoccial (Ecuador NP). Dividió según las mismas dimensiones el resto del espacio hasta el polo sur.

“La estructura de este instrumento, con el diámetro dirigido hacia el polo y la convexidad del semicírculo vuelto hacia arriba, permitía aprehender los círculos invisibles y los grababa profundamente en la memoria.

“Construcción de una esfera muy útil para conocer los planetas: Encontró un artificio para mostrar la revolución de los planetas, aunque estos se muevan en el interior del mundo, cruzándose. Fabricó primero una esfera circular, es decir, constituida solo de círculos. Situó allí los dos círculos que los griegos llaman “coherentes” y los latinos “incidentes” por que se recortan. En sus extremos fijo los polos. Después hizo pasar por los coluros otros cinco círculos, llamados paralelos, de tal modo que, de un polo al otro, la mitad de la esfera quedase dividida en treinta partes. Y esto de manera ni vulgar ni confusa: sobre las treinta partes del hemisferio, determinó seis del polo al primer círculo, cinco del primero al segundo, cuatro del segundo al tercero, otros cuatro del tercero al cuarto, cinco del cuarto al quinto, seis del quinto al polo. En relación con estos círculos, colocó oblicuamente el círculo llamado por los griegos “loxos” o “zoe” y por los latinos “oblicuo” o “vital”, pues contiene las figuras de animales que representan a las estrellas. En el interior de este oblicuo, suspendió los círculos de los planetas mediante un admirable artificio.

Demostró de manera muy eficaz a sus alumnos sus revoluciones, sus alturas y sus distancias respectivas. ¿De qué manera? Para decirlo haría falta un desarrollo que nos apartaría de nuestro propósito.

“Construcción de otra esfera para explicar las constelaciones: -Aparte de esa esfera, hizo otra circular en cuyo interior no dispuso dos círculos sino que representó sobre ella a las constelaciones utilizando hilos de hierro de cobre. La atravesó con un tubo que hacia de eje al cielo. Estaba hecho de tal modo que las estrellas de todas las constelaciones estuviesen representadas por signos sobre la esfera. Este aparato tenía esto de divino: incluso aquél que ignoraba el arte podía, sin maestro, y si se le mostraba una de las constelaciones, reconocer a todas las otras sobre la esfera. Así Gerberto instruía noblemente a sus alumnos. Esto en cuanto a la Astronomía”¹⁹².

La presencia de Gerberto d' Aurillac en el contexto europeo, así como el hecho de que fuese uno de sus principales exponentes en la ciencia medieval y el que podamos ubicarlo al inicio de una tradición sincretizadora, resulta altamente reveladora en este estudio, al integrar elementos que en la mayoría de los textos de divulgación de la ciencia de nuestra época son omitidos.

Siendo Toledo, Troyes y Nuremberg, los principales centros de traducción de la época, la confluencia en ellos de una tradición aristotélica y las nuevas ideas (de fuerte influencia neoplatónica), así como la co-existencia de comunidades musulmanas, cristianas y judías, dará un vigor excepcional al saber ahí producido y en sus derredores. Esa coexistencia dada en la

192 Tomado de Edición en *los Monumenta Germanicae historica*, tomo III de *los Scriptores*, pp 78-86 citado por Georges, Duby, *El año mil, op cit.* p. 39 y 40

península habrá de perpetuarse en el espacio novohispano, Gerberto se encontrara en esa co-existencia.

Altamente significativo para nuestro estudio esta el hecho de que en el siglo XVII, como muestra el texto de Diego de Guadalajara resultaran casi comunes, dentro del saber especializado, precisiones a propósito de los estudios medievales tal como lo demuestra el texto de George Duby. Posteriormente en los siglos XIX y XX estos señalamientos estuvieron casi desconocidos o en algunos casos fueron omitidos.

En la obra *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión* del historiador inglés William Cecil Dampier (1878-1952) la referencia a Gerberto d'Aurillac queda limitada a la siguiente:

“Gerbert, el erudito educador y matemático francés, enseñó en Reims y en otros sitios de 972 a 999, en que fue elegido papa – tomó por nombre Silvestre II -. En sus escritos trató de los numerales hindúes: del ábaco, sencilla máquina de calcular, y del astrolabio, círculo metálico graduado con una aguja fijada en su centro para dar la altura de los astros.”¹⁹³

5.3 Gnomónica y vida civil

Junto a los espacios de gremios o religiosos, la gnomónica tuvo una especial relevancia en el marco de algunas actividades, muchas de ellas fundamentales para la empresa de exploración y conquista, tal sería el caso de la navegación.

¹⁹³ William Cecil Dampier, *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*, Madrid, 4ta. Edición, 2008, 570p, p 107

En el Compendio del Arte de Navegar¹⁹⁴ del Licenciado Rodrigo Camorano, impreso en 1591 en Sevilla, se tiene un apartado relativo a la construcción, relación con el astrolabio, uso y beneficiarios, de los relojes de sol. “Este instrumento, aunque tiene poca invencion, es de grande utilidad para las navegaciones de Flandes, Francia, Inglaterra, Islanda, y para todas las tierras Septentrionales, donde hay mucha diversidad en las mareas¹⁹⁵”

Por la datación cercana a la reforma gregoriana, este manual permite establecer la importancia del reloj de sol dentro de los proyectos ultramarinos. Sin adentrarnos en su uso y funcionamiento, ya que esto será retomado en el capítulo referido a instrumentos, esta mención nos acerca a un universo en el que: ya en competencia con instrumentos como la aguja imantada (brújula), el reloj contribuía al desarrollo de la navegación.

5.4 Relojes primitivos

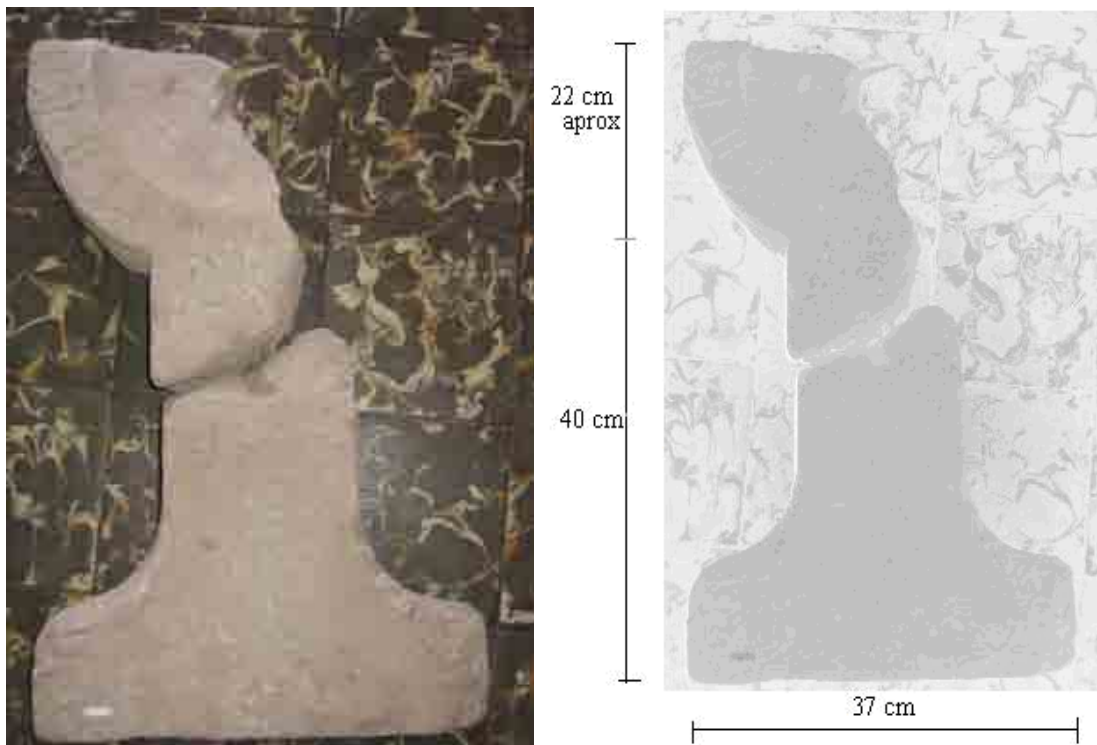
Hemos de reconocer como relojes primitivos a: aquellos relojes de sol que localizados dentro del territorio nacional colonial, corresponden por datación o diseño a fechas anteriores a la reforma del calendario gregoriano acaecida en 1582 y que afectó directamente a Italia, España y Portugal o a aquellos que con datación posterior se encuentran insertos fuera del espacio correspondiente a la influencia de dicha reforma.

En este tenor habrá que señalar que Elías Trabulse nos dice: “Los primeros relojes de Sol construidos en México datan de mediados del siglo XVII y eran bastante rudimentarios”, Lo anterior, parece diferir de lo que él

194 Rodrigo Camorano, *Compendio del Arte de Navegar* Cosmografo y Piloto mayor de su Majestad Catedratico de cosmografía en la Casa de la Contratación de las Indias, Fondos digitalizados de la Universidad de Sevilla, impreso en Sevilla en Casa de Juan de Leon, 1591, 62p.

195 *Idem* p. 57

mismo nos dice en párrafos posteriores: “Los relojes de sol que comenzaron a fabricarse a mediados del siglo XVI y ponen de manifiesto que un nuevo ritmo cronométrico había empezado a funcionar en la naciente sociedad novohispana.” Al respecto hemos de señalar los restos de diversos relojes identificados en En Nombre de Dios, Durango, llamados “primitivos” (figura 5.4).



En Nombre de Dios, Durango, reloj de sol llamado “primitivo”

Figura 5.4

Entre varias carátulas pertenecientes a relojes verticales sin gnomon, destacan los restos de un reloj de sol vertical, de pedestal y que sobrevivió, en algunos de sus fragmentos al deterioro que un albañil le provocó en los trabajos de la reconstrucción de los antiguos espacios del claustro

franciscano¹⁹⁶. Estos restos nos permiten una aproximación a la práctica realizada fuera de la capital colonial y al interior de la vida monástica misma, ajena a la orden mercedaria ya estudiada por Elías Trabulse.

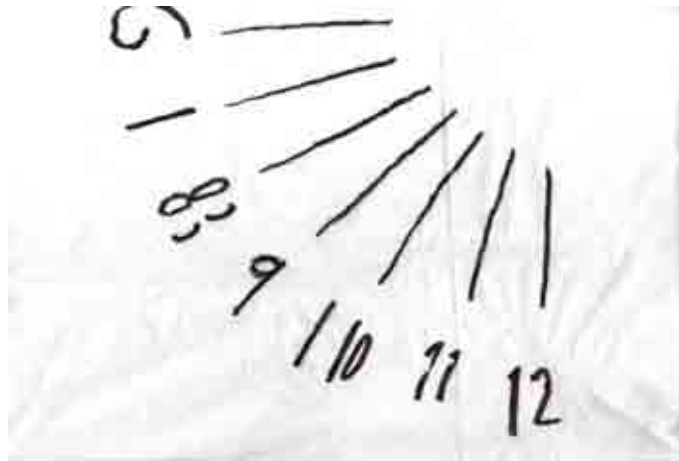
La datación del reloj es imprecisa 1552-6? Se encuentra ubicado en el Museo Comunitario de *Contalpan*, en En Nombre de Dios, Durango, México. Fue rescatado al momento de ser utilizado para dotar de material a la reconstrucción de los edificios anexos al antiguo convento franciscano, hoy casi destruido.

Este reloj identificado, aún sin precisión, ya que la fecha que muestra es 1552 o 56 difiere de la fecha de fundación del poblado que hiciera Francisco de Ibarra el 7 de noviembre de 1561, en unión de los frailes franciscanos y del primer alcalde de la Villa, en acatamiento de la cedula real autorizada por el Virrey D. Luis de Velasco¹⁹⁷. La presencia del reloj es significativa al permitir inferir la práctica, en época temprana, de la construcción de los relojes de sol, así como sus características y esto en lugares remotos a la capital colonial. Esta fecha resulta doblemente importante al establecerse previa a la reforma calendárica gregoriana que se da en 1582 ya que atestigua un quehacer independientemente de la misma.

El cuadrante disponible de este reloj de sol permite reconocer la partición del tiempo entre las 6 y las 12 horas (figura 5.5). No se dispone de mayor información que aquella que deriva de la relación que resulta de sus medidas.

196 Entrevista al Sr. Rubén Saucedo y material mecanografiado "Semblanza de la Villa de Nombre de Dios, Durango" de Héctor Manuel Hernández Torres, Voluntariado Cultural, 1994, En Nombre de Dios Durango marzo 2008

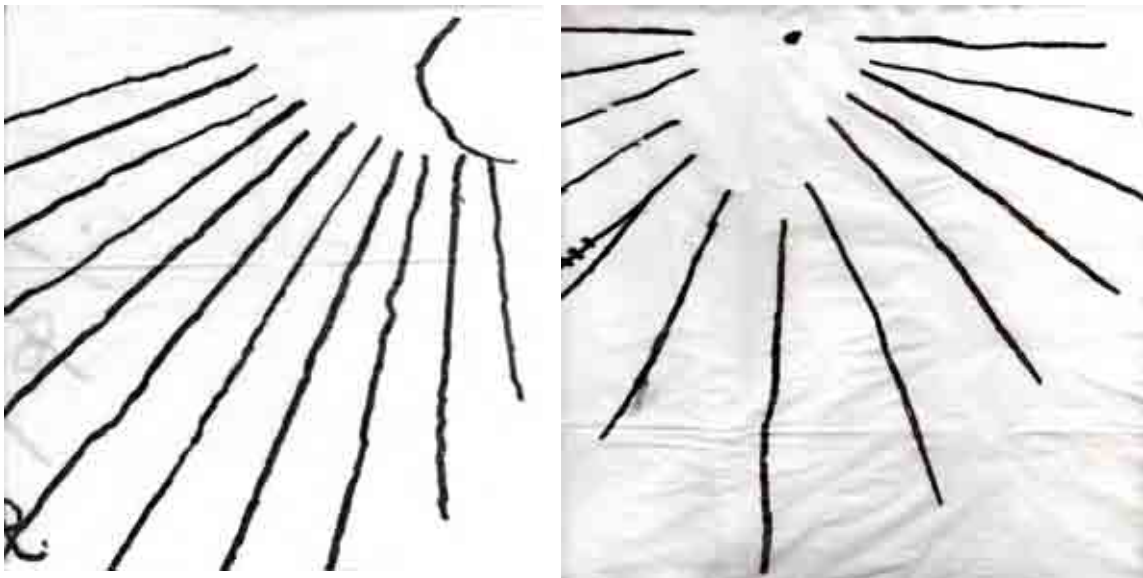
197 Mecanuscrito, "Semblanza de la villa..." *op cit* p.s/n



En Nombre de Dios, Durango, reloj de sol llamado “primitivo” (plantilla)

Figura 5.5

En este tenor, hemos de precisar que la utilización de los relojes de sol en el ámbito de las construcciones religiosas no aparece vinculada sólo a una orden, o a un tiempo determinado, aunque sí nos parece evidente que su uso, comprensión, y difusión, estaba unido a los sustratos de creación y objetivos pastorales de la orden de que se trate y al momento histórico que los determino.



Plantillas de carátulas localizadas en el Museo Comunitario de *Contalpan*.
En Nombre de Dios, Durango, México (fragmentos)

Figura 5.6

Junto al reloj de sol mencionado, se han localizado otras carátulas y/o fragmentos, en la misma zona, y que permiten identificar algunos procesos estudiados en la época y lugar, incluyendo las horas y las medias horas (30 min) (figura 5.6).

El reloj de la comunidad En Nombre de Dios, (el más antiguo del que se conoce datación) en el territorio nacional, incluso en su deterioro, resulta significativo al asociarse los diversos restos de los relojes ahí encontrados a la orden franciscana, a la emblemática por ella desarrollada y a las construcciones que, aunque posteriores, integran elementos arquitectónicos o estilísticos que pueden ser atribuidos a la práctica y conocimiento de la gnomónica (figura 5.7).



1
Reloj Vertical s/fecha
En Nombre de Dios, Dur.
Horas y medias horas.

2
S. XVII Espiga de 12
hojas, exconvento
franciscano. En
Nombre de Dios, Dur.

3
El Dulce Nombre de
Jesús, En Nombre de
Dios, Dur.

Figura 5.7

Como ejemplo de lo anterior, se encuentran los ornamentos, aparentemente solo decorativos, ubicados en los arcos que flanquean a los

ventanales del templo Dulce nombre de Jesús (1720) en En Nombre de Dios; Durango¹⁹⁸. En estos arcos se encuentran situadas las Estaciones del Vía crucis y en la parte superior a éstas, se localiza un señalamiento vertical que: permite un referencial visible y constante de las sombras de las ventanas a lo largo del ciclo anual del trayecto aparente del sol sobre el edificio.

Hay que resaltar que la comunidad de En Nombre de Dios, guarda hasta la fecha el recuerdo de la organización espacial urbana. Dentro de la vialidad actual, permanece aún con el nombre de Guardaraya, en el mismo lugar donde desde el siglo XVI se fijara la diferenciación entre el espacio español y el de los pueblos de Indios, un señalamiento urbano. A reserva de comprobación, ese señalamiento pudiese identificarse como el señalamiento del meridiano local.

Hemos de señalar que en El nombre de Dios, Durango, la Ermita de la Soledad (1720) o la Iglesia de El Dulce Nombre de Jesús (1720), así como los restos de relojes de sol, de la comunidad, se encuentran dentro del espacio urbano español. Por otra parte, las construcciones religiosas de las comunidades indígenas, en el mismo poblado no muestran restos de lo que pudiese haber habido algún reloj de sol, no por ellos desconociéndose en ellas la emblemática a la gnomónica asociada.

198 Visita *En Nombre de Dios*, Durango, abril 2008.

CAPITULO 6

LOS LIBROS Y LA PRÁCTICA NOVOHISPANA DE LA GNOMÓNICA

En este apartado se revisan algunos libros utilizados en labores académicas y de ciencia así como textos dedicados a los relojes de sol. Ellos se caracterizan por estar al margen de la reforma gregoriana, aunque no por ello pueden ser deslindados de la investigación y el conocimiento de la gnomónica en el espacio colonial novohispano.

La gnomónica como práctica, como ya se dijo se dio también adscrita al ámbito de actividades hoy llamadas “tecnológicas” o de “gremios” que más adelante encontraremos como profesiones. Al mismo tiempo, su práctica fue inherente al desarrollo de la vida comunitaria al interior de las distintas órdenes religiosas. Esto es patente en los relojes o restos de los mismos que han llegado a nuestros días, ya que éstos se encuentran en asientos mercedarios, franciscanos, jesuitas, dominicos, agustinos o carmelitas entre otros.

Comprender lo anterior solo es posible identificando el tiempo mismo en el que se desarrollan la conquista y la colonia española; siglos XVI a XVIII. Este tiempo, ligado a movimientos profundamente transformadores como serían el renacimiento, la reforma y su respuesta misma, la contrarreforma, la revolución copernicana y el advenimiento de la nueva ciencia, van a determinar el estudio y desarrollo de la gnomónica tal y como se dio.

Varios eventos marcaran el auge y difusión de la gnomónica: el interés y desarrollo de ciencias prácticas como la navegación y la agrimensura, junto con los

avances astronómicos derivados de la aparición del telescopio y el hecho de que junto y casi en el inicio de la época colonial se integró la reforma gregoriana que afectó de manera directa a los distintos sectores religiosos al incidir en el calendario litúrgico.

Los conocimientos y habilidades derivados de la práctica misma de la gnomónica, incidieron en la sociedad novo-hispana a través de las instituciones educativas de los religiosos al mismo tiempo que se integró a la vivencia creencial misma. Lo anterior queda de manifiesto en obras que han llegado hasta nosotros y que se ubican lo mismo en las construcciones religiosas o civiles. Estos trabajos muestran la convivencia en torno a la gnomónica de: alarifes, ingenieros militares, pintores y escultores. El estudio de cada una de esas obras puede ser enriquecido al considerar a la gnomónica como sustrato ideológico y currícula educativa, en el momento de su producción.

6.1 La gnomónica en la Universidad

La práctica de la gnomónica en la Universidad y al interior de algunas órdenes, espacios donde se formó la elite académica colonial, como el de la Merced, ha sido estudiada en la obra de Elías Trabulse. El seguimiento de este trabajo nos permite un primer acercamiento a la gnomónica y nos muestra su inserción dentro de la currícula novohispana.¹⁹⁹

199 Vease Elias Trabulse y sus trabajos, *La ciencia y la técnica en el México Colonial*, México, 1982, 80pp.

ils. *El Círculo Roto, Estudios Históricos sobre la ciencia en México*, México, SEP., 1982, 248pp. XVII, México, Fondo de Cultura Económica, 1985. *Historia de la ciencia en México* Versión abreviada, CONACYT, Fondo de Cultura Económica, México, 1994, 528 pp. *Los orígenes de la ciencia moderna en México*, (1630-1680), México, Fondo de Cultura Económica, 1994, 296pp. *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, México, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, Fideicomiso Historia de las Americas, 1994, 184pp. *Arte y Ciencia en la Historia de México*, Fomento

En su obra Trabulse da cuenta del que pudiese ser, según este autor, el único manual, conocido (y perdido) de gnomónica elaborado en el espacio colonial novohispano: el *Tratado del modo de hacer relojes, Horizontales, Verticales, Orientales, etc. Con declinación, Inclinación, o sin ella: por Senos rectos, tangentes, etc., para por vía de números fabricarlos con facilidad*²⁰⁰. Esta obra, cuyo autor fue el fraile mercedario Fray Diego Rodríguez²⁰¹, permite reconstruir el universo teórico y conceptual de la práctica gnomonista tanto a nivel creencial como disciplinario.

En el estudio de la obra del fraile, resaltan los Manuscritos: *Tractatus Proemiabum Mathematices y de Geometría, De los Logaritmos y Aritmética, Tratado de las Equaciones. Fabrica y uso de la Tabla Algebraica discursiva, Modo de calcular qualquier eclipse de Sol y Luna según las tablas arriba puestas del movimiento de Sol y Luna segun Tycho, Doctrina general repartida por capítulos de los eclipses de Sol y Luna y primero de los de Sol que suceden en los 90 grados de la eclíptica sobre el horizonte en todas las alturas de polo así septentrionales como meridionales* y el ya mencionado *Tratado del modo de hacer relojes*. Así mismo se conoce su “*Discvrso etheorologico del nuevo cometa, visto en aqueste hemisferio mexicano; y generalmente en todo el mundo este año de 1625 : decifrado a la Inmaculada Concepción de María santissima, madre, y señora nuestra*”²⁰².

Cultural Banamex, 1996, 280pp. *En busca de la Historia Perdida. La ciencia y la tecnología en el pasado de México*. Ensayo Bibliográfico. El Colegio de México, 2001

200 Citado en Elías Trabulse, *Los orígenes de la ciencia moderna en México*, (1630-1680), FCE, Breviarios 526, p. 161.

201 *Idem*, pp 160-161 o pongo Tractatus P. No se ha podido identificar la Signatura. Sección de Manuscritos, Signatura, MS 1521 Biblioteca Nacional

202 Trabulse, *Los orígenes*, p. 161.

“Fray Diego Rodríguez estructuró su obra siguiendo las pautas de las enciclopedias matemáticas de su época. En el proemio en latín que antecede a su tratado De Geometría y al que tituló *Tractatus Proemialium Mathematices*, aparece el esquema general de la obra, la cual dividió en dos grandes secciones. Matemáticas puras y matemáticas impuras o aplicadas”²⁰³

Dentro de esta división la gnomónica formará parte de las matemáticas impuras o aplicadas, ubicada en el mismo rango que: la mecánica, la arquitectura, las artes bélicas, la astronomía, la fabricación de astrolabios, la astrología, la meteorología, la música, la cosmografía, la geografía, la prosopografía²⁰⁴, la geodesia, el magnetismo, la hidrostática y la cronología.

El fraile mercedario realizó la apertura de la cátedra de matemáticas y astrología de la Universidad en 1637, su obra de astronomía y de gnomónica están a la par del pensamiento matemático de la época. Las observaciones de Elías Trabulse a propósito de la tabla de logaritmos a la cual hace mención constantemente Fray Diego Rodríguez están en sincronía con estudios de autores como John Napier, cuyo trabajo, a nuestro entender, es respuesta a prácticas y conocimientos similares.

El conocimiento de los temas matemáticos “puros” permite identificar los elementos conceptuales requeridos, en ese tiempo para desarrollar las matemáticas “aplicadas”. De Fray Diego se sabe que realizó trabajos en este sentido:

²⁰³ *Idem* p. 165

²⁰⁴ RAE Figura retórica referida a la descripción exterior de una persona o de una figura.

- En geometría: traducción y comentarios a Euclides. Resolución de triángulos, cálculos de áreas en función de los lados, círculo, elipse, parábola, hipérbola, perspectiva, dióptrica, catóptrica y óptica.
- En aritmética: teoría de los números, las cuatro operaciones con enteros y quebrados, progresiones aritméticas, raíces cuadradas y cúbicas de cuadrados y cubos perfectos e imperfectos, exponentes, cuadrados y cubos perfectos e imperfectos, proporciones, regla de tres y cálculo.
- En álgebra: ecuaciones cuadráticas, cúbicas y de cuarto grado así como logaritmos. Por último,
- En trigonometría: referido a la trigonometría plana: funciones trigonométricas, tablas, ecuaciones trigonométricas, tablas logarítmicas de funciones trigonométricas. En trigonometría esférica: triángulos esféricos²⁰⁵.

Retomando las palabras del fraile sobre los relojes de sol podemos saber que, entre otras:

“La materia de relojes de sol no es otra cosa que una artificiosa perspectiva con que los círculos horarios del cielo y demás círculos de él, así los máximos como los menores, se demuestran en los planos o paredes, así perpendiculares al horizonte como inclinados, con la variedad de inclinaciones al meridiano y a otros círculos, de tal suerte que demuestren perfectamente lo mismo que (sucede) en el cielo”²⁰⁶

205 Trabulse, *Los orígenes*, p. 166

206 *Idem*, p. 237

Si bien estas palabras permiten identificar la construcción misma de los relojes como “artificiosa perspectiva” más adelante profundiza en la práctica de la gnomónica:

“Para tratar, pues, aquí esta materia (la gnomónica) con claridad y generalidad, de suerte que quede entendido y con inteligencia de algunos círculos del cielo que son los que se representan en líneas rectas en los planos o paredes, con otras figuras que llaman elipse, parábolas o hipérbolas, que dimanar de las figuras cónicas en sus secciones, hemos de ponerlos en demostración en el mismo cielo para deducir de allí los ángulos y líneas en los planos, y estos con alguna generalidad que comprenda todos los accidentes referidos, y primero de los más regulares y fáciles para después pasar a los más irregulares y no tan fáciles que es el orden que siempre se debe guardar valiéndonos en todo de la *trigonometría que es el alma de las matemáticas y el único refugio de los matemáticos, y para dar mayor facilidad por vía de logaritmos*, aunque no excusaré los senos, tangentes y secantes donde conviene, para que los más entendidos de estas materias los usen y manejen, obrando asimismo por geometría, la mayor parte de ellas y aún formarlos de diversos modos para que cada uno elija el que más le agrade y el que más conviniere, fuera de que será necesario así para verificarlas y no cometer yerros que en las líneas y divisiones de círculos y divisiones de círculos se cometen muy fácilmente, en que suele haber mucha confusión por las muchas líneas, la pequeñez del papel en que se obra y otros accidentes en las reglas y compases, que es necesaria mucha maña y curso para obrarlos con perfección. Por todo lo cual siempre aconsejaría yo se valiesen de la

trigonometría y sus números, formando tablitas en que hay más certidumbre y menos embarazo de líneas, que es lo principal que ejecutaremos después de los modos geométricos, para la inteligencia que se pretende, y aunque esta materia es larga y muy dilatada, excusaremos demostraciones”.²⁰⁷

Las palabras que anteceden, nos permiten vincular someramente en este estudio a la gnomónica y el desarrollo de las ciencias matemáticas aplicadas: las tablitas pueden ayudarnos a comprender el símil que de las mismas habría de hacer J. Napier²⁰⁸ (1550-1617) a través de su ábaco y el resultado de su aplicación en las así llamadas tablas de logaritmos.

No solo el texto anterior, sino el total de estudios sobre Fray Diego Rodríguez, nos permiten ir dibujando la práctica de la gnomónica a través de sus métodos, sus instrumentos y sus dificultades. De los estudios de Elías Trabulse, se sabe que

207 *Idem* p. 236-237

208 “Entre las matemáticas puras y las aplicadas están las mejoras en el cálculo numérico, de mayor importancia por las aplicaciones que por lo que significan para las matemáticas mismas. Por ejemplo, los logaritmos aceleraron las aplicaciones prácticas de la astronomía, pero no eran imprescindibles ni siquiera para ese eficaz servidor de la civilización. (Podrían ser sustituidos por n operaciones) ...La invención de los logaritmos, contemporánea de Kepler habría de reducir su labor sobrehumana a proporciones más manejables. La historia de los logaritmos es otra epopeya de la perseverancia que no cede más que ante la de Kepler. El barón Napier o Neper de Merchistoun (escocés 1550-1617) en los ratos de ocio que le dejaban sus deberes de terrateniente y su vana preocupación por demostrar que el Papa reinante era el Anticristo, inventó los logaritmos. “... Si recordamos que Neper murió antes de que Descartes introdujera la notación n , nn , n^2 ... para las potencias, no nos maravillaremos tanto de que le costará no menos de veinte años razonar las propiedades y la existencia de los logaritmos. “La idea fundamental de la correspondencia entre dos series de números, una en progresión aritmética y otra en progresión geométrica... la explicó Neper valiéndose del concepto de dos puntos que se mueven por diferentes líneas rectas, uno con velocidad uniforme y el otro con velocidad acelerada. Si el lector con todos los conocimientos modernos que tiene intenta conseguir por sí mismo de este modo una demostración de las reglas fundamentales del cálculo logarítmico, terminara el ejercicio con un concepto adecuado del genio penetrante que poseía el inventor de los logaritmos (G. Chrystal)“Añádase a esto que el logaritmo

neperiano de n sería nuestro $10^7 \log_e(10^7 n^{-1})$ en que e es la base del sistema natural” E.T.Bell, *Historia de las matemáticas*, FCE, p. 169-171

Fray Diego fue un lector acucioso de la obra de Clavius y Orance Fine²⁰⁹ entre otros. Será a través del estudio de ellos que podremos acercarnos un poco más a la obra de relojes de sol, no conocida, de fray Diego Rodríguez.

Estos autores fueron de gran trascendencia en los trabajos del fraile mercedario, ya que se inspiró en ellos para la realización de algunas de sus obras, por ejemplo: un reloj de sol en sortija inspirado en un dibujo de Fine²¹⁰.

De este creador, Orance Fine, (1494-1555) se dispone el texto *De Mundi sphaera, sive, Cosmographia libri V : ab ipso authore denuò castigati, & marginalibus (utuocant) annotationibus recèns illustrati : quibus tum prima astronomiae pars, tum geographiae, ac hydrographiae rudimenta pertractantur*. El libro tiene marca de fuego del Convento de San Cosme así como la siguiente inscripción: "Aunque este libro se escribió anta dela correccion del calendario Gregoriano, que se hizo en el año de 1582. siendo alummno Pontifice Gregorio XIII, por cuyo mandato se hizo dicha curacion. Laui puede ser que diezmada de las reglas, por se corrigio este Calendario y dela que se acentuaron entonces para la refutacion de los himnos" y Ex-libris ms.: "De la libreria del Convto. de la Coleccion de S. Cosme"²¹¹. Con estas palabras se nos permiten ir conjuntando el universo teórico y práctico de la gnomónica.

Además de Fray Diego Rodríguez y su orden religiosa de la Merced encontramos otras órdenes que por vocación u origen van a identificarse con la práctica de la gnomónica. Reconocemos el estudio de la gnomónica en ordenes como la agustina, dominica, carmelita, etcétera. Sin embargo, en este trabajo se

209 *Idem*. p. 234-235

210 Trabulse *op cit.* p. 235

211 Orance Fine, *De Mundi sphaera, sive, Cosmographia libri V*, portada.

destacan en nuestro estudio: franciscanos y jesuitas, evangelizadores y educadores y cuyo trabajo alrededor de la gnomónica es aún visible.

6. 2 Textos de divulgación

La dispersión de gran parte de las bibliotecas coloniales, obliga a un estudio temático de los distintos libros a través de los cuales podemos intentar la reconstrucción de la práctica y los conocimientos en ella implícitos. Algunas palabras se repiten hasta el presente: norte, sur, este, oeste, meridianas, horas...

John L. Heibron, nos dice en su obra *Astronomie et églises*.

“La historia de las meridianas se sitúa en un cruzamiento, para decirlo más justamente, de las fronteras de varios campos del conocimiento que se tiene la tendencia de separar: arquitectura, astronomía, historia religiosa y laica, matemáticas y filosofía”²¹²

Es nuestra opinión que a esos temas, muchos otros se pueden integrar.

Como tal, la gnomónica casi no aparece, casi, en catálogos modernos y su objeto entra sólo bajo el rubro de relojes de sol o bajo las distintas derivaciones latinas de la palabra. En este sentido y como producto de esta investigación, se ha encontrado un acervo bibliográfico a rescatar. Muchos libros y manuales se hallan descontextualizados de los espacios productores de los relojes y nos muestran que para la reconstrucción de la práctica se requiere de un esfuerzo de integración de temas aparentemente dispersos e inconexos.

Por ejemplo, en el estudio de aquella denominada meridiana del lugar, esto es, la línea imaginaria que parte del norte astronómico y cruza en perpendicular la

212 Heilbron, *Astronomie et églises*, p. 7

línea imaginaria que señala el este y el oeste en el plano geográfico en cuestión, encontramos que ella es más que una línea: es un referente de base para iniciarnos en la astronomía de posición. Un ejemplo de lo anterior resulta de la observación en espacios urbanos como el de San Cristóbal las Casas, en Chiapas, en donde la traza urbana se muestra acorde con referentes astronómicos ligados a la práctica de la gnomónica, como son: la localización del norte astronómico y la línea equinoccial. Así mismo al interior de los espacios religiosos de la zona aún subsisten trazas de los procesos constructivos que los determinaron y que pueden atribuirse a la misma práctica de la gnomónica.

Las distintas manifestaciones de las meridianas, en el plano o en el espacio, se irán mostrando en el estudio de los distintos espacios coloniales, quienes las produjeron, no sólo las construyeron sino que buscaron comprenderlas y aplicarlas.

Como se ha señalado, entre los mismos libros que permiten la reconstrucción de la práctica, los criterios de clasificación de los mismos implican de partida la adopción de un marco teórico de tratamiento del tema. Para este estudio hemos dividido estos textos en: de divulgación, de profesionalización de la práctica y los libros de la ciencia de la gnomónica en el territorio nacional.

En este capítulo se analizan algunos libros que hemos denominado de divulgación y profesionalización de la práctica (hoy llamados manuales), al mismo tiempo se han incluido aquellos relojes de sol que sin tener un referente bibliográfico específico, fueron erigidos en el territorio nacional como producto de una tradición extranjera a estas latitudes, mas no por ello ajena a las prácticas que sobre el tema fueron realizadas por pueblos precolombinos. Lo anterior obedece

no sólo a criterios temporales, sino también a la estructura, contenido y función social de divulgación de las obras dentro de un sector operativo y no académico.

6.2.1 Tratado de Reloges de Pedro Roiz (1575).

Uno de los primeros tratados de relojes de sol españoles, del que se tienen ejemplares en el territorio colonial novohispano, es el *Tratado de Reloges* de Pedro Roiz²¹³. Cabe señalar que ni por autor, ni por tema se tiene acceso en sistema de la Biblioteca Nacional, a este texto, por lo que su clasificación esta aún pendiente en la base de datos. El texto se encuentra pocas hojas adelante, dentro de los papeles de la colección *La Fragua*, de los trabajos de Diego de Guadalajara y puede confundirse en su contenido (figura 6.1).

Este trabajo, de Pedro Roíz, destaca por su datación temprana, 1575. Habrá que remarcar de este texto tanto su datación anterior a la reforma del calendario gregoriano, como la epístola de presentación a Ioan de Borja, hijo de Pedro Luys Galceran de Borja, Maestre de Montesa, Marques de Navarres. En ese prefacio, el autor dice “sirvo a V.S con este tratado de Reloges solares, el cual contiene mucha variedad (porque para entenderlo de raya, es menester, Aritmetica, Geometria,

213 *Tratado de Reloges* de Pedro Roiz, 1575, epístola. Diego de Guadalajara Tello, *Advertencias y reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes grandes y pequeños, y su regulación, así mismo de algunos otros instrumentos, con metodo para su mejor conservación* : Papeles periodicos dedicados al Sr. D. Juan Manuel Gonzalez de Cossio Conde de la Torre de Cossio, Caballero profeso del orden de Calatrava, Coronel de regimiento provincial de infantería de blancos de Toluca, y actual cónsul antiguo del real tribunal del consulado de este reyno/ por D. Diego de Guadalajara Tello. Lugar: México : Editorial: Imprenta nueva madrileña de D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros, De este libro hay que resaltar que se encuentra en la Biblioteca Nacional pero no aparece en el catálogo referenciado, ya que forma parte de la miscelanea de La Fragua y careciendo de portada se encuentra a pocas paginas de los textos que ahí se localizan de Diego de Guadalajara . No. sis. 000557965 Clas. Local 579 LAF Año 1777.

Cognición de la Esfera²¹⁴, y de otras cosas, para que mas se aficione V.S a esta ciencia”, y de donde se infiere el carácter didáctico del trabajo.



Material Digitalizado: *Libro de los Reloges Solares* de Pedro Roiz, publicado en Valencia en 1575. Biblioteca Nacional de México, Fondo Reservado.

Figura 6.1

El Tratado de Roiz consta de 4 apartados, que en términos generales han sido ubicados como referentes en la epístola del autor a D. Joan de Borja, Los capítulos 1 y 2 son dedicados a geometría, el capítulo 3 a astronomía, con apartados dedicados al arte de construcción de relojes de sol y los principios básicos de funcionamiento de un reloj de sol así como el tipo de hora que marcan

214 Los temas tratados por el autor se ubican en las áreas de cronometría, astronomía de posición y cosmografía en general. Ya que es medición y partición de la esfera celeste a ojo. Observación aunque no lo dice y menos lo promueve. El tema en específico entra en el tenor de la astronomía de posición a simple vista.

los relojes de sol. Por su fecha de aparición, 1575, este tratado constituye el más antiguo tratado en lengua castellana

En el año 2000 se hicieron públicas las comparaciones realizadas entre las mediciones que el texto de Roix integra y las correspondencias actuales, resultando interesante su aproximación y justeza. Este trabajo fue realizado por Joan Girbau Badó en su *Estudio introductorio al “Libro de los Reloges Solares” de Pedro Roiz, publicado en Valencia en 1575*²¹⁵.

Dicho autor nos dice:

En la primera columna de la siguiente tabla se expresan las latitudes del emplazamiento del reloj de sol horizontal. En las columnas segunda y tercera se expresan los ángulos que deben formar con la línea de las 12 las líneas horarias de las 11 y de la 1 según los valores que da el libro (columna segunda) y según los valores calculados por métodos actuales (columna tercera). Las columnas cuarta y quinta facilitan datos análogos para las líneas horarias de las 10 y las 2. Las columnas sexta y séptima se refieren a las líneas horarias de las 9 y las 3 (figura 6.2).

La tabla muestra que entre los valores calculados en el siglo XVI y los correspondientes valores calculados por métodos actuales no se aprecian discrepancias superiores al minuto de arco. Debe decirse que en el cálculo de dichos valores aparece una expresión que contiene un arco tangente del producto de un seno por una tangente. En vista de esto uno puede preguntarse ¿Cómo calculaban en el siglo XVI estas expresiones

²¹⁵Joan Girbau Badó, Estudio introductorio al “Libro de los Reloges Solares” de Pedro Roiz, publicado en Valencia en 1575, *La Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*. V 3 No. 1 154 p enero-abril 2000 p.1

trigonométricas si todavía no se habían inventado los desarrollos en serie que se utilizan en la actualidad para el cálculo de cualquier razón trigonométrica? La respuesta es sencilla. Ptolomeo de Alejandría había descubierto ya en el siglo II unas fórmulas equivalentes a las que hoy nos dan el seno y el coseno de la suma de ángulos. Con estas fórmulas, a partir del seno y el coseno de ángulos conocidos (como los de 30°; 60°; 72°), el mismo Ptolomeo había construido unas tablas trigonométricas. Así pues, desde el siglo II se podían hacer cálculos bastante precisos que involucrasen expresiones trigonométricas”.²¹⁶

Latitud	11 y 1 libro	11 y 1 actual	10 y 2 libro	10 y 2 actual	9 y 3 libro	9 y 3 actual
35°	8°43'	8°44, 2'	18°18'	18°19, 4'	29°49'	29°50, 3'
36°	8°57'	8°57, 0'	18°46'	18°44, 7'	30°26'	30°26, 8'
37°	9°10'	9°9, 6'	19°9'	19°9, 6'	31°2'	31°2, 4'
38°	9°22'	9°22, 0'	19°34'	19°34, 1'	31°37'	31°37, 1'
39°	9°33'	9°34, 3'	19°58'	19°58, 1'	32°11'	32°11, 0'
40°	9°45'	9°46, 3'	20°21'	20°21, 6'	32°44'	32°43, 9'
41°	9°57'	9°58, 2'	20°44'	20°44, 7'	33°16'	33°16, 0'
42°	10°10'	10°9, 9'	21°7'	21°7, 4'	33°46'	33°47, 3'
43°	10°22'	10°21, 4'	21°29'	21°29, 5'	34°18'	34°17, 6'
44°	10°32'	10°32, 6'	21°51'	21°51, 2'	34°47'	34°47, 1'

Tabla comparativa de medición de latitudes, 1575-2000. Joan Girbau Badó.

Figura 6.2

Pedro Roiz, clérigo valenciano del que solo se conoce esta obra y que se supone discípulo de Jerónimo Muñoz²¹⁷ (1520 -1591) astrónomo, geógrafo,

²¹⁶ Joan Girbau *op cit* p. 11

²¹⁷ Se formó en Italia. Obtuvo la cátedra de matemáticas de la Universidad de Salamanca en el año 1578. Publicó, a petición del rey Felipe II, un sólo libro sobre el descubrimiento de la aparición de una supernova en 1572 (esta aparición fue observada también por Tycho Brahe). El libro se titula Libro del nuevo cometa y fue muy criticado porque mencionaba un aspecto no muy bien visto en aquella época: "La corruptibilidad del cielo" que incidía directamente en el postulado aristotélico de la incorruptibilidad de los cielos sobrenaturales y no tardó en entrar en disputas con los teólogos de

ingeniero y hebraísta valenciano, es un autor relevante, no sólo por el contenido específico de su obra, sino por mostrarnos el entramado social de los trabajos del tema realizados dentro de la península ibérica.

Como ya se dijo la obra es texto más antiguo en lengua castellana sobre el quehacer y el hacer de los relojes de sol. Su estudio nos adentra a las redes sociales dentro de las cuales se encontraba inmersa la gnomónica en el territorio español: grupos de poder, frailes, judíos en el exilio, astrónomos, geógrafos, ingenieros, etcétera.

Sin soslayar lo anterior, el índice del trabajo nos da cuenta de algunos de sus temas y preocupaciones que son el objeto de este estudio.

En la organización se proponen: Tabla de los Capítulos, Propositiones, Reglas, Tablas.

Entre los temas se encuentran: “definiciones y declaraciones de cosas necesarias, como principios para este libro”, método “para hallar la raya Meridiana con las otras rayas de los vientos”, de los tipos de relojes, de las alturas del norte, de la construcción de relojes portátiles, horizontales, verticales, septentrionales, de la construcción de relojes con regla y compás, “De la fuerza y virtud de la piedra Yman, y de sus provechos (sic)”, de los relojes laterales, de la declinación, de la

la época. Fue uno de los primeros astrónomos españoles en defender el sistema copernicano. Recientemente se ha publicado una obra suya inédita, *Introducción a la Astronomía y la geografía*, pues dejó de publicar en vista de la reacción de teólogos y profesores a su libro sobre la supernova, y decidió vivir en la oscuridad sin publicar y limitarse a dar clases. De ahí que sus manuscritos circularan sólo entre sus discípulos de confianza y se encuentren hoy en Munich, Roma, Nápoles o Salamanca. Este que se ha recuperado se encontraba inédito. También es el autor del primer mapa del reino de Valencia que publicó Hortelius, pues se han encontrado los cálculos y triangulaciones. Pero de este gran profesor de cosmógrafos españoles ahora se sabe que también era eminente hebraísta, lo que hace sospechar que era converso o de familia de conversos. Algunos de sus cálculos fueron aprovechados por Galileo a partir de copias y apuntes de sus alumnos. También fue un eminente ingeniero que consiguió el abastecimiento de aguas de Murcia, Lorca y Cartagena. S/r

inclinación hacia septentrión sin declinación, de relojes hacia mediodía, de los equinocciales, de los meridionales, de la geometría en los relojes. Las proposiciones geométricas que utiliza son relativas a triángulos, ángulos, líneas, ángulos rectos, perpendiculares, de “como se hallara el centro del círculo que coja tres puntos dados fuera de línea derecha”, de la partición del círculo, del valor de los ángulos, de las paralelas. Asimismo incluye reglas de construcción y tablas astronómicas para diversas ciudades españolas y finaliza con lo relativo a las líneas meridianas, incluyendo la de las 12 y la “raya del verdadero Levante y Poniente”

6.2.2 Compendio de la Carpintería de lo blanco del Tratado de Alarifes, de Diego de Arenas.

Posterior en el tiempo pero ubicándose también dentro de la divulgación e incipiente profesionalización civil de la práctica encontramos el ya citado *Breve compendio de la Carpintería de lo blanco de Tratado de Alarifes, con la conclusión de la Regla de Nicolas Tartaglia, y otras cosas tocantes a la Geometria, y Puntas del compas*, de Diego de Arenas²¹⁸ que en 1727 integra un suplemento dedicado a relojes de sol y del cual destacamos su estructura por ser elemento para la reconstrucción de la práctica y sus aplicaciones.

Arenas inicia con una portada que dice: *BREVE COMPENDIO DE LA CARPINTERÍA DE LO BLANCO Y TRATADO DE ALARIFES CON LA CONCLUSIÓN DE LA REGLA DE NICOLAS TARTAGLIA Y OTRAS COSAS*

218 Diego López de Arenas, *Breve compendio de la Carpintería de lo blanco de Tratado de Alarifes, con la conclusión de la Regla de Nicolas Tartaglia, y otras cosas tocantes a la Geometria, y Puntas del compas*, Sevilla, 1727, 128p,16p. Diego Lopez de Arenas Maestro de dicho oficio y Alcalde Alarife.

TOCANTES A LA GEOMETRÍA, Y PUNTAS DE COMPAS. DEDICADO AL GLORIOSÍSSIMO PATRIARCA SN SAN JOSEPH POR DIEGO LOPEZ DE ARENAS; MAESTRO DEL DICHO OFICIO Y ALCALDE ALARIFE en el, natural de la Villa de Marchena, y vecino de la ciudad de Sevilla. CORREGIDO Y MEJORADO EN ESTA ÚLTIMA IMPRESIÓN y añadido al fin un Suplemento, que comprende dos Tratados; el primero, que continúa el de Reloxes de Sol, en que también se trata de los de Luna; y el Segundo, una Practica facil de las Visitas, y Aprecios, con otras advertencias de mucha utilidad para los Maestros, y Alarifes. Año de 1727.

El trabajo de Arenas, centrado básicamente en la construcción física del reloj, contó con un Suplemento o Adiciones escrito por Santiago Rodríguez de Villafañe, Profesor de Matemáticas y contando con la censura del Padre Carlos de la Reguera, de la Compañía de Jesús, Maestro de Mathematicas de el Colegio Imperial²¹⁹.

219 En una primera revisión los términos implicaran la necesidad de ser definidos en contexto. Por carpintería de lo blanco se entendía aquella clasificación del trabajo ingenieril o si se quiere artesanal (en sentido de gremio) en el que estaban incluidas las actividades pertenecientes a la ingeniería civil, la arquitectura, dentro de lo que hoy denominaríamos ramo construcción y siendo diferenciadas de la carpintería de lo negro, en la que hoy se incluiría aquellas actividades pertenecientes al área de la ingeniería sanitaria. Hacia 1780 el Diccionario de la Real Academia de la Lengua, referencia la Carpintería de lo blanco a Lo mismo que carpintero, restringiendo ese termino de carpintero al que labra madera de pino, siendo que en el año de 1729, se establecía, carpintero: el que trabaja y labra madera para edificios y otras obras caseras. Dados los componentes de construcción de la época, este trabajo en madera, se imbrinca con lo que hoy queda ubicado en el área de la ingeniería civil: estructuras. Esto queda de manifiesto cuando recurriendo a la definición de la época de Alarife se sabe que este es: el Maestro que públicamente esta señalado y aprobado para reconocer, apreciar, u dirigir las obras que pertenecen a la Arquitectura, aunque ya generalmente se toma solo por el Maestro de Albañilería. En la misma definición se lee: Es voz arabiga, que trahe su origen del verbo Arafá, que significa el que fue señalado para reconocer las obras públicas, y del qual se deriva el nombre Arif, que vale reconecedor, el cual añadido al artículo Al, dio origen a Alarif. Alarif quiere decir: hombre sabio en el arte de la Carpintería o de la Albañilería. La inclusión del contenido en el título a la Regla de Nicolas Tartaglia, nos acerca al novedoso tema, en la época, referido a la resolución de ecuaciones de tercer grado y el contenido matemático de la obra. Siendo este contenido ubicado en la geometría plana, la geometría del espacio y aquello que esta reconocido dentro de Teoría del número o

Las adiciones de Santiago Rodríguez²²⁰, valiosas por su alto propósito educativo, nos introducen así al tiempo y a la práctica misma de la gnomónica:

Fixado el gnomon, se observara el tiempo, en que el Relox fabricado señala sus horas, y en cada una dellas se señalara un punto en la extremidad de la sombra de ellas se señalara un punto en la extremidad de la sombra de el gnomon de el nuevo Relox: hagase esto mismo otro día, diferente de el primero veinte, o treinta días, y se tendran dos puntos en cada hora: tirense rectas por cada dos puntos de una misma hora, y se tendran las lineas horarias, con que queda concluido²²¹.

Con diversos elementos como oraciones, adiciones e incluso versos puede irse reconstruyendo la práctica de la construcción de los relojes (figura 6.3)

Tan ciertas reglas nos das,	De esquadras y cartabones,
Que juzgo Diego de Arenas,	Relox, ralibre y nibeles,
Que no hai quien las de tan buenas	Ya se ven en tus papeles
Con la regla y el compas:	Copiosas proposiciones.
Y tan adelante estas	Y causando admiraciones,
En todo lo que divides,	Tus desvelos y cuidados,
Y en lo que trazas y mides	Por vernos aprovechados,
Das muestras, que eres tan diestro	Nos has dado a todos juntos,
Que pudieras ser Maestro	Circulos, líneas y puntos,
De Archimedes y de Euclides.	Triangulos y quadrados.

Juan Bautista, Maestro Carpintero²²²

Figura 6.3

simplemente aritmética. Siendo el autor de origen Sevillano, la palabra Alarife de origen árabe, y el contenido de la obra no solo ubicado en una historia del quehacer artesanal, sino en una búsqueda para una mayor comprensión en una Historia de la ciencia y del conocimiento, estos elementos nos parecen suficientes para adentrarnos en el papel que la ciencia árabe, via la ocupación en España, tuvo para la preservación y difusión del conocimiento científico de la antigüedad. La dedicatoria a San José no solo ha de ser restringida a la ubicación de la obra de un contexto histórico religioso sino que pudiese ser analizada dentro del contexto de una tecnología funcional. Es reconocido San José como patrono de la Ciudad de México.

220 Arenas *Op cit.* Suplemento s.p.

221 *Op cit* Suplemento p 1

222 *Op cit.* Arenas, p s/n

Décimas como la anterior destacan un bosquejo de las actividades, habilidades e instrumentos, propios del quehacer del carpintero, productor de edificaciones, del arquitecto, diseñador de espacios y del constructor de relojes mismo. De entre ellos destacan: la regla, el compás, las escuadras, los cartabones, los relojes, los ralibres y los niveles. También destacan, los elementos de diseño implícitos, punto, línea, círculo, triángulo y cuadrado.

La obra de Diego Lopez de Arenas consta de un total de 32 capítulos, de los cuales sólo los últimos cuatro son referidos a relojes de sol²²³. El capítulo 29 trata Del cuadrante graduado, para hacer los relojes, el 30 De como harás los relojes horizontales y verticales, el 31 De como harás los relojes declinantes y el 32 De las alturas del Polo Artico para algunas Ciudades, Villas y Lugares

A este tratado se anexó, como ya se dijo, un suplemento que en su tabla de contenidos nos refiere nuevamente y con mayor precisión, los temas tratados (figura 6.4).

TABLA DE LO QUE SE CONTIENE EN ESTE SUPLEMENTO TRATADO I		
1	Como se describiera un Relox por otro	1
2	Formar un Relox en superficie desigual	2
3	Como se sabrá, qué hora sea de el Sol por la sombra, que hace la Luna en un Relox Solar.	3
4	Describir un Relox Lunar, por quien se conozca la hora del Sol	5
5	Describir el Orbe de la tierra en un Globo expuesto al Sol	6
6	Usos de este Globo	7

Contenido del suplemento de Relojes de sol, Diego López de Arenas²²⁴

Figura 6.4

223 Diego López de Arenas, *Breve compendio de la Carpintería*, p. 127-128

224 *Idem*, s.n antes pág. 1

Situadas en 1575 la obra de Borja y en 1727 la de Diego López de Arenas, su comparación permite acercarnos a la problemática de la gnomónica a través de la sola construcción de los relojes de sol. A casi 150 años de distancia salvo algunas precisiones o especificaciones, presentes en la obra de Borja y no incluidas por López de Arenas, en lo general las indicaciones no varían. Tanto Copérnico como Galileo y Newton no aparecen en 1727, solo se cita en estos tratados a Euclídes, Arquímedes y Tartaglia como fundamentos teóricos de los mismos. A pesar de incluir en su definición de diccionario a la construcción de los relojes de sol, la gnomónica se nos muestra como que no es solo ello.

Si bien no se han localizado textos novo hispanos referidos al tema “manuales para construcción de relojes de sol”, no por ello se ha de suponer que no existieron.

En las *Advertencias y reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes grandes y pequeños, y su regulación* de Diego de Guadalajara Tello²²⁵, experto relojero (según sus propias palabras), encontramos algunas puntualizaciones que pueden ayudarnos a ir ubicando el saber de la gnomónica.

Los escritos de Diego de Guadalajara permiten diferenciar a la gnomónica del arte de la relojería, la cual quedó restringida al área de los así llamados “relojes mecánicos”.

225 Diego de Guadalajara Tello, *Advertencias y reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes grandes y pequeños, y su regulación. Asimismo de algunos otros Instrumentos*, con Método para su mejor conservación. Papeles periodicos dedicados al Sr. D: Juan Manuel González de Cossio, Conde de la Torre de Cossio, Caballero Profeso de la Orden de Calatrava, Coronel del Regimiento Provincial de Blancos de Toluca y actual Consul Antiguo del Real Tribunal del Consulado de este Reyno, por D. Diego de Guadalajara Tello, Artifice Reloxero en esta Capital. Con las licencias necesarias: México; En la Imprenta nueva Madrileña de D. Felipe de Zuñiga y Ontiveros, Calle de la Palma, año de 1777. 9p sin numerar. B.N. Colección La Fragua. No. sis. 000537169 Colección Monografías (BN-FR) Clasificación RLAf 260 LAF Clas. Local 260 LAF

En la reflexión (sic) segunda, el mismo autor nos señala que sus líneas tratan del "Relox portatil llamado Muestra de faltriquera, por ser un instrumento que le mide el tiempo y le regula las acciones de la vida.

Definición. Una Muestra es una pequeña máquina portatil, compuesta de varias piezas dispuestas de manera, que obrando sus esfuerzos de unas en otras, producen movimientos de bastante duración, y sus periodos dividen sensiblemente el tiempo en partes iguales²²⁶".

De las partes principales de todo Relox se nos dice que son:

Las ruedas (engranes), el Volante y el Muelle motor.

En la reflexión No. 3 presenta la traducción del francés de una Memoria del Docto. Mr. Bertboud, en su Discurso Preliminar sobre los Sujetos que se destinan a la fábrica de los Reloxes en las Ciudades donde se construyen y que es la siguiente:

Llamense comunmente Reloxeros los que exercitan la Reloxería; pero es muy a proposito distinguir el Reloxero, como aquí se entiende, del Artista que posee los principios del Arte; porque estas son dos personas absolutamente diferentes. El primero practica en general la Reloxeria, sin tener aun las primeras nociones, y se dice Reloxero, porque trabaja en una parte de esta Arte. El segundo al contrario, pretende esta Ciencia en toda su extensión, y se podrá llamar Arquitecto mecanista. Este Artista no se ocupa en una sola parte de ella..."²²⁷

226 *Idem*

227 *Idem*

Este artista, así nombrado, habría de ser: quien tuviese la posesión y comprensión de los elementos de ciencia (elementos cognitivos) requeridos para el diseño, construcción y mejora del instrumento en cuestión.

En el total de estos textos de Diego de Guadalajara que han llegado a nosotros, en la Biblioteca Nacional, y que hacen ver el interés de este autor por los relojes de faltriquera, y por ende mecánicos, no se encuentra más mención sobre el tema de la gnomónica, que la que hace en su introducción y, en la que se lee:

“Por ser los Reloxes Solares la medida por donde se regulan los Rotarios, no olvidaré el tratar de aquellos que sean más comunes, y aun de otros que abunda, y por faltar explicaciones de sus usos, no los entienden sus dueños, teniendolos como alhajas inútiles, siendo á la verdad piezas de especialísimas utilidades para arreglar sus Reloxes o Muestras. Daré asimismo un Método de tomar con suficiente exactitud la Linea Meridiana, para saber el verdadero Mediodía”²²⁸.

En los textos mismos no se encuentra mención alguna sobre el tema prometido. Sin embargo la obra de Diego de Guadalajara permite ayudarnos. A pesar de que el Diccionario de la Real Academia de la Lengua hace referencia a la gnomónica como la práctica de hacer relojes de sol, podemos empezar a puntualizar, a partir de esta lectura, que no era lo mismo hacer relojes de sol que comprender (ser Artista en el sentido utilizado por Diego de Guadalajara) el hacer de la gnomónica²²⁹.

228 *Idem*

229 *Idem*

6.3. El saber especializado: los libros en torno de la gnomónica

En *Los libros del Conquistador* de Irving A. Leonard, se dice: “Para quienes han proclamado que después de implantarse la censura de la Inquisición, se hizo la oscuridad sobre la vida intelectual de las Indias españolas será una descomunal sorpresa comprobar que en pleno año de 1600 llegaba a la colonia un cargamento de libros amparados por una lista donde figuran muchas obras inscritas en el Índice de Quiroga (1583): Erasmo, Alpuleyo, Genebrard, Alberto Pío, Polidoro, Virgilio y Javellus”²³⁰. Esta aseveración y la investigación que la validó, nos obliga a dirigirnos, ajenos a la censura inquisitorial, para comprender la evolución de los textos tendientes a la difusión del quehacer de la construcción de los relojes de sol.

Como texto clásico para el estudio de la bibliografía novohispana en los siglos XV y XVI, la obra de Leonard permite identificar algunos de los libros requeridos en la práctica de la gnomónica, aunque no se refiere a ellos en tanto a esa función o con ese nombre. Nos dice por ejemplo:

Los *curas de almas* de la Nueva España podrían haberse contentado con estos trabajos (libros sobre los aspectos formales, expositivos y polémicos del cristianismo católico). Sin embargo no era así; también estaban interesados en los aspectos filológicos de la exegética, a juzgar por seis volúmenes de textos bíblicos en griego o en hebreo, en el original o en traducción latina.²³¹

A este valor reconocido, de los textos bíblicos, hemos de tener presente, para este trabajo, la singular interacción entre nuestro tema y el cercano oriente. Los sistemas de numeración y su particular desarrollo, van a vincular al alfabeto hebreo

230 Irving A. Leonard, *Los libros del Conquistador, Lengua y estudios Literarios*, Fondo de Cultura Económica, reimpresión, 1996, 399 p. p. 207

231 *Idem*, p. 208.

(arameo), con el griego, y esto previo a la adopción del sistema de representación árabe frente al numeral romano.²³² A lo anterior, también hemos de hacer notar la vinculación de ciertas figuras del antiguo testamento con la emblemática generada dentro del saber de la gnomónica. Como ya se ha señalado, esto sucede por ejemplo, con Melquisedec y el cuadrado de Aarón que porta, vinculados ambos a la Compañía de Jesús y que une así una historia del cristianismo primitivo con el Antiguo Testamento y sus raíces hebraicas así como a sus posteriores manifestaciones, entre los siglos X a XIV en la península ibérica. Los estudios de esta orden religiosa en áreas disímolas como las matemáticas, la astronomía, las lenguas clásicas y orientales, entre otras, aunados a un marco de creencias religiosas, nos permiten establecer vínculos que se inscriben en el dogma, la evangelización y el reconocimiento a la autoridad papal.

Junto a estos libros también se encontraban en las listas de obras, títulos como el *Ars Magna* de Lulio o los de Ficino, Pico della Mirandola, León Hebreo y Bembo. “Íntimamente conectas con la Kábala judaica y, por extensión natural, las filosóficas extravagantes y teúrgicas y las supersticiones del siglo XVI”²³³ según Irving A. Leonard y cuya aseveración habrá de matizarse a la luz de las recientes investigaciones lingüísticas y filológicas, sobre todo en lo concerniente al tema de la práctica de la gnomónica. En el inventario estudiado por Leonard también se incluyen textos platónicos; Plotino, Jámblico, Filón el judío entre otros.

Íntimamente ligados a nuestro tema nos dice este autor: “En matemáticas, astronomía y física figuran en primer lugar las obras más conocidas de los

232 Ifrah, *op cit.* pp. 453-590

233 Leonard, *op cit.* p. 208

antiguos: Euclides, Arquímedes y Apolonio de Perga; luego los tratados medievales de Boecio, Hasan Ibn Hasan, Alfonso el Sabio, Vitelio, Sacrobosco y Campano. La astronomía renacentista está representada por Peurbach, corrector de Ptolomeo; su discípulo Regiomontano, autor del más antiguo tratado de Trigonometría que se publicó en el Occidente, y Reinero Gemma, cuya reputación como astrónomo le valió ser consultado con frecuencia por Carlos V. La lista revela interés por meteoros y cometas, y por algunos problemas matemáticos como el de la cuadratura del círculo, en cuyo planteamiento Finé había cometido graves errores que luego corrigió Pedro Núñez.

No podían faltar los especialistas en el calendario, Gáurico y Clavio, llamado éste el Euclides del siglo XVI y que fue el jefe de los sabios que asesoraron a Gregorio XIII para la Reforma. Otros distinguidos hombres de ciencia, en el moderno sentido de la palabra, eran Benedetti, quien secundó a Galileo en sus investigaciones sobre la caída de los cuerpos, Pedro Ciruelo, reformador de la teoría de la refracción astronómica; Guidubaldo del Monte, que convenció a su hermano el cardenal Del Monte para que protegiera y auspiciara los trabajos de Galileo; Erasmo Reinhold, el primero en aplicar las teorías de Copérnico; y por último, el más grande de todos, el propio Copérnico.

La geología estaba dignamente representada por Alberto Magno, cuyo tratado sobre los minerales significaba un avance en los conocimientos de su tiempo; por Besson, inventor de la teoría para descubrir corrientes subterráneas; por Fracastoro, quien con Leonardo da Vinci sostuvo que los fósiles habían sido organismo vivos y por Jorge Agrícola, el principal geólogo

físico del siglo XVI. El interés en la minería y en la metalurgia, que era de suponer en México, se manifiesta por la obra de Pérez de Vargas, *De re metalica* y por la conocida de Juan de Arfe, Quilatador de plata, oro y piedras. De ciencias aplicadas había varios trabajos sobre el astrolabio, los estudios de Finé sobre relojes y medidas, el *De varia commensuración, para la escultura y la architectura* por Arfe, el estudio de Mizauld sobre meteorología y varias obras de ciencia militar, agricultura y ganadería²³⁴.

Referente a este trabajo resaltan en esta lista de libros, analizada por Irving Leonard, varios de las obras que, íntimamente ligadas al quehacer y al conocimiento de la gnomónica, formaron parte del acervo de las bibliotecas coloniales especializadas. Estas bibliotecas, hoy dispersas, como las de el Colegio y Noviciado de Tepotzotlán, hoy Museo Nacional del Virreinato, Tepotzotlan, estado de México, dispersa entre el acervo del propio museo y la Biblioteca Nacional o la del Colegio de Guadalupe, en Guadalupe Zacatecas, dispersa entre el propio museo de sitio en Guadalupe Zacatecas y la biblioteca Elías Amador de la ciudad de Zacatecas o las bibliotecas franciscanas, concentradas en el Archivo Histórico de la Provincia Franciscana de Michoacán, en Celaya, Guanajuato, o ya posterior, como la del Seminario de Minería. No presentan una unidad temática especializada en torno a la gnomónica y solo quedan rastros de ella en pequeños libros de aritmética, astronomía o diccionarios latín hebreo. No se ubicó, asimismo, en el trabajo de Leonard, libros referidos directamente a la gnomónica, en cuanto tal o temas afines bajo ese rubro.

234 *Idem*, pp 210-211

6.3.1 Los libros del saber de la gnomónica anteriores a la reforma gregoriana

Varios son los textos y autores cuyo estudio conformaba la formación de los estudiosos de la gnomónica y cuya aparición fue previa a la reforma del calendario juliano, conocida como reforma gregoriana, a finales del siglo XVI.

Ramon Llull (1232? - 29 de junio de 1315), también conocido como Raimundo Lulio en castellano, como Raimundus o Raymundus Lullus o como Raymond Lully por los anglosajones. Lulio fue un laico próximo a los franciscanos que pudo haber pertenecido a la Orden Tercera de los frailes Menores, filósofo, poeta, místico, teólogo y misionero mallorquín del siglo XIII. Fue declarado beato y se le conmemora el 29 de marzo. Autor de múltiples obras, destacan para este trabajo, aquellas que fortalecían las estructuras de pensamiento²³⁵. Lulio es reconocido por el impulso, que sus ideas habrían de dar a pensadores posteriores.

Michel Serres en *Le système de Leibniz et ses modèles mathématiques*, reconoce la influencia que Raymundo Lulio tuvo en ese autor. A propósito de la *Combinatoria* de Leibnitz nos dice que, este (Leibnitz), buscaba aplicarla a: las matemáticas, aritmética y geometría, a la lógica, sobre todo a la teoría del

235 Compendium logicae Algazelis ("Compendio de la lógica de Al-Gazzali")

Llibre de contemplació de Déu ("Libro de la contemplación de Dios", 1276)

Ars demostrativa ("El arte demostrativo", Montpellier, 1274?)

Les cents noms de Déu ("Los cien nombres de Dios", 1289)

"Árbol de la filosofía desiderativa" (1290)

Ars magna et ultima ("Arte magna y última")

Art de contemplació ("El arte de la contemplación", 1287)

Liber de fine ("El libro del fin", Montpellier, 1305)

Liber de reprobationis aliquorum errorum Averrois ("Libro de reprobación de algunos errores de Averroes", París, 1310)

Vida coetània ("Vida coetánea", autobiografía, París, 1311)

Liber de Deo et de mundo ("Libro acerca de Dios y del Mundo", Túnez, 1315)

Liber de maiore fine intellectus amoris et honoris ("Libro acerca del mayor logro de la inteligencia: el amor y el honor", Túnez, 1315)

"El árbol de la ciencia" (Roma, 1296)

Arbre de filosofia d'amor ("Árbol de la filosofía del amor", 1298)

"Libro del acenso y descenso del entendimiento" (Montpellier, 1304)

silogismo, a la idea antigua pero renovada de una lengua universal, a las ciencias de la criptografía y la decodificación, al proyecto embrionario de una máquina de calcular, a la música, a la alquimia de los elementos, al derecho, a la jurisprudencia y a la teología, a la política, a la estrategia y finalmente a la prosodia latina, siguiendo en mucho la influencia luliana²³⁶.

Junto con el estudio de las estructuras de pensamiento, Lulio es significativo en tanto que dotó de mnemotecnias visuales, producto de la observación astronómica, a sus esfuerzos por encontrar un vehículo de comunicación intercultural.

El estudio de esas mnemotecnias visuales ha sido ya iniciado. Gómez de Liaño en el estudio de la obra de Athanasius Kircher, incursiona en el análisis de obras pitagóricas y neoplatónicas, altamente vinculadas a la observación astronómica y a la gnomónica como tal durante los siglos XVI y XVII.²³⁷ Este autor establece de manera categórica que de ellas puede concluirse que, tuvieron un alto, y casi exclusivo, valor en términos ontológicos y mnemotécnicos.

Como Filolao volcó su pasión alegorizante no sólo en la geometría, sino también, como señala Porfirio, en los diagramas cosmográficos, cabe preguntarse si no hay en esa idea un intento de emplear el globo celeste como sistema de lugares mnemónicos debidamente señalados mediante imágenes, pues Filolao llamó al conjunto *sinfónico* de los movimientos cósmicos Memoria, lo que sugiere que ideó algún procedimiento para servirse de esos *lugares celestes* a modo de *lugares de la memoria*. Aunque no sabemos si Filolao dió

236 Michel Serres, *El sistema de Leibniz et ses modeles mathematiques*, Epiméthée, PUF, 4^a ed. 2001, 834p, p. 424

237 Vid, Ignacio Gómez de Liaño, *Filósofos griegos, videntes judíos*, Biblioteca de Ensayo Siruela,

ese paso, es indudable que con sus artificios preparó el camino a la reforma mnemónica de Metrodoro de Escepsis, del que se sabe que entre los siglos II y I a.C. hizo del Zodíaco, con sus 12 signos y 360 grados, un sistema de lugares mnemónicos.²³⁸

Sin embargo, autores reconocidos como Frances E. Yates en su obra, *Giordano Bruno y la Tradición Hermética*²³⁹ no asignan un valor tan determinante, en la construcción del pensamiento científico, a estos elementos mnemotécnicos, sino que privilegian su aspecto hermético o ahí llamado “mágico,” para las imágenes producidas al interior de la tradición hermética. Cabría preguntarse si con investigaciones posteriores o en la inclusión de elementos disciplinarios diferentes, como sería el estudio astronómico de posición, la instrumentación de esta misma, o incluso las ciencias cognitivas, sus conclusiones serían las mismas.

Es la misma autora quien, en su trabajo sobre Bruno, integra en sus estudios a Lulio y del que nos dice a propósito de su obra, dice Lulio: “Cuando los monjes están disponiendo cómo debe instruirlos Blanquerna en las ciencias, se decide que “deberá enseñar lógica, para el aprendizaje y la comprensión de la naturaleza”²⁴⁰ Y continua Yates: “En todo caso (esto) muestra que la “lógica” y la “naturaleza” pueden ser prácticamente indistinguibles en el mundo mental de Lulio”²⁴¹.

Aseveraciones como las anteriores, permiten iniciar el identificar algunos de los elementos que han matizado el acercamiento, no a la práctica, sino al conocimiento mismo derivado de la gnomónica; hermetismo, neoplatonismo,

238 *Idem*, p.50

239 Frances E. Yates, *Giordano Bruno y la Tradición Hermética*, Ariel Filosofía, Barcelona, 1994, 529 p.

240 Blanquerna, ed.cit. vol I, p. 291, trad. Peers, p. 215, en Frances A. Yates, *Ensayos reunidos, I Lulio y Bruno*, FCE, reimpresión 1996, 398 p. p. 106

241 *Idem* p. 106

contrarreforma o ciencia moderna, alquimia y divisiones curriculares, son algunos de ellos. Otros elementos que no habrán de ser descartados son: sectarismo religioso, laicismo y exigencia occidental. Identificar en el contenido de la gnomónica conceptos pertenecientes, al día de hoy, a la astronomía, la trigonometría, plana y esférica, la óptica, la lingüística, o la historia de las religiones, necesariamente nos lleva a reconocer la problemática misma de su construcción.

El mostrar el constructo identificado como “ciencia moderna” ajeno a influencias que hoy por hoy se muestran no consideradas, ha olvidado muchas veces mencionar aportaciones como las de las culturas, árabe y la judía, pero que resultan indispensables en una visión integral de la historia de la ciencia.

Tanto Raymundo Lulio como Giordano Bruno, con siglos de diferencia, se encuentran inmersos en una tradición que integraba los conocimientos que hoy reconocemos como gnomónica, en un cuerpo creencial y en un desarrollo del pensamiento.

El universo de contexto en el que la práctica de la gnomónica se desarrolló en Europa, fue transportado a América al momento de la Colonia, tal y como se ve, en las lecturas que a ella llegaron.²⁴² A través de esos textos, se tuvo contacto con obras de Ficino, Lulio o Erasmo de Rotterdam, mismos que constituyeron un sustrato intelectual e ideológico altamente especializado, gremial y/o sectario no necesariamente valorado, y menos comprendido, fuera de su círculo de influencia²⁴³.

242 *Vid.* Leonard, op cit, pp.210-211

243 La bibliografía sobre Lulio ilustra esta afirmación.

La emblemática que ahí se va desarrollando incluirá “el favor de que gozaban obras de literatura italiana, como los escritos en prosa de Bocaccio, la Arcadia de Sannazaro, el Asolani de Bembo, los diálogos de Sperone y el Cortegiano.”²⁴⁴ Ese imaginario colectivo se determinara en tiempo y lugar durante la colonia, de igual forma que acaeció en Europa. Como testimonio de esto las obras de Primero Sueño y El divino Narciso, de Sor Juana están presentes.

El contexto de la producción de la práctica de la gnomónica no pudo sustraerse a esa literatura. Autores diversos a los largo de los siglos XVI a XVIII entran en contacto con ellas, algunos derivaron en posiciones sectarias mientras que en otros estas contribuyeron a un pensamiento altamente influenciado por el neoplatonismo y las doctrinas concienialistas, de la época.²⁴⁵

Poussin, interesado en la perspectiva y su construcción geométrica, Leibniz, interesado en los problemas de la lógica y la construcción del pensamiento, son ejemplos de como en su formación, cercana a la Compañía de Jesús, la gnomónica halló lugar. A la fecha no se encuentran trabajos en esta línea y es quizá el mismo contexto el que explica la falta de los mismos.

En el espacio novohispano, es la voz del propio Carlos de Sigüenza y Góngora, que manifiesto la influencia luliana:

“103. De opinión de Raymundo Lulio y Teofrasto Paracelso enseña esto Antonio Núñez de Zamora, en su libro I (del) *De Cometis*: “Todos los mixtos son resueltos por el fuego solamente en una triple materia; por ejemplo por la

²⁴⁴ *Idem*, p. 213

²⁴⁵ Gómez de Liaño, *Filósofos griegos, videntes judíos, op cit*, p. 108

acción del Sol, que produce lo mismo: porque lo que arde es el azufre, pues fuera del azufre, nada se enciende...”²⁴⁶

El enfrentamiento de los sistemas del mundo pareciera ser el epíteto más común atribuido al siglo XVII. Habría que ver si ese enfrentamiento no pudiese ser visto incluso, como una reconstrucción misma.

La influencia de autores como Raimundo Lulio en el pensamiento y en el quehacer novohispano cercano a la gnomónica, no solo se dará (como se ha visto) en las lecturas, sino que se vinculara con la emblemática (como se verá) a ella asociada. Yates en este sentido nos acerca a Lulio, si bien reconoce los limitantes de nuestro tiempo y de la formación personal. Al integrar la influencia luliana al pensamiento de Giordano Bruno, por ejemplo, nos permite clarificar su significación en el espacio colonial.

Antes de poder emprender un asedio en gran escala al Arte (Ars Magna), debemos tratar de descubrir todo lo que podamos sobre el enfoque que yace tras él. Una vasta región virtualmente desconocida se extiende ante nosotros en espera de nuestra exploración. Lulio fue uno de los autores más prolíficos que hayan vivido jamás. Solo se conoce generalmente una pequeña proporción de su obra, y gran parte de ella está todavía inédita. El *Tractatus de Astronomía* es sólo una de las obras inéditas que tienen que ver con su actitud ante la astrología, y con la astrología en el Arte. Hay muchas otras, de igual y tal vez mayor importancia, para esta línea de investigación (la por ella determinada) que han sido impresas, tan raras actualmente que es como si

246 Carlos de Sigüenza y Góngora, *Libra astronómica y filosófica*, Presentación de José Gaos, Edición de Bernabe Navarro, Centro de Estudios Filosóficos, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1959, 252p, p. 53

estuvieran inéditas... Los primeros lulistas no eran tan ignorantes de estos escritos como nosotros, pues trabajaban a partir de manuscritos de los que quedan todavía grandes cantidades y de los que debe haber habido todavía más en épocas anteriores. Lulio deseaba que el conocimiento de su Arte se diseminara tan ampliamente como fuese posible, y se hicieron muchas copias de las obras relacionadas con él.”²⁴⁷.

Comprender a Lulio requeriría, para este trabajo, algo más que un apartado. Su contemporaneidad, (1235-1315) y su vinculación tanto con el pensamiento musulmán como el judío, (habitando en Palma de Mallorca) hacen que el Arte “se entiende quizá de mejor manera si se lo toma como una forma medieval de Cábala Cristiana.”²⁴⁸. Un acercamiento a la obra de uno de los predecesores de Lulio, Rabi Moshe ben Maimon, también conocido como Maimónides, permite una mayor precisión. Maimónides conocido por sus esfuerzos por conciliar los dogmas del judaísmo rabínico con el racionalismo de la filosofía aristotélica incluye en ello elementos de neoplatonismo²⁴⁹. Igual que él, Lulio, Maimónides desarrolló la astrología natural y sus obras son de poca difusión y conocimiento, a excepción de los espacios religiosos, en la época actual y no así a lo largo del tiempo.

No encontrándose en las bibliotecas coloniales, que han llegado a nosotros, obras de Maimónides, y pocas de Raimundo Lulio, quizás un acercamiento al pensamiento de Lulio, permita reconstruir su momento histórico y la posible influencia en autores posteriores. La presencia de pensadores judíos en las

247 Yates, *Ensayos reunidos, Ensayos reunidos, I, Lulio y Bruno*, (reimpr. 1996), 3 v, FCE, V1, pp 58 y ss

248 *Idem* p. 18

249 Maimónides, *Obras filosóficas y Morales*, Ediciones Obelisco, Colección Biblioteca Alef, Traduc. Rabino Aryeh Nashan, Barcelona, 2006, 380 p.

bibliotecas coloniales se infiere, hasta el presente y para esta investigación, solo y solamente por la abundante proliferación de diccionarios, latín-hebreo y viceversa, ya que de otra manera, y a título personal, no sería comprensible esa presencia por la sola hagiografía.

Para ilustrar su pensamiento sobre Lulio de Frances Yates nos refiere:

Concluiré estas observaciones con lo que Salzinger consideraba como el secreto fundamental del Arte luliano citando la siguiente pequeña historia del *Arbor scientiae*. Parece ser una curiosísima versión geométrica del Juicio de Paris:

Se cuenta que Círculo, Cuadrado y Triángulo se encontraron uno a otro en Cantidad, que era su madre, y que tenía en la mano una manzana de oro. Preguntó a sus hijos si sabían a cuál de ellos debía darse la manzana. A lo cual Círculo contestó que él debería recibirla, porque era el primogénito y era mayor y podía correr más que sus hermanos. Cuadrado dijo que él debería recibirla, porque estaba más cerca del hombre que Círculo y era mayor que Triángulo. Triángulo por el contrario, dijo que él debería recibir la manzana, porque estaba más cerca del hombre que Círculo y era más parecido a Dios que Cuadrado.

Con lo cual Cantidad dio la manzana a su hijo Triángulo.

Pero Aries, y sus hermanos, y Saturno, y sus hermanos, reprobaron a Cantidad, diciendo que había juzgado erróneamente; porque Triángulo no tenía ni ningún parecido con Dios en longitud, anchura y profundidad, mientras que Círculo era como Dios, porque no tenía ni principio ni fin. Y Cuadrado reprobó a Cantidad diciendo que no había juzgado bien por que él era más

parecido a Dios en los cuatro elementos que Triángulo; pues sin los cuatro elementos no habría hombres, que existen a fin de que busquen y conozcan a Dios.

Pero Triángulo excuso a su madre Cantidad, diciendo que había juzgado bien, pues él era más parecido al Alma del hombre y a Dios Trinitario, gracias al número ternario, que sus hermanos Círculo y Cuadrado. Y sin embargo había errado un poco, pues le había dado una manzana redonda, que no era su figura.²⁵⁰

De esta metáfora nos advierte Yates:

Así que Cantidad, aunque dio el premio al triángulo (la Trinidad), se lo dio en la forma del círculo (los cielos), del cual dependía el cuadrado (los elementos), y de este modo incluyó a todas las figuras en la respuesta. Así interpretaría yo el enigma, pero el lector podría encontrar otras interpretaciones. Debe ponderarlo cuidadosamente, pues es también el enigma del Arte de Ramón Llull²⁵¹

Esta alegoría Luliana resalta en ella, la presencia de elementos a considerar (interpretar) que dentro del desarrollo de la historia de la ciencia pueden ayudarnos a construir aquellos estamentos, que por formación disciplinaria, en ocasiones se soslayan o no se consideran²⁵².

250 *Arbor scientiae*, p. 424 en Frances Yates, *Ensayos I, op cit*, pp 92-93

251 Yates, *Ensayos I, op cit*, p 93

252 Tradicionalmente y no obstante su alta difusión en su época, no encontramos estudios que citen a autores como Raimundo Lulio referidos al desarrollo de la ciencia occidental. Vid. David C. Lindberg, *Los inicios de la ciencia occidental, La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a.c. hasta 1450)*, Paidós, Barcelona, 2002, 530p. Los movimientos de reforma y de contrareforma no alcanzan a explicar, la aparente omisión ya que un estudio somero de los siglos X a XIV permite identificar patrones comunes en la conformación de los acervos del saber.

Es nuestra interpretación personal que El juicio de Aries y sus hermanos (eclíptica y número 12) y el de Saturno y sus hermanos (los planetas: Sol, Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno y número 7) se encuentran vinculados con la observación astronómica ligada al movimiento aparente del sol. La presencia de las figuras geométricas, círculo, cuadrado y triángulo, no solo encuentra justificación en tanto reminiscencias de una influencia filosófica neoplatónica, abstracta, sino que pueden también considerarse en función de problemáticas de índole matemática de naturaleza geométrica: áreas, perímetros, cuadratura del círculo, inconmensurabilidad del lado y la diagonal del cuadrado (raíz de 2) o determinación del área de un círculo por el método de *exhaución* propios de la época²⁵³ y que son inherentes a la gnomónica en particular y a la construcción del pensamiento matemático en general, así como al instrumental de la época. Si bien en Lulio no hemos encontrado referencia explícita a la gnomónica, esta se infiere por compartir sus objetos y sus métodos

Otro autor que junto con Raymundo Lulio habrá de identificarse como intrínseco a la práctica de la gnomónica durante el periodo colonial fue Sacrobosco(1239), sus obras son propias de la gnomónica.

Sobre sus orígenes tres hipótesis se dan: ingles, irlandés o escocés.

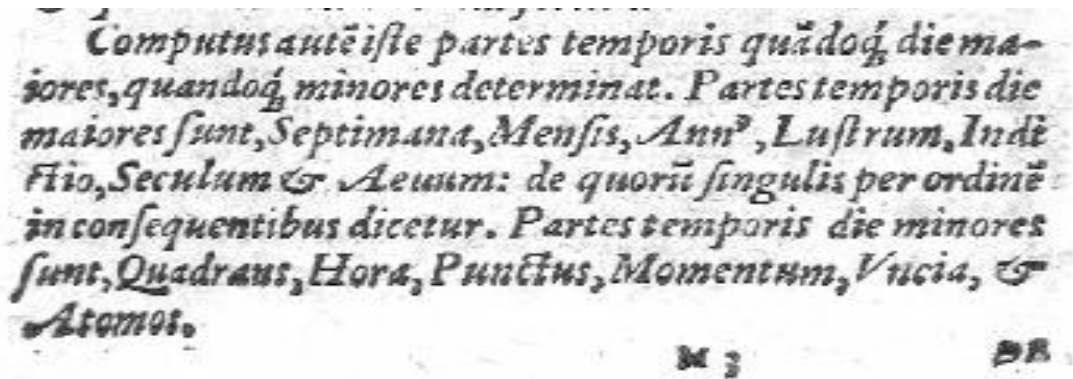
Su piedra tumbal rescata su trabajo y su trascendencia.

«De Sacrobosco qui computista Joannes
Tempora discrevit, iacet hic tempore raptus.
Tempora qui sequeris, memor esto quod morieris.
Si miser est plora : miserans pro me precor ora. »

A Sacrobosco se le reconoce como el organizador del tiempo.

253 *Idem* p. 124-125.

Él es aquel que es capaz de diferenciar el tiempo pequeño, del tiempo grande. Aquel que establecerá la estructura necesaria para la comprensión de los libros de horas, al sincronizar el tiempo del ciclo solar anual a las festividades religiosas (figura 6.5) Profesor en la universidad de Oxford y posiblemente en la universidad de Paris, su obra es mucho menor, más no menos trascendente, que la de Raymundo Lulio.



División de las partes temporales (del tiempo) de Sacrobosco (SXIII)²⁵⁴

Figura 6.5

Sumida la biografía de Sacrobosco en la desinformación provocada, entre otros, por sus empeños evangelizadores, Olaf Pederson²⁵⁵ rescata la mayor parte de la información que hoy se dispone. Cuatro obras principales le son atribuidas:

254 Sacro Bosco, Johannes, fl. 1230 Ioannis de Sacrobosco, *Textvs de esphaera*: introductoria additione [quantum necessarium philosophiae parisiensis academia illustratus / Cum compositione annuli astronomici Boneti Latensis ; et geometria Euclidis Megarensis, Parisiis, Yaent ap. Simonem Colinaeum, 28 cm Expistola nuncupatoria. Iacobi Fabri Stapvlensis commentarii in astronomicvm Ioannis de Sacrobosco, ad splendidum virum Carolum Borram thesaurarium regium" "Boneti de Latis hebraei, medici prouenzalis, annuli astronomici vtilitatum liber, ad Alexandrum sextum pontificem maximun: h. 27-32 Geometria Euclides [saco de Spurious medieval compilation atribuido a Boethius]: h 32-35 Encuadernado con : Questiones super duos libros peri hermenias Aristotelis, por Johannis Dullaert de Gandauo Astronomía Trabajos anteriores a 1800 Le Févre, Jacques m. 1537 Bonet, de Lates, s. XVI Boethius, Anicius Manlius Torquatus Severinus, 470-524 ó 25 Obras espurias y dudosas

255 Olaf Pedersen, *The first universities, Studium Generale and the Origins of University Education in Europe*, Cambridge University Press, 1997, 310 p, p.294

Algorismos: tratado de aritmética elemental utilizando las “cifras árabes”

Tractatus de Quadrante: sobre la utilización y construcción de relojes de sol, de origen árabe, formando un cuarto de círculo y poseyendo un cursos que permitía su utilización en diferentes latitudes.

Compotus: la última de sus obras, la más técnica y erudita, sobre el calendario y el computo eclesiástico y civil.

Por último y siendo el más significativo para este trabajo, por su difusión en el territorio colonial y su influencia en la obra de Clavius, el *Tractatus de Sphaera*, que describía el sistema Ptolomeico al mismo tiempo que establecía en la esfera, los lineamientos geométricos para el estudio y la observación astronómica de posición.

En el Archivo Histórico de Minería se encuentra el libro de Clavius, Christophorus (1537-1612), sobre la obra de Sacrobosco, *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius. Nunc quartò ab ipso Auctore recognitus, et plerisque in locis locupletatus* y en el cual se lee: Ms. en la portada: “[...] de Vega”, y en la contraguada posterior: “en 16 de Octubre de 1693 años me volvió el Br. D. Carlos de Sigüenza este libro. Y se lo presté el mes de abril de 71 y lo tuvo 22 años”.

Altamente reconocido, por su esfuerzo didáctico y su rigor expositivo, Sacrobosco inicia su obra en la exposición con la definición de Esfera, dada por Euclídes, en el siglo III a.c, en el libro IX de los Elementos, integrando en ella elementos más en la línea de Platón que en el seguimiento de Aristóteles²⁵⁶.

En el curso de los cuatro libros en que se divide el Tratado de la Esfera, se referirá, entre otros a:

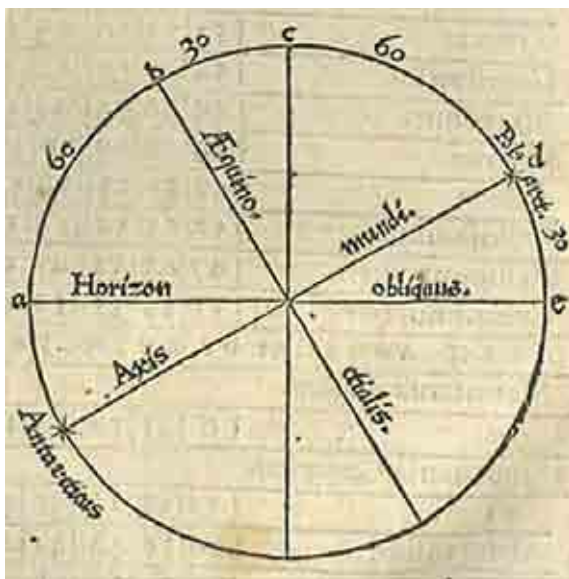
256 Philippe Dutarte, *Les instruments de l'astronomie ancienne, de l'antiquité à la renaissance*, Vuibert, Paris, 2006, 290 *Idem* p., p15

Libro primero: Definición de la esfera, los polos, los círculos menores, la esfera recta y la esfera oblicua, las regiones celestes.

Libro segundo: De los círculos mayores y menores de la esfera, del círculo del zodiaco, de la eclíptica, del horizonte recto y del horizonte oblicuo, de los trópicos de cáncer y de capricornio (figura 6.6).

Libro tercero: Tablas alfonsinas, horas iguales y horas desiguales, etc.

Libro cuarto: De los eclipses de sol y de luna entre otros.



Aries	Taurus	Gemini
Libra	Scorpius	Sagittarius
Pisces	Aquarius	Capricornus
Virgo	Leo	Cancer

Sacrobosco, Libro segundo: De los círculos mayores y menores de la esfera, del círculo del zodiaco, de la eclíptica, del horizonte recto y del horizonte oblicuo, de los trópicos de cáncer y de capricornio

Figura 6.6

El estudio del movimiento aparente del sol, así como los referentes astronómicos (eclíptica) para su observación permanecen, hoy en día, vigentes en su uso y comprensión

Poco diferente en su diseño y no en su función, de la esfera armilar, de posterior difusión, la esfera de Sacrobosco, integraba: las distintas esferas, incluyendo la esfera de las estrellas fijas, la eclíptica y los círculos imaginarios.

En la esfera, que se constituye por 9 esferas, quedaban comprendidos tanto el globo terráqueo como la bóveda celeste²⁵⁷.

Si bien el trabajo de Sacrobosco no contempla de modo directo la construcción de relojes de sol, sus elementos conceptuales determinaron en gran medida la aproximación que sobre el tema se hará en los siglos siguientes. Los estudios, astronómicos y cosmográficos implícitos en su trabajo contribuyeron a un conocimiento más avanzado con respecto a sus predecesores.

O C T O E T Q V A D R A G I N T A I M A G I N V M		
caelestium nomina sunt hæc:		
Draco	Anguis ophiuchi	Capricornus, Aegoceros
Elice, Vrsa maior	Ophiuchus, Anguifer	Aquarius
Cynofura, Vrsa minor	Sagitta	Pisces
Bootes, Arctophylax, Arcturus	Aquila	Cetus, Pistrix
Corona	Delphin	Eridanus
Anguis	Pegasus, Equus alatus.	Lepus
Engonafis, Genu nixus	Deltoton, Triangulus	Orion, Iugulæ
Lyra, Fidicula	Aries	Canicula, Sirius, Canis maior
Cygnus, Holor	Taurus	Procyon, Canis minor
Circulus, Iunonius	Gemini	Argo, Nautis
Cepheus	Cancer, Carcinus	Phillyrides, Chiron
Calliopeia	Leo	Ara
Andromeda	Virgo, Erigone	Hydra
Perseus	Libra, Chele	Cyphus
Caput Medusa	Scorpius, Nepa	Coruus
Henochus, Erichthonius, Auriga	Sagittarius, Chiron	Piscis notius.

Ioannis de Sacrobosco, Textvs de esphaera:

Figura 6.7

La Esfera, libro ampliamente estudiado por Clavius y a su vez por Sigüenza, retoma una tradición que desde la antigüedad helénica, concibe a la tierra en su

²⁵⁷ Sacrobosco, *op cit.*

esfericidad. Si bien la movilidad del sistema no fue en ese momento determinada, sí permite reconocer la especificidad de los estudios basados en la astronomía de posición alrededor del siglo XIII²⁵⁸ y los cuales incluían elementos tomados de la obra de Sacrobosco, como las 48 constelaciones del sistema ptolomeico (figura 6.7). Estas figuras fueron los elementos nemotécnicos visuales que permitieron, en su momento, las mediciones correspondientes.²⁵⁹

La obra de Sacrobosco, *La Esfera*, encuentra su correlación instrumental con la esfera armilar²⁶⁰, símbolo indiscutible de la astronomía dentro de la civilización occidental. Su uso y funcionamiento quedaron muchas veces ignorados por aquellos que la reconocieron como emblemática del saber astronómico. Junto con la antiketera y los cuadrantes, la esfera armilar constituye elemento fundamental para la reconstrucción del quehacer astronómico, previo a la revolución copernicana.

La currícula medieval quedaba delimitada en tanto a sus objetivos astronómicos, con la esfera armilar". "Los usos pedagógicos de la esfera armilar son importantes en la Edad Media, particularmente desde el siglo XIII y se acompañan del estudio del tratado de *La Esfera* de Sacrobosco"²⁶¹.

Sus contenidos se pueden reconocer por sus propios usos: Delemarche, en su obra *Les usages de la sphere, des globes céleste et terrestre* (1826) señalaba lo siguiente:

258 Dutarte *op cit.* 52

259 Sacrobosco, *op cit.*

260 Dutarte, pp 7 a 68

261 Dutarte, *op cit.* p. 54

“Uso IV, Encontrar el lugar del sol en la eclíptica un día determinado, como el 1 de mayo.

Uso V. Conociendo la latitud de un país y el lugar del sol en cada día del año, encontrar la hora del amanecer y la del anochecer.

Uso VI Siendo conocidas la hora del amanecer y del anochecer del sol en un lugar, encontrar la altura del polo o la latitud del lugar.

Uso VII Encontrar la amplitud ortiva y ocaso del sol (Es decir, la porción de arco del horizonte, comprendido entre el amanecer y el anochecer).

Uso VIII Encontrar la duración del día y de la noche. Uso IX Encontrar la más grande y la mas pequeña altura meridiana del sol en París

Uso X Encontrar la ascensión recta del sol y su declinación en un día determinado (Se trata, a partir de su posición sobre la eclíptica, de determinar las coordenadas ecuatoriales del sol)

Uso XI Encontrar la ascensión oblicua del sol.

Uso XII Dada la declinación del sol, encontrar su lugar en la eclíptica”²⁶².

Con Sacrobosco, se inician ciertos conceptos de la “astronomía nueva” que, si bien emanan de una visión geocéntrica, la diferencian y contrastan²⁶³. No obstante que estudios recientes han comenzado a integrar en el desarrollo, específicamente, de la instrumentación astronómica, a Sacrobosco²⁶⁴, hemos de resaltar, igual que

262 en Dutarte, *op cit.* p 56

263 “El describe el fenómeno de precesión (observado por Hiparco) y adjunta una 9va. Esfera, libre de estrellas, dando a la 8ava esfera de estrellas fijas un movimiento hacia el este de 1 grado en 100 años”. Dutarte, *op cit.*, p.14

264 Dutarte, *op cit.*

en el caso de Gerberto d'Aurillac, la omisión que se hace de él, en gran número de obras referidas al desarrollo de la ciencia o la historia de la astronomía.²⁶⁵

6.3.2 Los libros del Colegio Romano en el territorio colonial

El Colegio Romano fue fundado por Ignacio de Loyola con el objetivo de promover la formación de un grupo instruido dentro del clero católico. En el territorio novohispano, esta institución, tuvo gran influencia por uno de sus miembros, Athanasio Kircher. Este autor fue ampliamente estudiado al mismo tiempo que mantuvo correspondencia con grupos científicos novohispanos. A él volveremos más adelante ya que habremos de destacar su trabajo referido a la gnomónica²⁶⁶.

Kircher reconocido por su espíritu renacentista es, en su estudio, un exponente de la problemática gnomonista. En él se observa, tanto la universalidad del conocimiento, como la función didáctica y emblemática de la práctica. Su obra matizada por la época, muestra tanto los componentes pitagóricos, en términos metafóricos y/o herméticos, al mismo tiempo que nos adentra a una práctica.²⁶⁷

“Su *Ars Magna lucis et umbrae* (El gran arte de la luz y la sombra, 1646 y 1671) trata de eclipses, cometas, influencias astrológicas, el color, la fosforescencia, óptica, relojes de sol, linternas mágicas, etc. En muchos momentos su contenido se

²⁶⁵ Tal es el caso del clásico de Arthur Koestler, *Los sonámbulos*, CONACYT, México, s/f, 598p. quien identifica en el siglo anterior a Sacrobosco el redescubrimiento de Euclides sin hacer mención alguna del trabajo de este autor para la difusión del mismo, ni por aporte alguno. No siendo así para el caso de Silvestre II al que denomina “el Papa Mago”. Lo mismo ocurre con la obra de Cecil Dampier, quien no obstante la cercanía geográfica ni siquiera lo menciona.

²⁶⁶ Athanasius Kircher BN no. sistema 000335781 *Primitiae gnomonicae captoptricae*, hoc est, Horologigraphiae novae specvlaris in qua breuiter noua, certa, exacta, & facilis de monstatvr horologiorvm per reflexilvminis radivm constrvndorvm methodvs, item qva ratione praedicto reflexi lvminisradio in qualibet qvantvmvis irregvlari mvri svperficie, in interioribvs domorvm, aliisque locis obscvris, & vmbrosis, cvm horologia omnis generis, tvn omnivm circvlorvm qvi in primo mobili considerari possvnt, proiectvrae, & cvrvae sectorvm conorvm lineae, processvs solis, & lvnae in planis indices, aliáqve plvrima scitv digna reprentari possint variè / R. P. Athanasiuo Kircher Bvchonio è Societate lesv.

²⁶⁷ Vid. Gómez de Liaño, Ignacio, Athanasius Kircher. *Itinerario del éxtasis o las imágenes de un saber universal*, Ediciones Siruela, Madrid, 2001, 462p,

solapa (según Gómez de Liaño) con el de *Magnes*, sobre todo por la importancia que concede a las cuestiones relativas a la medición del tiempo.

En la obra de Kircher, el lector se topará a menudo con términos derivados de la palabra *esciatérico*. Como veremos más adelante *Esciatérica* es la teoría relativa al modo de hacer cuadrantes o relojes de sol tras determinar el meridiano por medio de la sombra.

La luz y la sombra son también temas típicos del neoplatonismo hermético que un Giordano Bruno había estudiado ampliamente, con fines particulares, en su *De umbris idearum*. Sin embargo, nos dice este autor, en la obra de Kircher el tema de la luz increada de Dios o las luces del entendimiento no sirven más que como rico y simbólico marco de un conjunto de indagaciones relacionadas con la astronomía y la tecnología en un sentido amplio²⁶⁸ Hemos de volver a este punto en capítulos posteriores.

Junto con Athanasius Kircher, previo a él y también con alta difusión, (quizá no comprensión) dentro de los círculos especializados del saber de la gnomónica, encontramos a otro miembro del Colegio Romano: Clavius, lectura obligada por ser el autor de la reforma al calendario Juliano y que habría de ser reconocido como Calendario Gregoriano.

Para poder hacer un reloj de sol se necesita tiempo, paciencia, conocimientos y mucho ojo. Un ojo avisado, un ojo observador, y también, por que no decirlo, una mente especulativa. Todo ello fueron atributos de Clavius, si bien habría de ser poco valorado, años después, incluso dentro muchas de las esferas docentes como lo expresa incluso el mismo Bails en su obra.

²⁶⁸ Gómez de Liaño, *op cit.* , p. 340

La Gnómonica (sic) (el tercer tomo de su compendio trata Bails de la Gnomonica, trae lo bastante para comprender este ramo de la Astronomía) el arte de hacer cuadrantes, la Geografía, la Marina, la Cronología dependen de la Astronomía Toda la tierra no es mas que un punto en comparación de los cielos. Se supone en los cuadrantes que la punta del estilo ó señalador es el centro de la tierra y que el cuadrante es un plan a cierta distancia del centro. La sombra del sol que hace la punta del estilo se vá poniendo en diferentes parages del cielo donde se halla el sol: esta sombra, pues hace conocer donde él está, ella demuestra todos los círculos que parece figurar én en el cielo. La ciencia de la Gnómonica consiste en saber trazar las líneas que señala esta sombra: hay diferentes prácticas para esto. Clavio las enseña y demuestra en un tomo en folio tan grande y tan difícil, que uno de sus compañeros, el Padre Pardies hablando de él, dice graciosamente, que solo él con su impresor es el que ha leído su libro entero. Hay una infinidad de autores que han enseñado la práctica de la Gnómonica; esta práctica puede explicarse en pocas palabras, no es tan fácil el demostrar sus reglas. Ozanam y de la Hire han compuesto tratados de ellas, servios de este último²⁶⁹

Buscando en la historia de la gnomónica nos encontramos que fue alrededor de las fechas planteadas para este estudio que sus conocimientos, su práctica, sus contenidos, empiezan a diluirse dentro de una retórica (discurso) imbuida de un nuevo pensamiento al mismo tiempo que sufrió, al igual que muchos de sus teóricos, los avatares de su época.

²⁶⁹ AHPFM. Don Domingo Ugena, *Entretenimientos sobre las ciencias, modo de estudiarlas y servirse de ellas para consolidar el entendimiento y formar la rectitud del corazon*, Escritos en francés por el R..Bernardo Lami, Presbitero del Oratorio, Tomo II, Madrid, 1800, p.____

CAPITULO 7

GNOMÓNICA: LA BÚSQUEDA POR LA DEFINICIÓN. RELOJES ECSIOTÉRICOS Y CATRÓPTICOS: CAMPOS DEL CONOCIMIENTO.

En este capítulo, se define la gnomónica del siglo XVII, se identifican sus elementos conceptuales y las modalidades de la época que cubre ya que, uno de los principales obstáculos para la definición y ubicación disciplinar de la misma, se da en la identificación del campo del saber a la que compete.

Es al interior de la comunidad de la Compañía de Jesús donde hemos localizado la mayor cantidad de elementos que posibilitan lo anterior, a través de autores que permiten identificar tanto la práctica, como los avances de ciencia requeridos y promovidos para el ejercicio de la gnomónica. Estos conocimientos hoy pertenecen a áreas como la cronometría, la óptica, la astronomía o las matemáticas.

Hemos reconocido que fue desde la península ibérica que se difundió la traducción de *Los elementos* de Euclídes y el *Almagesto* de Ptolomeo, primeramente al árabe y posteriormente al latín o al hebreo al mismo tiempo que se conocía la llamada numeración arábica, Fue desde ese territorio peninsular que la geometría y la astronomía griegas se difundieron, La trigonometría, la óptica, la cronometría, la ciencia de la agrimensura, entre otras, hicieron desde ahí, su aparición en el contexto europeo, entre otros, la Compañía de Jesús promovió su conocimiento.

Dada la confluencia cultural que se dio en la península ibérica, algunas palabras pueden ayudarnos en esa re-construcción²⁷⁰ del quehacer gnomonista. Las palabras nos muestran la riqueza intercultural española, la influencia árabe y hebrea en nuestro hablar no será reducida. Son hebraísmos: abad, abadía abuelo, alfa, alfabeto, amen, amigo, beta, delta, dos, edén, esfera, gama, israelita, Jehová, Jesús, judío, kappa, lambda, luna, mago, medida, misterio, vacuo, zafiro, amén, aleluya y hosanna entre otras²⁷¹. Las palabras de origen árabe nos son más conocidas: algoritmo, hola, aljibe formaron parte de nuestro acervo cultural del bachillerato. Mas las palabras, no son solo sonido, son sobre todo eco de un hacer y de un quehacer que tiene historia y muchas veces se olvida. Esas palabras correspondían a quehaceres y saberes que estuvieron en el origen del conocimiento.

Las palabras anteriores nos obligan a cuestionar, ¿Qué componentes árabes y judíos se encuentran en una ciencia, la gnomónica, que se inserta en nuestro territorio nacional en el momento de una reconquista árabe y una expulsión judía? Una nueva pregunta para no responder y solo proponer. ¿Cómo llegan a la Nueva España los conocimientos de la gnomónica?, ¿Quiénes la realizaban? Nuestra propuesta a esta respuesta es: albañiles, carpinteros, marineros, frailes y religiosos y, posteriormente, mineros y militares, serán algunos de los grupos que promovieron el desarrollo de ese conocimiento y que se beneficiaron directamente de la práctica de la gnomónica, unos por creencia, otros por sobre vivencia, otros

270 J. Winiecki, *Hebraísmos españoles*, Vocabulario de raíces hebreas en la lengua castellana, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1959, 88 p. pp. 27-58 Albañil (constructor) Del árabe: al – bani, Del hebreo: banai; Alberca: Del árabe: al – berca, Del hebreo: bereja; Cifra (número) Del árabe: céfer (cero), Del hebreo: cifrá (número; Res, Del árabe: res (cabeza); Del hebreo: rosh, y significa lo mismo (sic); Sofá (asiento), Del árabe: soffá, Del hebreo: sapá

271 Idem..

más en vivencia simple.

Con frecuencia se hace referencia a la influencia de pensadores como Averroes, Maimónides o Lulio en la elaboración del pensamiento medieval europeo. Poco se enfatiza, es nuestra opinión, su labor como matemáticos, astrónomos, físicos o médicos. En la construcción de una cultura totalizadora como la renacentista, hombres con visiones y quehaceres hoy llamados holísticos era requerida. Neo-platónicos, pitagóricos y alquimistas aparecieron en el universo del saber. El trabajo de esos autores hubo de impactar a pensadores y productores como Kepler o Galileo y así mismo a Clavius y Kircher: los autores gnomonistas que hemos seleccionado para este trabajo.

El estudio de estos autores, ambos pertenecientes a la Compañía de Jesús, ubicándolos en el contexto de aquellos forjadores de la ciencia moderna y su entramado social nos remite a su tiempo²⁷², ese en el que no existían áreas diferenciadas como la óptica, la astronomía y la matemática, entre otras.

7.1 Clavius y la gnomónica

La obra de este autor forma parte de la bibliografía fundamental para el estudio de la gnomónica en el territorio colonial novohispano. Su trabajo en el tema se da simultáneamente a su participación dentro de la reforma calendárica, emprendida por el Papa Gregorio XIII en 1582.

Cristoph Clavius nació en Bamberg, Alemania, alrededor de 1538 y murió en Roma en 1612. Se sabe poco de su vida. Ingresó a la Compañía de Jesús en

272 (1501-1576) Gerolamo Cardano , (1538-1612) Christopher Clavius , (1550-1617) John Napier, (1580-1626) Willebrord Snel van Royen, (1588-1648) Marin Mersenne, (1596-1650) Rene Descartes , (1601-1665) Pierre de Fermat,,(1602-1680) Athanasius Kircher, (1629-1695) Christiaan Huygens , (1643-1727) Isaac Newton.

Roma en 1555, en la que fue admitido por el propio fundador, Ignacio de Loyola. Estudió en la Universidad de Coimbra desde 1556 y se sabe que el 21 de agosto de 1561 observó un eclipse de sol. Regresó a Roma para seguir cursos de filosofía y cuatro años de teología. Mas adelante inició sus estudios en matemáticas de manera autodidacta²⁷³.

El mundo de Clavius se encontró situado en el centro mismo de la coyuntura planteada por el cambio de sistemas (geocentrismo-heliocentrismo) ubicada primordialmente en las obras de Copérnico, de Kepler y finalmente de Galileo. Los dos primeros encontrarán en la tradición gnomonista de la época, elementos que les permiten conciliar ambos sistemas.

Kepler mismo busco en su obra encontrar los elementos de la transición.

“Siendo Kepler aún estudiante, se convenció de la visión del mundo de Copérnico. Sin embargo esto le produjo un profundo problema. ¿Por que Dios escogió crear seis planetas y solamente seis, y ponerlos en sus distancias respectivas con respecto al sol?

“Un año después de su llegada a Graz, su respuesta estaba lista: Dios había hecho un llamado a los sólidos platónicos (figuras geométricas, como el cubo y la pirámide regular, que tienen las mismas caras, mismos *arêtes*²⁷⁴ para poner entre ellos a los planetas.

“Euclídes había descubierto que solo cinco sólidos de este tipo existían. Como él (Kepler) no podía nada cambiar, Dios no podía crear más que seis planetas y solamente seis...Los cinco sólidos platónicos pueden ser

273 Sabine Rommevaux, *Clavius une clé pour Euclide au XVI siecle*, Mathesis, Librairie Philosophique, J.VRIN, Paris, 2005,313 p. pp 13-14

274 En francés, línea de intersección de dos planos, mismos ángulos

embebidos los unos dentro de los otros de numerosas maneras diferentes – 120 maneras para ser precisos. Después de días y de noches de cálculos, Kepler descubre un orden que marchaba bastante bien. “No es posible describir jamás en palabras de gusto, el placer que yo obtuve de mi descubrimiento.”... Más tarde el juzgara su obra: “Nadie ha jamás producido una primera obra, mas digna de admiración, mas apropiada y, en lo que concierne al tema, mas meritoria”²⁷⁵

La obra a la que se refiere Kepler es el *Mysterium cosmographicum*, aparecida en 1597, y que será más tarde discutida por el propio Tycho Brahe. Es conocido el empeño establecido por Kepler por convencer a Clavius sobre la viabilidad del sistema de Galileo Galilei. La dificultad comunicativa, en ese caso, es comprensible a partir de la naturaleza de sus principales objetos de estudio: en el caso de Kepler, lo astronómico, en el caso de Clavius, lo matemático.

Evadiendo la polémica que el tema plantea y proponiendo a ambos (Kepler y Clavius) como fragmentos en la construcción del conocimiento del cosmos (todo ahí incluido, observado-observante), la citación de Kepler se vuelve significativa al conocer su acercamiento a Cristoph Clavius, y la correspondencia establecida entre ellos, dentro de visiones dinámicas (Kepler) o estáticas (Clavius) divergentes del cosmos, pero que pueden ser comprendidas como complementarias, ideológica y perceptualmente. Ubicados en su tiempo, su creencia y sus instrumentos y métodos de observación, ambos construyeron un saber.

275 Koestler, Sleepwalkers, *Los sonámbulos*, op cit. (1970), 247-53), Caspat, Kepler (1959), 62-71 citations pp. 63-71 en John L. Heibron, *Astronomie et églises*, op cit. p. 13.

7.1.1 La obra matemática de Christoph Clavius

La obra de Clavius se compone de:

Novi calendarii romani apologia, (Roma 1595)

De Spheris (Roma 1570):

Euclid elementorum (Roma 1589)

Geometrica practica (Roma 1604)

Opera mathematica (Roma 1611)

Gnomonices Libris VIII (Roma 1602)

De Spheris trata de un comentario a la obra de astronomía de Sacrobosco, se publicó inicialmente en 1570. Es uno de los libros más influyentes de Clavius en el área de la astronomía. De la obra se hicieron re-ediciones en 1581, 1585, 1593, 1607, y 1611. El libro contiene gran cantidad de referencias a su estudio previo sobre los elementos de Euclides, este libro fue utilizado en las Universidades de toda Europa y fue reimpresso posteriormente tras la muerte de Clavius en 1612. Se puede considerar desde el punto de vista astronómico reduccionista que es una presentación de una visión de la cosmología Ptolemaica, la cual corresponde al universo observado.

Gnomonices Libris VIII se puede considerar una obra enciclopédica (más de 800 páginas con abundantes ilustraciones) sobre Gnomónica en la que por primera vez se describe, y se demuestra geoméricamente cada una de las posibilidades de construir un Reloj de sol. Menciona los principios para la medida del tiempo. Para algunos estudiosos este libro es una de las explicaciones más extensas de la Gnomónica y para otros se trata de un amplio y complejo entramado de

demostraciones difícil de leer (Montucla dice en su famoso libro de la historia de la matemática que es preferible inventar la gnomónica que seguir las demostraciones de Clavius). El caso es que trata todos los problemas planteados hasta la época y relata la forma de resolverlos mediante geometría”.

Por lo que respecta a la obra de Clavius conocida, en el territorio nacional, la mayor parte se encuentra en la Biblioteca Nacional. Es de resaltar, que al igual que la mayoría de los libros que se encuentran sobre el tema su clasificación no corresponde al tema estudiado: la gnomónica.²⁷⁶.

276 No. sis. 000328439, Colección Monografías (BN-FR) ,Clasificación RFO 520 CLA.s. 1607

Autor principal Clavius, Christoph, 1538-1612, Título *In sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius*, Accessit Geometrica, atqve Vberrima de Crepusculis Tractatio / Christophori Clavii Bambergensis ex Societate Iesv, Lugar Lvgdvni, Editorial Ex officina Q. Hvg. a Porta, svmp. Io. de Gabiano, Año 1607. Descripción [6], 639, [44] p. ; 21 cm. Nota Incluye índice Marca de fuego: Convento de Santa Ana Coyoacán Ex-libris ms.: "Es del Colegio de Sancta Ana de Carmelitas descalzos, de..." Port. a dos tintas Port. con grab. xil. Apostillas impr. Enc. en perg. Deteriorado (Manchas) Tema Astronomía Trabajos anteriores a 1800 Acc. secundario Sacro Bosco, Joannes de, fl. 1230

No. sis. 000339555, Colección Monografías (BN-FR) Clasificación RFO 510 CLA.o. 1611 Autor principal Clavius, Christoph, 1538-1612 Título *Operum mathematicorum* / Christophori Clavii. Lugar Moguntiae : Editorial Sumptibus Antonii Hierat, Año 1611-12. Descripción 5 v. : il. ; 33 cm. Nota Falsa port. Título de la falsa port.: *Opera mathematica* Texto a dos columnas Incluye índice Marca de fuego: Convento Grande de San Francisco Ex-libris en estampa: Ex Bibliotheca Magni Mexicani Conventus S.P.N.S. Francisci Port. con grab. xil. Letras capitulares Enc. en perg. Deteriorado (Manchas) Contenido: Contenido: v. 1. Commentary en Euclidem. Commentary in theodosium. De finibus, ac lineis tangentibus [et] secantibus. Triangula rectilinea. Triangula spherica -- v. 2. Geometria practica. Refutatio cyclometriae Iosephi scaligeri. Arithmetica practica. Algebra -- v. 3. In sphaeram Ioannis Sacro Bosco commentarius. Astrolabium -- v. 4. Gnomonices libri octo. Fabrica [et] usus instrumenti horogiorum. Horologiorum noua descriptio -- v. 5. Romani calendary a Gregorio XIII P.M. restituti explicatio. Iosephi scaligeri elenchus [et] castigatio calendary gregoriani castigata. Responsio ad convicia [et] calumnias Iosephi Scaligeriin calendarium gregorianum. Confutatio calendary georgy

Resulta significativo, para este trabajo, el criterio de clasificación que muestra una utilización práctica de la gnomónica en la obra *Tabvlae astronomicae nonnvllae ad horolgiorvm constructionem maxime vtilis et notae in novam horogiorvm descrptionem, qua ad horologia extruenda plurimum etiam conducunt* que con No. sis. 000335692 Colección Monografías (BN-FR) Clasificación RFO 551.432 CLA.t. 1605. Esta obra aparece con Autor principal Clavius, Christoph, 1538-1612 y bajo el de Tema: Montañas y muestra en ello el desconocimiento generalizado, incluso en áreas técnicas, de la vinculación existente entre instrumentos como el teodolito y los relojes de sol²⁷⁷, ya que el método para la medición de las alturas de las montañas era compartido (derivado) de la práctica de la gnomónica.

En la Biblioteca Nacional solo están los tres primeros libros de la *Opera mathematica*, y no se ha encontrado, en los fondos ahí consultados, ningún ejemplar completo, en particular la obra de *Gnomonices Libris VIII*, de la cual trataremos más adelante.

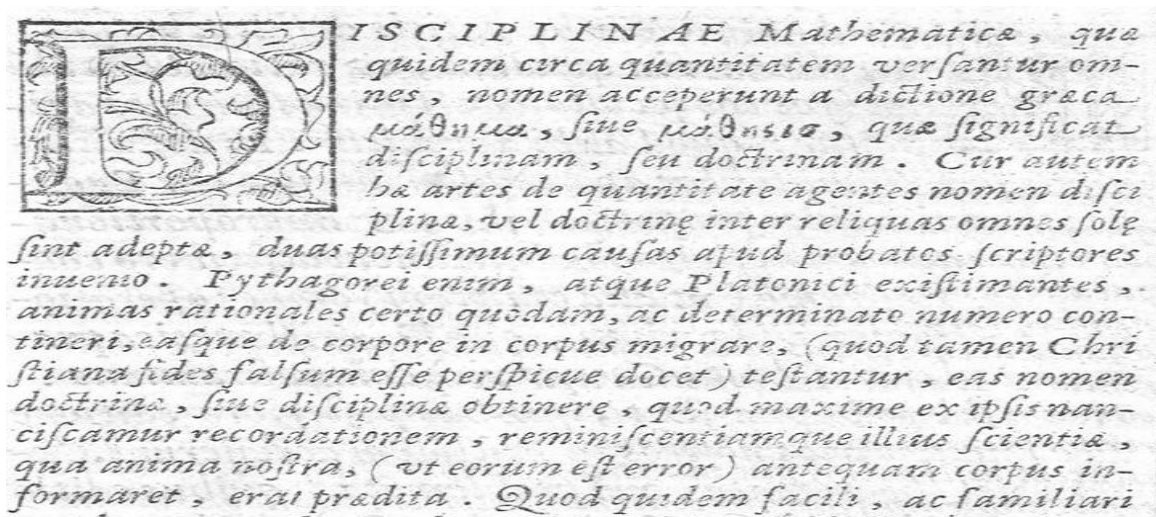
Los Elementos, obra con un total de 940 paginas, de menos de 20 cm de altura, presenta la siguiente división: dos epístolas, preliminares, prefacio y

Germannii VV artenbergensis borusi Tema Matemáticas Secundario titulo Opera mathematica

No. sis. 000335692 Colección Monografías (BN-FR) Clasificación RFO 551.432 CLA.t. 1605 Autor principal Clavius, Christoph, 1538-1612 Título *Tabvlae astronomicae nonnvllae ad horolgiorvm constructionem maxime vtilis et notae in novam horogiorvm descrptionem, qua ad horologia extruenda plurimum etiam conducunt* / Christophoro Clavio. Lugar Romae : Editorial Ex Typographia Alosij Zannetti, Año 1605. Descripción 150 p. : il. ; 21 cm. Nota M.F.: Ilegible Ex-libris ms.: "D. Petruy A..." Port. con grab. xil. Apostillas impr. Enc. en perg. Deteriorado (Manchas, polilla) Tema Montañas

²⁷⁷ Vid previous

prólogo, seguido de seis libros y un colofón. En sus prolegómenos a *Los Elementos*, Clavius nos da la definición de las matemáticas, así como las diferentes divisiones de la misma: aritmética, geometría. Reconoce también su participación en la astronomía (sic), astrología (astrología natural-astronomía), geografía, música, perspectiva, dióptrica, catróptica mecánica, geodesia y la matemática de Pitágoras²⁷⁸. 8 (figura 7.1)



Christoph Clavius, *Euclid elementorum* (Roma 1589) Matemática

Figura 7.1

Clavius reconoce en su obra y respecto a “los inventores” de la matemática, aportes babilonios, egipcios, griegos y árabes para finalizar con la presentación misma de *Los Elementos*. Continúa señalando la utilidad de la matemática e introduce elementos de doctrina cristiana en ello (gnosis) así como el reconocimiento de Euclídes como géometra. Junto con muchos otros temas vemos que en la *matemática spectantia* (sic) incluye a la óptica y a la catóptrica. Reconoce explícitamente que la función del *horologiorum sciotericorum* como el

²⁷⁸ Clavius, *Commentary en Euclidem* p. 9

instrumento para la observación del cielo, el estudio de latitudes y longitudes, las mediciones (agrimensura), el estudio de las montañas (topografía), etc, contribuye a la comprensión de *Los Elementos* de Euclídes.²⁷⁹

La aplicación del instrumento, reloj de sol, en la topografía y la agrimensura, encuentra para él, su antecedente y representación en la labor de Arquímedes,²⁸⁰

Ya enfocado a su obra personal *Los Elementos*, identifica los componentes de geometría plana en ellos y define: problema, lema, demostración y teorema. En sus libros sigue, en lo general, la estructura de la obra misma de Euclídes..

En su *Aritmética*, ubicada al interior de la *Opera Matemática*, tenemos un estudio de las cuatro operaciones, fracciones y algunos temas afines y propios de la teoría del número, haciendo hincapié en la proporción áurea (figura 7.2).

El seguimiento de este libro dentro del espacio novohispano nos permite ir conformando su presencia en la esfera colonial.²⁸¹

Es de señalar que mientras que en el ámbito colonial dieciochesco, como se verá mas adelante, la gnomónica llegó a considerarse dentro del área de las matemáticas aplicadas y relativa a los estudios superiores en la formación de los estudiantes del Colegio de Minería, con Clavius y dentro de la pedagogía del Colegio Romano en los siglos XVI-XVII, la gnomónica se impartía al interior de los cursos básicos de la formación matemática. En este sentido, nuestro autor destacó por haber sido uno de los principales promotores de la inserción matemática en el saber del Colegio Romano

279 *Idem* p 19

280 *Idem*, p20-21

281 Christophori Clavii . *Epitome arithmeticae practicae nunc denuo ab ipso auctore recognita*, Romae : Ex typographiua Dominici Basae, 1585 *Practicae nunc denuo ab ipso auctore recognita*
Notas del ejemplar: Perg. Jesuitas. Casa Profesa "Arithmetica clavij" (En v. de gda. ant.) Olim: 81/231

INDEX OMNIUM Capitum huius Arith- meticæ.

1	Numeratio integrorum numerorum.	pag. 8
2	Additio integrorum numerorum.	13
3	Subtractio integrorum numerorum.	26
4	Multiplicatio integrorum numerorum.	36
5	Diuisio integrorum numerorum.	48
6	Numeratio fractorum numerorum.	81
7	Aestimatio, siue valor fractorum numerorum.	83
8	Fractiones fractorum numerorum.	90
9	Reductio fractorum numerorum ad minimos numeros siue terminos.	91
10	Reductio fractorum numerorum ad eandem denominationem, & ad integra, necnon integrorum ad fractionem quamcunque, ac denique fractionum fractorum numerorum ad simplices fractiones.	98
11	Additio fractorum numerorum.	107
12	Subtractio fractorum numerorum.	110
13	Multiplicatio fractorum numerorum.	113
14	Diuisio fractorum numerorum.	116
15	Insitio fractorum numerorum.	120
16	Questiuncule nonnullæ numerorum integrorum, ac minutiarum.	131
17	Regula trium; quæ alio nomine regula aurea, siue regula proportionum dici solet.	139
18	Regula trium euersa.	154
19	Regula trium composita.	159
20	Regula Societatum.	175
21	Regula Alligationis.	207
22	Regula falsi simplicis positionis.	223
23	Regula falsi duplicis positionis.	233
24	Progressiones Arithmeticæ.	270
25	Progressiones Geometricæ.	283
26	Extractio radice quadratæ.	308
27	Appropinquatio radicis in mixtis nõ quadratis.	318

INDEX

Christoph Clavius, *Opera mathematica* (Roma 1611) Aritmética, índice.

Figura 7.2

7.1.2 *Gnomonices libri octo*

Una obra de Clavius, de la que no se ha encontrado ejemplar alguno en la Biblioteca Nacional, a pesar de que forma parte de la *Opera Matemática*, y se encuentra catalogada es *Gnomonices libri octo, in quibus Non Solum horologiorum Solariu, sed aliarum quoq rerum, quae ex gnomonis umbra cognosci possunt, descriptiones Geometrice demonstrantur*²⁸². De esta obra se dispone de un ejemplar que formó parte del acervo del Convento de Guadalupe en Guadalupe Zacatecas y que fue ubicado para este trabajo.

Este texto, *Gnomonices*, trata en específico los relojes de sol y sus contribuciones al tema, astronomía, cronometría o topografía, son curiosamente olvidadas o no mencionadas en la mayoría de los libros consultados, incluso los de reciente aparición.

Sobre lo anterior, caben las palabras que a propósito de *La refracción y el “olvido cartesiano*, esgrime Michel Authier, en la *Historia de las Ciencias* presentada por Michel Serres:

“Sucede bastante a menudo en la historia de las ciencias que se presente un problema sin que durante largo tiempo los estudiosos encuentren lo que se suele llamar su “solución (que corresponde, muy a menudo, a la disolución de su envoltura emocional). Ello puede responder, sin duda, a dificultades intrínsecas. Lo cual, por otra parte, no significa gran cosa, puesto que dificultad (sic) de un problema se mide a menudo por el tiempo que

282 Clavius, Christoph, 1538-1612 *Gnomonices libri octo* : in quibus non solum horologiorum solariu[m] sed aliarum quoq[ue] rerum, quae ex gnomonis umbra cognosci possunt, descriptiones geometrice demonstrantur / auctore Christophoro Clauio... Societatis Iesu... Romae : Apud Franciscum Zanettum, 1581

requiere su resolución. En otros casos la problemática no se mantiene con continuidad, sino que reaparece imponga (sic) un planteamiento regular – o al menos lógico –del asunto en cuestión”²⁸³

Como se vera más adelante, por lo que se encuentra de vinculante entre la gnomónica (especialmente la referida a relojes de sol catatrópticos o catrópticos) y el desarrollo de la óptica, el señalamiento anterior cobra especial importancia. No solo dos visiones del mundo, no solo los intereses religiosos, no solo la construcción de entidades laicas del saber, mucho más, puede ser encontrado en esta muy frecuente omisión. El mismo Descartes reconoce por ejemplo el origen de las cónicas en la Dióptrica, deslindando esas curvas del universo de la geometría pura y vinculándolas así con la óptica²⁸⁴.

El texto de 684 páginas de 33 cm., presenta en su portada tanto la emblemática de la esfera armilar (Sacrobosco) como elementos gráficos de la práctica misma del quehacer de los relojes de sol (figura 7.3).

En ocho libros y un colofón, el autor desglosará la práctica misma de la gnomónica²⁸⁵.

El libro primero habla del origen de los relojes remontándose al antiguo Egipto, define la *horologia scioterica*, sus alcances, métodos y sus instrumentos, las líneas de referencia en los relojes, y finaliza con un dibujo en el que se presentan los gráficos resultantes de la observación de las sombras.

283 Serres, *Historia de las ciencias, op cit.* pp 287-288

284 Descartes, *La geometría*, Apéndice, Fragmento del Discurso Octavo de la Dióptrica, donde se dan nociones sobre las cónicas, p. 205

285 Las traducciones al español, en este capítulo fueron realizadas por el Maestro en Letras Clásicas y en Biblioteconomía Don Jorge Arellano Trejo, Ex Director de la Biblioteca Central del IMSS.



Christoph Clavius, *Gnomonices Libris VIII* (Roma 1602) Frontispicio

Figura 7.3

Por considerar que el conocimiento de la obra de Clavius, específicamente lo referido a la gnomónica, contribuye a esclarecer los elementos seguidos por el desarrollo matemático, entre otros, se ha considerado pertinente mantener dentro del texto la traducción de la presentación de la obra, que nos indica:

G N O M O N I C A S
LIBRO PRIMERO
AUTOR
CRISTOFORO CLAVIO BAMBERG
DE LA COMPAÑIA DE JESUS

[Al margen:] Argumento del libro primero

[Texto:] PORQUE decidimos describir (con la buena ayuda de Dios Optimo Máximo) todas aquellas cosas que pueden ser conocidas por la sombra del Gnomon, mientras brilla el Sol, con muy escogidas razones en esta nuestra Gnomónica, esto es, con demostraciones Geométricas muy firmes y muy claras hasta donde pudiera alcanzar su claridad; lo cual hicieron muy pocos antes de nosotros, mientras vemos que todos los otros, exceptuando uno u otro, entregaron una descripción desnuda, sin haber aplicado ninguna demostración.

Pensamos que no estaría fuera del tema si consumimos todo este primer libro en diversos problemas y teoremas, ya Geométricos, ya Astronómicos que haya que explicar, en aquellos digo, que en gran manera juzgamos que eran útiles, más aun, absolutamente necesarios como después, más brevemente y con más claridad puedan demostrarse cada una de las cosas afines a la descripción de los relojes. Las cuales pues nos parece que deben ser demostradas antes de que describamos algún reloj.

Las principales son éstas.

Por qué razón debe ser construido el Analema, de cuyo suelo casi se tome toda razón de los relojes que hay que describir.

Que el vértice del gnomon en cualquier reloj obtenga la altura del centro en los relojes de todo el mundo

Cuáles secciones cónicas (que algunos llaman arcos de los signos) se describan en cualquier plano propuesto, por la sombra extrema del gnomon, esto es, quizá del círculo, tal vez de la parábola, o de la hipérbola opuesta, o quizá las Elipses.

Después, con qué arte de ella se representen las secciones en el plano opuesto; pues siempre el extremo de la sombra recorre alguna de estas secciones en tiempo de los equinoccios, exceptuado aquél en el que la sombra extrema describe una línea recta (como lo hemos demostrado).

Qué sitio del círculo horario ocupen en el cielo las líneas horarias, como después lo expondremos correctamente, que no son otra cosa que secciones comunes de aquellos círculos, como del plano en que se dibuja el reloj.

Qué líneas de las horas interactúen mutuamente del mediodía o de la media noche, y del oriente o del ocaso; en qué plano en uno y el mismo punto; pues esto será de gran uso para describir las horas desde el oriente o el ocaso del sol.

En qué planos las líneas de las horas desde el mediodía o la media noche se junten en un punto como centro, y en cuáles sean paralelas entre sí.

Por qué camino la declinación de qué plano propuesto se detenga el Círculo Vertical, y su inclinación tanto al Horizonte como al meridiano.

Cuánta sea la altura del polo sobre cualquier plano que declina o inclinado, y otras cosas de ese género que parecían pertenecer a los planos que declinan o inclinados de esta manera, y que serían para el propósito.

Con qué artificio se investigará la declinación del paralelo cuyo arco diurno sea conocido.

Finalmente, muchas otras cosas sin las cuales las demostraciones que aplicamos en las delineaciones de los relojes no pueden ejecutarse ni entenderse de ninguna manera.

A todas estas cosas se agregarán tres problemas, a los cuales: el arco semidiurno, la magnitud del crepúsculo, la altura del sol desde una hora conocida del día y alternativamente la hora desde la altura del sol, en cualquier tiempo del año, y a cualquier elevación del polo o latitud del lugar, puedan investigarse.

Y estas cosas sobre el argumento de este libro primero.

Ahora, antes de que acometamos el asunto mismo, primero parece que hay que decir un poco sobre los relojes en general y de su necesidad e invención. Después también habrá que tratar de los relojes Esciotéricos, que corresponden más a nuestra Gnomónica, y de sus varios géneros e inventores, y por último con brevedad, de la variedad de las horas.

Inicia el Libro I con la definición del reloj (*horologium*), señalando que es el instrumento que tiene la función tanto del indicar como el razonar (el tiempo).²⁸⁶

En el libro primero señala entre otros, los conocimientos geométricos, astronómicos y de dióptrica (de acuerdo al momento de la obra) que ameritan el estudio²⁸⁷

286 *Horologium quid*) *Horologium instrumentum esse, quo hore designantur, deprehundunturve, vocabulum ipsum indicat. Significae enim horolgium, quali horarum rationem, ita ut quicquid quodammodo horas indicat, horologium dici possit* Idem p. 2

287 “20. Quoniam ea omnia, quae per Gnomonis umbra, lucente Sole, cognosci poffunt, exquisitis rationibus in hac nostra Gnomonica, hoc est, demonstrationibus Geometricis firmissimis, ijsq; quo ad eius fieri poeterit clariffimis, describere (Deo Optimo Maximo bene iuante) instituimus, quod pauci admodum ante nos fecerum rerum descriptionem, nulla adhibita demonstratione, tradidisse videamus; non ab refore arbitramur, si totam primu hunc librum in variiss problematibus, theorematibusq; cum Geometricis, tum Astronomicis explicandis consumamus, iis inquam, quae magnope protutura....” *Idem* p 1

“30. Qu e auteni demonitranda nobis esse videntur, antequam horologium ullum describamus, praecipua hecfere funt. Qua ratione Analemma, ex quo sere solo omnis describendorum horologioru ratio petitur, construendum fit. Quod vertex gnomonis in quolibet horologio centrit totius mundi vicem in horologus obtineant: Quales sectiones conicae (quas nonnulli arcus signorum apellant) in quocunq; plano proposito ab extrema gnomonis umbra describantur, hoc est, nun circuli, an parabolae, hyperbolaeoppolutae, an vero Ellipses: ...” *Idem* p. 3

En cuanto a la presentación del tema el texto a la letra dice:

GNOMONICAS
DE LOS RELOJES EN GENERAL ,
Y de su necesidad e invención

[Al margen:] Qué es el reloj. Qué es la hora. De dónde se dicen horas.

[Texto:] El vocablo mismo indica que el reloj es un instrumento con que se designan o distinguen las horas. Pues reloj significa como la razón de las horas, de tal modo que todo lo que de algún modo indica las horas puede decirse reloj, ya que la hora es uno de los espacios iguales en los que un día cualquiera se acostumbró a dividirse. Y aunque entre los antiguos, los cuatro tiempos del año, Primavera, Verano, Otoño e Invierno pongan límite y definan

esas partes del año, *απο του οριζειν*, como a Platón le gusta en el Cratilo, hoy sin embargo nombramos horas esos espacios iguales del día, como place a Macrobio en el libro primero de las Fiestas Saturnales, porque con su carrera y movimiento las produce el sol, que entre los Egipcios se llamaba Horus (lo mismo que Apolo, que es el mismo que llamaban sol).

Otros sin embargo prefieren llamarlas horas del día, del vocablo griego *ορος*, que significa término o fin, porque distinguimos y delimitamos ese espacio continuo de tiempo para las horas como terminaciones.

Por último, con la investigación de la noción se ha llegado hasta la suciedad, pues no faltan quienes piensen que esas partecitas iguales del día

son llamadas horas de la palabra griega *υρος* (sic)²⁸⁸(1) que significa orina. Pues dicen que Hermes Trismegisto fue el primero que observó las horas, esto es, los espacios iguales del día de la orina de algún animal sagrado entre los Egipcios, que estaba consagrado a Serapis, esto es, al sol.

288 La palabra griega que significa orina es: *ουρον*. Nota del Traductor.

Pues observando que ese animal (cosa en verdad más ridícula para los Egipcios que digna para Trismegisto) evacuaba orina doce veces al día y otras tantas en la noche, ya larga ya corta, con intervalos siempre iguales, que se nombraron horas por la orina de ese animal, y pensó que era conforme a la razón²⁸⁹. De aquí quizá sucedió que casi toda la antigüedad dividiera en doce horas un día o una noche cualquiera. De lo cual poco más adelante diremos mucho más.

[Al margen:] Necesidad de los relojes.

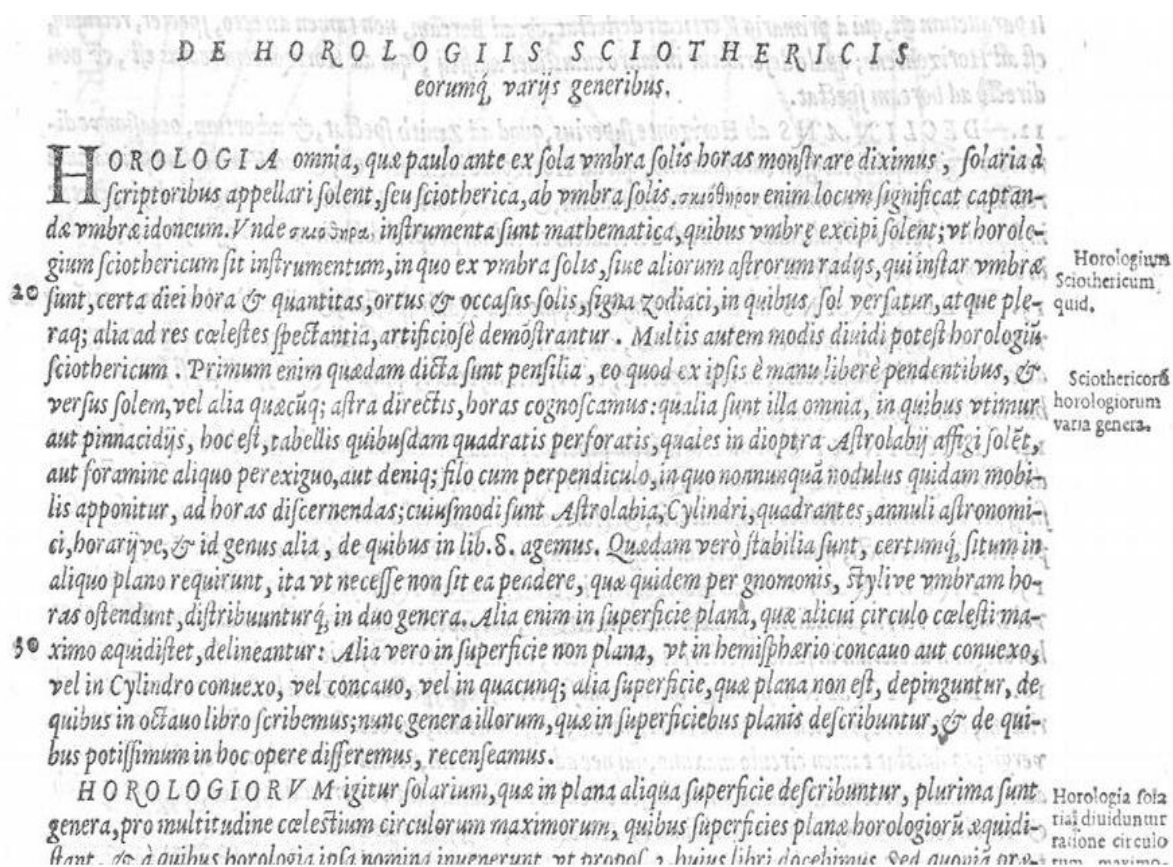
[Texto:] Pero SOBRE la necesidad de los relojes no diré muchas palabras. Puesto que juzgo que a nadie está oculto qué miserable e infeliz sería el género humano si no tuviera ninguna distinción de las horas. Pues vemos comúnmente a aquellos que no saben qué hora es (porque cualquiera lo experimenta en sí mismo), igualmente aquellos que ignoran en qué región se encuentran, están afectados por cierto estupor del ánimo, y ciertamente, a mi propio juicio, no sin razón. Pues cada uno mide sus trabajos y sus descansos con la discriminación de las horas, y determina para sí ciertos tiempos en todas sus ocupaciones. Más aun, como la vida de los hombres se consume casi en gran parte en los comercios y reuniones, con dificultad podemos carecer del uso de los relojes, ya que con el beneficio de ellos para nosotros, determinamos ciertas horas y ciertos espacios de tiempo sin los cuales no podríamos convenir para realizar nuestras cosas cómodamente sin ningún obstáculo de carácter familiar o de otro carácter.

Esto mismo atestiguan casi todas las repúblicas bien organizadas, que en todas las ciudades y a lo largo de las plazas consideradas públicas o privadas, fabrican varios géneros de relojes, ya solares, ya de otros, y alimentan a sus custodios y relojeros con estipendios anuales: lo cual no harían con juicio sano, si no juzgaran que su uso fuera sumamente necesario para las ciudades.

289 La posible relación pudiese vincularse a la existencia de relojes de sol integrados a sistemas hidráulicos (clepsidras) propios del mundo antiguo. Nota de quien esto escribe OMG

Esto mismo también atestiguan casi todos los agricultores y los hombres aislados, que no teniendo relojes, no podrían carecer de ellos sin gran incomodidad, y se esfuerzan en levantar esta incomodidad, con cualquier razón con que puedan hacerlo. De aquí pues los vemos, las más veces, medir la sombra de sus cuerpos o fijar unos y otros signos con los rayos solares, o finalmente marcar en el mismo cielo, ciertos intervalos del movimiento del sol durante el día, y de los otros astros durante la noche, para que al menos de algún modo con estas mismas observaciones, aunque no cuidadosa y perfectamente del todo, puedan detener y medir las divisiones y los espacios de las horas.

Más adelante en la obra desarrollara los temas concernientes a la práctica específica de los relojes de sombra, definiéndolos primeramente (figura 7.4)



Christoph Clavius, *Gnomonices Libris VIII* (Roma 1602) Definición horologia ecsiotérica.

Figura 7.4

Texto que a la letra dice:

DE LOS RELOJES ESCIOTERICOS

Y de sus diversos géneros

[Al margen:] Qué es el reloj esciotérico.

[Texto:] Todos los relojes, que poco antes hemos dicho, que mostraban las horas con la sola sombra del sol, suelen ser llamados por los escritores, solares o esciotéricos debido a la sombra del sol, pues (la palabra)

σκιοθηρον significa el lugar idóneo para captar la sombra. De

donde σκιοθηρα (escióteros) son los instrumentos matemáticos con los cuales se suelen recibir las sombras; como el reloj esciotérico es un instrumento en el cual la sombra del sol, o de los rayos de otros astros que son semejantes a la sombra, cierta hora del día y su avance, la salida y el ocaso del sol, los signos del zodiaco, en los que el sol se encuentra y la mayor parte de las otras cosas que miran los fenómenos celestes, se demuestran artificiosamente.

[Al margen:] Varios géneros de relojes esciotéricos.

[Texto:] El reloj esciotérico se puede dividir de muchos modos. Primero, algunos se llaman de péndulo, porque colgando de ellos libremente por un brazo, y dirigidos contra el sol o contra otros astros cualesquiera, conocemos las horas: tales son todos aquellos en los que usamos pinacidios, es decir, ciertas tablitas cuadradas perforadas como suelen fijarse en la dioptra del Astrolabio, ya el agujero pequeñísimo, ya finalmente el hilo con un perpendicular en el cual alguna vez se coloca cierto nudo móvil para distinguir las horas; de este modo son los Astrolabios, los Cilindros, los cuadrantes, los anillos astronómicos u horarios y otros de ese género de los que trataremos en el libro 8.

Algunos ciertamente son estables y requieren un cierto sitio en algún plano, de modo que no sea necesario colgarlos, los que ciertamente muestran las

horas por la sombra del gnomon o de la aguja, y se clasifican en dos géneros: unos se delinean en superficie plana que equidista de algún círculo celeste máximo; otros en cambio se pintan en superficie no plana, como en hemisferio cóncavo o convexo, o en Cilindro convexo o cóncavo, o en cualquiera otra superficie que no es plana, de los cuales escribiremos en el libro octavo; ahora revisemos los géneros de aquellos que se describen en las superficies planas y de los cuales especialmente disertaremos en esta obra.

Acto seguido y referido a los relojes solares Clavius dará los componentes conceptuales para el estudio de la gnomónica

El texto a la letra dice:

[Al margen:] Los relojes solares se dividen en razón de los círculos máximos de los que equidistan, y de los cuales reciben su nombre.

[Texto:] Son pues muchísimos los géneros DE LOS RELOJES solares que se describen en alguna superficie plana, ante la multitud de círculos celestes máximos, de los cuales equidistan las superficies planas de los relojes, y de los cuales los relojes mismos encuentran sus nombres, como enseñaremos con la proposición 2 de este libro.

Pero porque pueden considerarse principalmente nueve círculos máximos diferentes en el cielo por el sitio y la posición, resulta que sean tantos los géneros de relojes los que se describen en alguna superficie plana. Entonces los círculos máximos son éstos: el Horizonte; el círculo vertical propiamente dicho que marcha majestuosamente por el vértice de la cabeza y por las secciones comunes del Ecuador y del Horizonte; el Meridiano; el Círculo de la hora 6 desde el mediodía o la medianoche llevado por los polos del mundo y por las mismas secciones comunes del Ecuador y del Horizonte; el Ecuador; cualquier círculo vertical apartado del propiamente dicho Vertical y dirigido al Horizonte; el Círculo máximo que declina del Horizonte y atraviesa las secciones comunes del Meridiano y del Horizonte y dirigido al

vertical propiamente dicho; el Círculo Máximo inclinado hacia el Horizonte que se transporta por las secciones comunes del Ecuador, del Vertical propiamente dicho y del Horizonte, y está dirigido al Meridiano; y finalmente el Círculo máximo inclinado tanto al Horizonte como al Meridiano y al Vertical propiamente dicho.

Y porque en verdad cualquiera de estos círculos, excepto el Horizonte, tienen dos caras que de día pueden ser iluminadas por el sol, como el tan propiamente llamado Vertical, como el que declina de él: tiene una que se voltea al mediodía, y otra que mira a la Bórea; pero el Meridiano tiene una que mira al oriente y otra que voltea a mirar al ocaso. Finalmente los círculos restantes inclinados al Horizonte tienen una cara superior que mira al Zenit, o vértice de la cabeza, y la otra inferior que mira al Nadir; esto hace que el universo de los géneros de estos relojes sea de diecisiete, que se podrán llamar así:

[Al margen:] Cuántos son los géneros de los relojes solares que se describen en una superficie plana.

[Texto:]

1. El HORIZONTAL, que equidista del Horizonte.
2. El VERTICAL que mira al mediodía, y que es paralelo al círculo Vertical propiamente dicho, y mira al mediodía.
3. El VERTICAL que se inclina a la Bórea, que equidista del mismo Círculo vertical y mira al Septentrión o Bórea.
4. El MERIDIANO Oriental, que equidista del círculo Meridiano, y se inclina al nacimiento del sol.
5. El MERIDIANO Occidental, que es paralelo al mismo círculo Meridiano y mira al sol que se pone.
6. El POLAR superior, que equidista de ese círculo máximo que pasa por los puntos del verdadero o equinoccial oriente y ocaso (es decir por las secciones comunes del Ecuador, del Horizonte y del Vertical) y por ambos polos del mundo, y mira al Zenit.

7. El POLAR inferior, que equidista del mismo círculo máximo por los puntos del verdadero o equinoccial oriente y ocaso, y llevado por ambos polos del mundo, y mira al Nadir.

8. El EQUINOCCIAL superior, que es paralelo al círculo Equinoccial y mira al polo del mundo elevado sobre el Horizonte.

9. El EQUINOCCIAL inferior, que equidista del mismo círculo equinoccial, pero mira al polo del mundo que está oculto bajo el Horizonte.

10. El QUE SE DESVIA del mediodía hacia el oriente o el ocaso, que equidista de cualquier círculo Vertical que se desvíe del Vertical propiamente dicho, y vuelva hacia el mediodía, no sin embargo en línea recta, y está dirigido al Horizonte; como suele representarse en el muro de cualquier edificio que mire al mediodía, pero no en línea recta, y está dirigido al Horizonte.

11. El QUE SE DESVIA de la Bórea o Septentrión hacia el oriente o el ocaso, que es paralelo a cualquier círculo Vertical, que se aparte del Vertical primario y mire hacia la Bórea sin embargo no en línea recta, y está dirigido al Horizonte; tal cual se describe en el muro de cualquier edificio, que está dirigido al Horizonte y no mira en línea recta hacia la Bórea.

12. El QUE SE DESVIA del Horizonte superior, que mira al Zenit y se vuelve hacia el oriente o el ocaso en línea recta, y equidista del círculo máximo, que está inclinado hacia el Horizonte y dirigido al Vertical primario, y atraviesa por las secciones comunes del Meridiano y del Horizonte. De este modo el reloj se representará en la cara superior de algún techo que esté dirigido al círculo Vertical propiamente dicho, es decir, que mire en línea recta hacia el oriente o el occidente

13. El QUE SE DESVIA del Horizonte inferior, que mira hacia el Nadir, y se vuelve en línea recta al oriente o al poniente, y equidista del mismo círculo máximo al cual dijimos que el superior era paralelo. De este modo el reloj se describiría en el mismo techo, en el cual el superior, pero en la cara inferior, que mira hacia el Nadir, si con todo esta cara inferior se iluminara por el sol.

14. El INCLINADO al Horizonte superior, que mira al Zenit, y se vuelve al mediodía o a la Bórea en línea recta, y equidista del círculo máximo inclinado al Horizonte, que está dirigido al Meridiano, y atraviesa por las secciones comunes del Ecuador y del Horizonte. Cual sería un reloj delineado en la cara superior de algún techo, que fuera dirigido hacia el Meridiano, es decir, miraría en línea recta al mediodía o Septentrión.

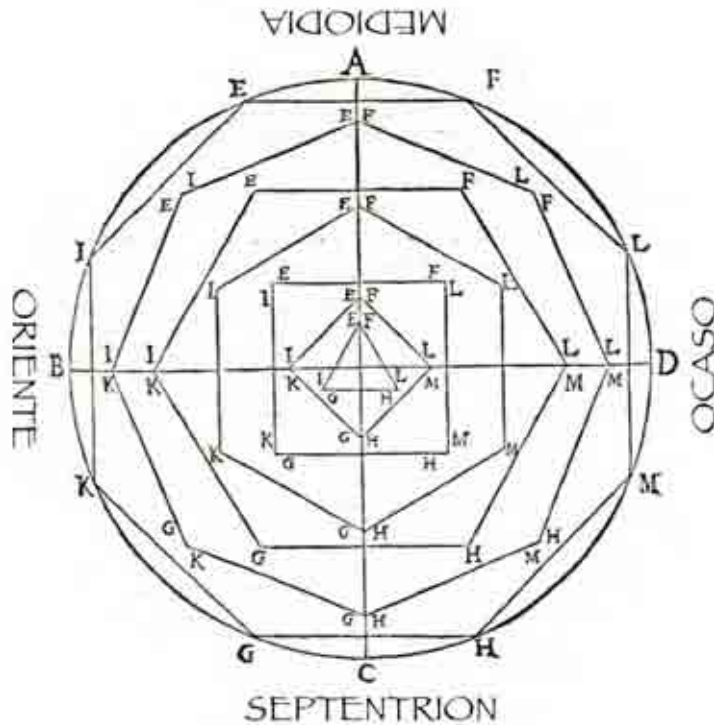
15. El INCLINADO al Horizonte inferior, que mira al Nadir, y en línea recta se vuelve hacia el mediodía o a la Bórea, y equidista del mismo círculo máximo del que dijimos que era paralelo el superior. Cual sería un reloj pintado en la cara inferior del mismo techo, en cuya cara superior dijimos que se trazaba un superior.

16. El QUE SE DESVIA e inclinado al mismo tiempo, que mira hacia el Zenit, pero ni se vuelve en línea recta al mediodía ni a la Bórea, como inclinado al Horizonte, ni hacia el oriente o el poniente, como inclinándose del Horizonte; equidista sin embargo del círculo máximo, que no está dirigido ni al el Horizonte ni al vertical propiamente dicho, ni al Meridiano, sino inclinado hacia todos estos círculos, de tal modo que no atravesase por ninguno de los polos que son el Zenit y el Nadir, secciones comunes del Meridiano y del Horizonte, y secciones comunes del Horizonte y del Ecuador. Tal sería el reloj descrito en la cara superior de algún techo, que no mirara en línea recta el oriente o el ocaso, o hacia el mediodía o el Septentrión.

17. El QUE SE DESVIA e inclinado al mismo tiempo inferior, que mira al Nadir, todo lo demás lo tiene común con el superior. Cual sería un reloj delineado en la cara inferior del mismo techo, en cuya cara superior dijimos que el superior se describiría.

Termina Clavius dando el diagrama que recupera la nemotécnica de todos los procesos. Este esquema será comprendido a partir de la práctica y la conceptualización de la época. Figuras geométricas, formas evocadas (rosa), época, creencias y problemática, pueden así ser sintetizadas para su futura comprensión. Un esfuerzo didáctico y de síntesis, ilustra así textos, convenciones e

incluso imaginarios encontrándose muchas veces descontextualizado de su génesis (figura 7.5)



Christoph Clavius, *Gnomonices Libris VIII* (Roma 1602)

Procesos constructivos de la horología eccliotérica.

Figura 7.5

La figura aquí propuesta cobra vital importancia al establecer en ella los componentes de construcción que a modo emblemático serán recogidos posteriormente. De este modo el cuadrado ahí presente puede ser integrado al desarrollo de la matemática en la época y algunos de los instrumentos utilizados para la gnomónica (cuadrantes). El triángulo y los hexágonos podrán así vincularse a la identificación, por sombras, del norte astronómico y que es recogido según la tradición judía, de la práctica derivada del movimiento de las tribus de Israel en el

desierto, en el periodo recogido por el libro del Éxodo. Cuadrado o bien octágono pueden así remitirnos a una construcción matemática de naturaleza geométrica propia del conocimiento medieval y renacentista.

Esta imagen que proponemos sea leída en tanto sintética, es resultado de un proceso anual de observación del trayecto aparente del sol sobre la bóveda celeste y nos permite así inferir, a partir de los procesos de construcción, la emblemática gnomonista o gnomónica a la que nos referiremos con posterioridad y que se ubica en nuestra opinión, siguiendo a Yates en su obra *El iluminismo rosacruz*, al interior de las prácticas rosacruces del siglo XVI y XVII.

El texto referido al diagrama en cuestión a la letra dice:

[Al margen:] Ejemplos de relojes antes dichos.

[Texto:] Proponemos ante los ojos todos ESTOS géneros en la figura adjunta. Entonces, un reloj dibujado en el plano A B C D que equidiste del Horizonte, se llamará Horizonte. Si después se suponen edificios levantados sobre bases individuales octagonales, hexagonales, tetragonales y una triangular, los muros mirarán sobre las rectas EF, GH colocados en línea recta hacia A, punto del mediodía, y hacia C, punto del septentrión, y en sus caras volteadas hacia A, se describirán los relojes verticales que miren al mediodía o al austro. Y en sus caras mirando hacia C, se trazarán relojes Verticales mirando a la Bórea o al septentrión. Además, en los muros levantados sobre las rectas IE, LM que miran hacia B, en línea recta hacia el oriente o contra D hacia el ocaso, se describirán relojes Meridianos orientales en sus caras que miran hacia B. Pero en las caras que miran el punto D, se describirán relojes Meridianos occidentales.

DE NUEVO si sobre las rectas EF, GH se suponen planos inclinados hacia el Horizonte contra el septentrión C, según la altitud del polo, se dirán relojes descritos en las caras superiores, Polares los superiores, pero inferiores en los inferiores. Si en cambio sobre las mismas rectas EF, GH se

suponen planos inclinados hacia el Horizonte contra el mediodía A, según la altura del Ecuador o complemento de la altura del polo, se trazarán en las caras superiores los relojes Equinocciales superiores. Pero inferiores en las inferiores.

YA pues, porque los muros dirigidos hacia el Horizonte sobre las rectas EI, HM colocados no en línea recta miran hacia A, punto del meridiano, o hacia C, punto del septentrión, sino declinan de ambos contra B, punto del oriente, o contra D, punto del ocaso, se describirán ciertamente los puntos puestos en sus caras entre A y B, los relojes que declinan del mediodía, esto es, del punto del mediodía A, hacia el oriente; pero en sus caras opuestas los puntos que están colocados entre C y D, miran los relojes que declinan del septentrión, o sea, del punto del septentrión C, hacia el ocaso. Pero en cambio, porque los muros levantados sobre las rectas FL, CK, y dirigidos al Horizonte no voltean en línea recta hacia A, punto del mediodía, o hacia C, punto del septentrión, sino que declinan de ambos contra D, punto del ocaso, o contra B, punto del oriente, se delinearán ciertamente en las caras de aquellos que miran a los puntos colocados entre A y D, los relojes que declinan del mediodía, esto es, del punto A del mediodía hacia el ocaso; pero en las caras opuestas convertidas hacia los puntos C y B, los relojes que declinan del septentrión, o sea, del punto C del septentrión hacia el oriente.

PORQUE si sobre las rectas IK, LM se construyeran planos contra el oriente B, o el ocaso D inclinados hacia el Horizonte, se describirán en sus caras superiores relojes superiores que declinan del Horizonte: pero inferiores en las caras inferiores. Así también, si los planos estuvieran inclinados sobre EF, GH hacia el Horizonte contra A, el mediodía, o contra C, el septentrión, se llamarían relojes delineados en sus caras superiores, los superiores inclinados hacia el Horizonte: pero los inferiores descritos, en las caras inferiores. Si finalmente hubiera planos inclinados al Horizonte sobre las rectas EI, HM, FI, GK, de cualquier manera se describirán en sus caras superiores los relojes superiores que declinen y al mismo tiempo inclinados. Pero en las caras inferiores, inferiores.

De lo cual se concluye fácilmente que pueden ser casi infinitos los géneros de los relojes que declinan del Vertical, de los que declinan del Horizonte, de los que declinan hacia el Horizonte, y de los que declinan al mismo tiempo e inclinados, por lo cual una superficie puede doblar más o menos hasta el infinito del vertical o del Horizonte, e inclinarse hacia el Horizonte. Por lo tanto de este modo los relojes Esciotéricos se suelen distribuir, teniendo en cuenta el sitio de los planos en los que se trazan.

[Al margen:] Por qué los relojes planos se dice que equidistan de los círculos máximos de los cuales toman su nombre.

[Texto:] POR LO DEMAS todos estos relojes que hemos revisado, dijimos que equidistaban de aquellos círculos máximos de los cuales toman sus nombres, porque el vértice de la aguja dirigido al plano del reloj se entiende que es colocado en el centro del mundo, y de tal manera en el centro común de todos aquellos círculos máximos. De donde se sigue que los planos de los relojes tanto se separen de los mismos círculos cuanto sea la longitud de la aguja de cada uno. Por lo cual se engañan aquellos que enseñan que todos los relojes se describen en los mismos círculos máximos de los que reciben sus nombres. Pero esto lo explicaremos más ampliamente en la proposición 2 de este libro.

[Al margen:] División de los relojes solares tomada del tiempo en que muestran las horas.

[Texto:] De OTRO modo se suelen dividir los instrumentos que indican las horas, por el tiempo en que suelen mostrar las horas. Algunos pues se llaman diurnos porque solo en el día, mientras resplandece el sol, indican las horas: algunos, nocturnos, los que al resplandor de la luna o de otros astros muestran las horas de noche; finalmente algunos diurnos al mismo tiempo que nocturnos; porque tanto de día como de noche conocemos las horas por ellos; cuales son los Astrolabios, o Planisferios, anillos astronómicos, etc. Con igual razón otros indican las horas por el espacio de la mitad del año, tal es el reloj Equinoccial superior, que indica las horas todo el tiempo, en el cual el sol se mueve de principio $\sqrt{\quad}$ a principio Ω : Otros por la parte restante del

año, tal es el Equinoccial inferior, que muestra las horas mientras el sol se mueve de principio Ω a principio \sqrt .

De nuevo, algunos indican las horas solamente en la mañana y en la tarde, tal es el reloj vertical que mira al septentrión, y el Polar inferior, y algunos otros que declinan, y los inclinados inferiores: Algunos (indican) las horas restantes del día, tal es el Vertical que voltea hacia el mediodía, y el Polar superior, y algunos que declinan y los inclinados superiores. Así también otros de los relojes solo indican las horas antemeridianas, tal es el Meridiano Oriental; otros las posmeridianas, tal es el Meridiano occidental. Y por esta razón se pueden estructurar muchos otros géneros de relojes.

A lo largo de sus paginas, Clavius menciona los autores que a su juicio han abordado el tema: Platón, Macrobio, Apolonio, Vitrubio y Plinio entre otros. Estos como ya vimos fueron referencia primordial para identificar los textos asociados al tema. Más adelante aborda a aquellos autores matemáticos principalmente, Euclídes y Arquímedes, que a su juicio contribuyen a su tema de estudio, lo que contribuye a comprender el empeño por él desarrollado para traducir del griego al latín de *Los Elementos*.

Como ya se dijo Clavius reconoce los antecedentes históricos de la práctica en egipcios, griegos, romanos y árabes y en el primer libro continúa con un primer problema (sic) acerca de la forma de construir el analema y las líneas que se encuentran en él referenciadas. Concluye con su lema, escolio y corolario correspondiente, acorde a la tradición matemática (figura 7.6). Nos adentra en la práctica de la gnomónica iniciando su presentación con el reloj vertical simple (obelisco) (figura 7.7).

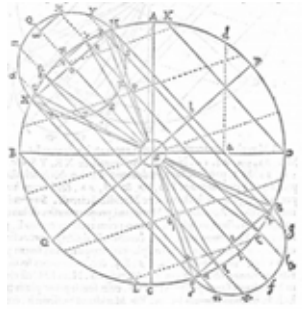


Figura 7.6

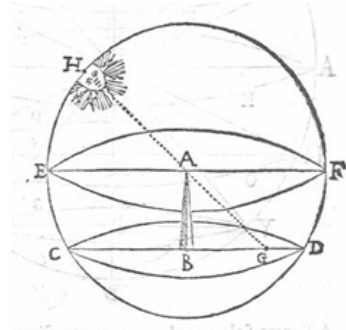


Figura 7.7

Continúa con elementos tomados de las cónicas de Apolonio de Perga y su relación con la gnomónica (figuras 7.8 y 7.9)

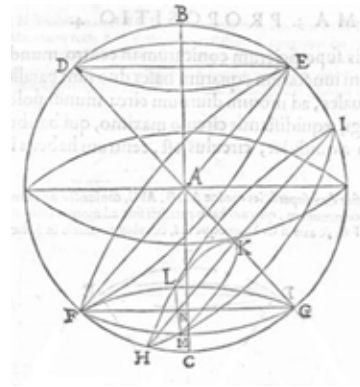
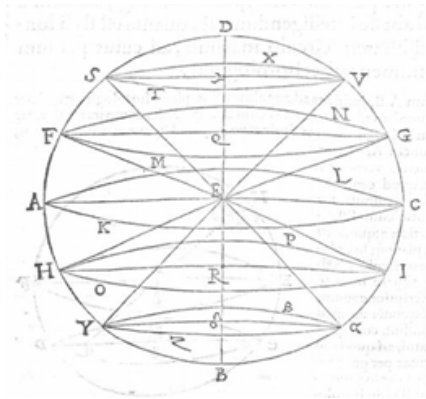


Figura 7.8

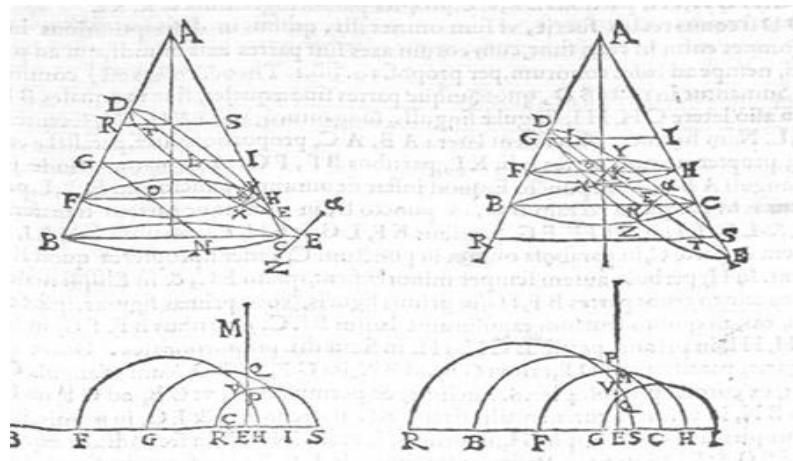
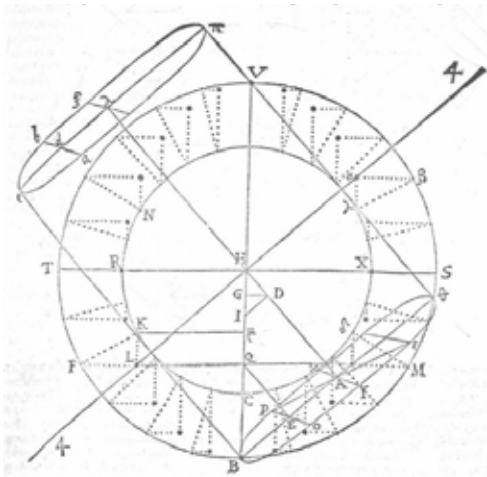


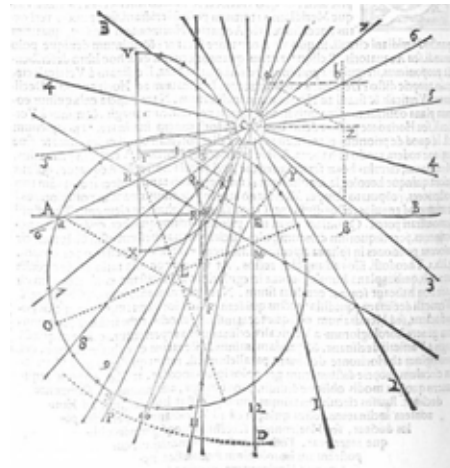
Figura 7.9

Clavius finaliza este libro con la presentación de las relaciones de las sombras, su magnitud (geométrica) y el instrumental requerido para su construcción (compás de puntas)

El libro segundo introduce a la problemática de las cónicas y su relación con la eclíptica, identificando este tema en torno al *horologium astronomicum horizontale* (reloj de sol de sombras horizontal) primeramente (figura 7.10). El libro tercero tratara del *horologio astronomicum a verticali* (reloj de sol de sombras vertical) así como sus componentes (figura 7.11)



Horologium astronomicum horizontale
Figura 7.10



Horologio astronomicum a verticali
Figura 7.11

El cuarto libro estudia la *horologia horizontal in sphaera recta* y la *horologia verticalia in sphaera* entre otros. El libro quinto estudia la relación entre la altura del sol sobre el meridiano (declinación) y la eclíptica entre otros (figura 7.12)

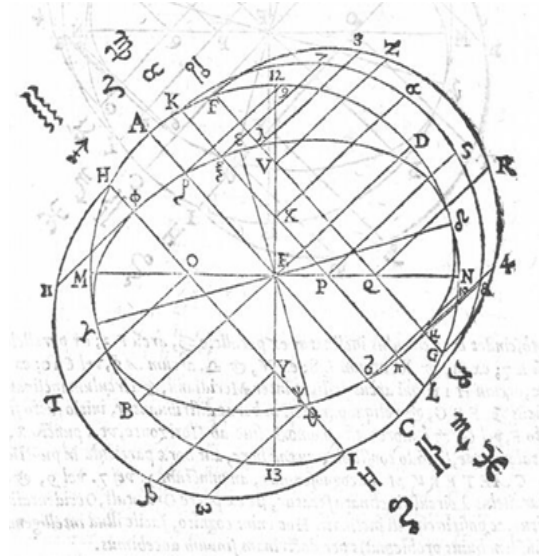


Figura 7.12

El libro sexto presenta consideraciones, a partir de Ptolomeo, sobre el analema y los distintos círculos. El libro séptimo trata sobre el reloj horizontal astronómico con eclíptica (zodiaco) integrado y su construcción. Para finalizar el libro octavo trata sobre el reloj ecuatorial portátil, así como su construcción. Dentro de la costumbre de los *ingens* de la época, este libro presenta, entre otros, un *horologio hemisphaerico*, en cilindro (figura 7.13), también un *horologio universali* en forma de cruz (figura 7.14), un reloj más en cuadrante (figura 7.15) y uno ecuatorial plegable de bolsillo (figura 7.16).

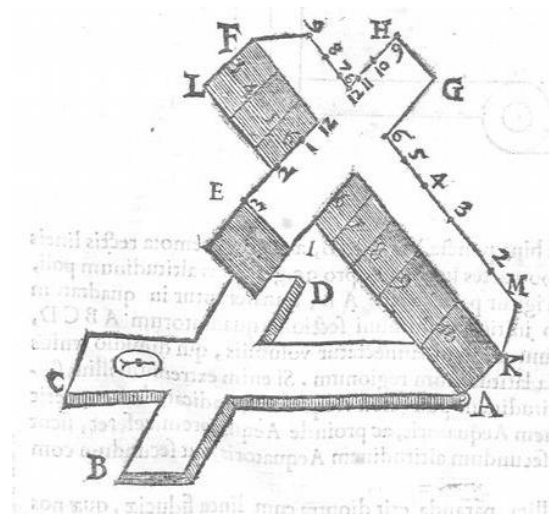
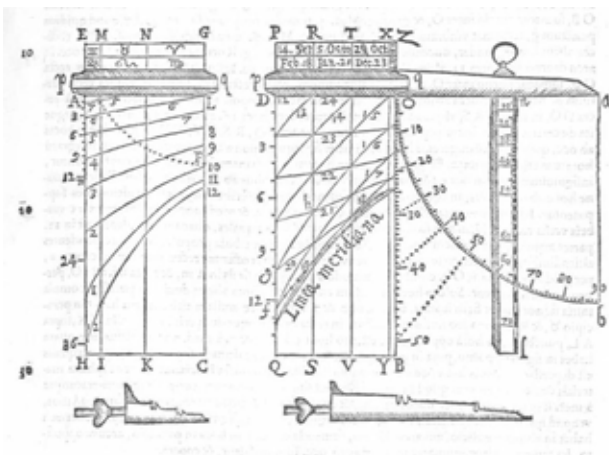
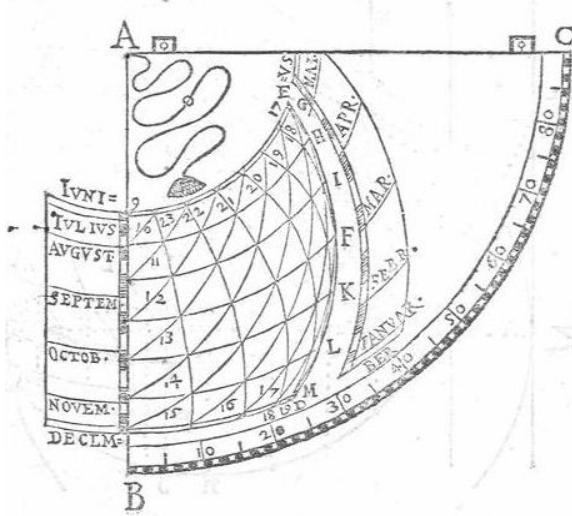
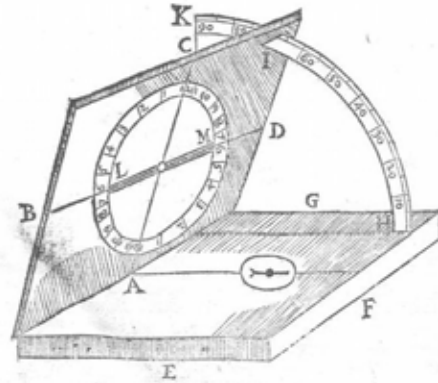


Figura 7.13 Reloj cilíndrico²⁹⁰Figura 7.14 Reloj en forma de cruz²⁹¹Figura 7.15 Reloj en cuadrante²⁹²Figura 7.16 Reloj equinoccial portátil²⁹³

7.2 Kircher, la catóptrica (catróptica) y la gnomónica

Ampliamente estudiado en su correspondencia e influencia con las elites novohispanas, Atanasio Kircher se encontrara vinculado a la gnomónica, principalmente en lo que respecta a sus estudios sobre relojes de sol catrópticos.

La obra de Athanasius Kircher permite identificar, algunas de las particularidades que se dan, entre los componentes teóricos, metodológicos y de instrumentación que se desarrollan en el estudio y los diseños de los relojes de sol.

Este autor, diferencia entre la *Scioterica horologia* y la *Catoptrica horologia*, y si bien sus componentes astronómicos son semejantes y reconociendo que ambas posibilitan el estudio de los círculos celeste y los movimientos de los astros, es en su obra específica sobre *Catoptrica* (Catróptica) en donde encontramos los

290 *Idem* p.645

291 *Idem* p.636

292 *Idem* p. 647

293 *Idem* p. 634

componentes de física óptica, su estudio y su aplicación en la construcción de los relojes de sol, así como la descripción y uso del instrumental para su realización.

Catóptrico

(Del gr. espejo).

1. adj. Perteneciente o relativo a la catóptrica.
2. adj. Dicho de un aparato: Que muestra los objetos por medio de la luz refleja.
3. f. Parte de la óptica que trata de las propiedades de la luz refleja.

La obra de Athanasius Kircher, específica, sobre relojes de sol es: *Primitiae gnomonicae captoptricae, hoc est, Horologiographiae novae specvlaris...*²⁹⁴, en donde el método del *speculor* es reconocido explícitamente como derivado de la observación, análisis y elaboración de juicios provenientes de la observación (valga la redundancia) sistemática y sistematizada de los rayos de luz provenientes del sol.

Sin desconocer el resto de la obra del jesuita Kircher, ni soslayando la correspondencia establecida por él con grupos novohispanos ilustrados, nos concentraremos en este texto por su específica vinculación con nuestro tema de estudio.

7.2.1 A propósito de las palabras o los métodos de la *catóptrica horologica*

Entre 1803 y 1817, y de acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, se dio un uso y manejo, de las palabras y métodos inscritos en este

294 Kircher, *Primitiae gnomonicae captoptricae, hoc est, Horologiographiae novae specvlaris in qua breuiter noua, certa, exacta, & facilis de monstatvr horologiorvm per reflexilvminis radivm constrvndorvm methodvs, item qva ratione praedicto reflexi lvminisradio in qvalibet qvantvmvis irregvlari mvri svperficie, in interioribvs domorvm, aliisqve locis obscvris, & vmbrosis, cvm horologia omnis generis, tvn omnivm circvlorvm qvi in primo mobili considerari possvnt, proiectvrae, & cvrvvae sectorvm conorvm linae, processvs solis, & lvnae in planis indices, aliáqve plvrima scitv digna reprentari possint variè*, pp.5-8

texto, que resulta significativo para la comprensión de la evolución del concepto y la práctica en el tiempo.

Athanasius Kircher describe que el tema de la Catóptrica se encuentra inscrito en la “especulatio” El mismo título de la obra así lo reconoce. No se pretende un estudio lingüístico del término, sin embargo el acercamiento histórico a la evolución del significado, en los diccionarios nos permite vislumbrar el contexto de la práctica.

En el diccionario de RAE, 1732, encontramos:

Especulador.f.m. El que mira y contempla las cosas para conocerlas y alcanzarlas. Lat. Speculator.

Especular. Adj.de una term. Transparente y que se trasluce. Es voz antigua y de poco uso tomada del Latino Specularis.

Especular. v.a. Registrar, reconocer con la vista, y mirar atentamente alguna cosa para conocerla: como hacen los que están en las atalayas. Sale el Latino Speculari. F.Herr. fov. La Egl.2. de Garcil. Y así refiere Pomponio Mela, que esta suerte lo notan los que están especulando al Sol, en el alto del monte Ida. Esquil. Rim. Cart. I. Tomar la carta, especular el norte.

Especular. Vale tambien considerar despacio y con reflexión alguna cosa, meditandola y contemplandola para entenderla. Mal puede hacer entonces el oficio propio del hombre, que es especular y entender.

Especulativamente, adv. De modo Atenta y discursivamente, con estudio, aplicación y especulación.

Especulativo, V A, adj. Cosa perteneciente a la especulación, como Ciencia especulativa, hombre especulativo... Tenga siempre las riendas al

entendimiento, para que no sea mui especulativo ni demasiado parlero... De dos maneras se exercita la Fe: la primera es puramente especulativa, y para en el conocimiento y assenso de las verdádes, por solo el testimonio Divino²⁹⁵

El tenor de estos significados permanecerá hasta 1803, siendo en la edición de 1817 del Diccionario de la Real Academia, donde encontramos por primera vez la siguiente acepción, anexa a las anteriores:

Especulación, Com. La acción de comprar, vender, mudar, algún género comerciable para lograr la ganancia que se ha calculado. *Lucrosa negotiatio*²⁹⁶.

Esta diferenciación de significados, dada en el momento pleno de la instauración del sistema capitalista en Europa, toma mayor realce al analizar el título mismo de la obra del padre Kircher. Es interpretación personal que, este nuevo significado (económico) pudiese ser resultado del uso metafórico del término, inspirado este, en el resultado del conocimiento adquirido en el ejercicio de la practica misma de razonar en la observación de la naturaleza.

Ya referido en específico al texto de Kircher encontramos que la obra se inicia con la presentación de la misma, que a la letra dice:

295 Nombre: RAE A 1732 Año: 1732 Editor: Real Academia Española Detalle: GRUPO: 3.- Academia Real Academia Española. *Diccionario de la lengua castellana*, en que se explica el verdadero sentido de las voces, su naturaleza y calidad, con las phrases o modos de hablar, los proverbios o refranes, y otras cosas convenientes al uso de la lengua [...]. Compuesto por la Real Academia Española. Tomo tercero. Que contiene las letras D.E.F. Madrid. Imprenta de la Real Academia Española por la viuda de Francisco del Hierro.1732. Reproducido a partir del ejemplar de la Biblioteca de la Real Academia Española.

296 Nombre: RAE U 1817 Año: 1817 Editor: Real Academia Española Detalle: GRUPO: 3.- Academia, Real Academia Española, *Diccionario de la lengua castellana por la Real Academia Española*. Quinta edición. Madrid . pp387-388. La semejanza encontrada en los diferentes significados que el termino adquiere, se haya en el valor agregado, (plusvalía) en el sentido comercial y conocimiento, en el sentido epistemológico. Imprenta Real.1817. Reproducido a partir del ejemplar de la Biblioteca de la Real Academia Española.

*SOBRE LA ADMIRABLE OBRA ELABORADA POR EL REVERENDO*²⁹⁷

P. Atanasio, colocado en la excelsa torre del Colegio de Aviñón de los RR. PP. de la Compañía de Jesús. Del ilustre D. Claudio de Sylvestris I.V.D. Asesor de la misma Ciudad.

CONSTANCIA DE GRATITUD PÚBLICA

Aprende, quien negó poder encerrar los cielos con la tierra, se engaña, eso lo demuestra el sabio Atanasio.

En Aviñón hemos visto en la torre los cielos ocultos y los astros, y el año, las horas y los días.

Esta admirable obra nos la presentó el gratísimo huésped agregado mientras regresa a su patria Germana.

Todo trabajo sea reconocido a Atanasio, y a él toda gracia sea entregada con prodigios obsequios.

Continuando con la costumbre de la época sigue la presentación:

AL RELOJ ASTRONÓMICO

Catóptrico de Aviñón de la Compañía de Jesús.

Deseas conocer los diversos trabajos del sol y la luna, mira los esplendores que te manifiestan los espejos.

Cintia en qué signo se encuentre, en cuál el sol, cuán grande es la noche, y los días, los pronósticos, el tiempo, los meses, los grados de latitud, el camino del sol.

Cuántos crepúsculos se producirán, la puesta y la salida del sol, estas marañas rojas se muestran para ti con las paredes.

La línea verde te muestra las horas comunes, la línea amarilla enseña el ascenso del sol.

Y la hora se da con los encadenamientos purpúreos de los planetas.

297 Las traducciones al español, en este capítulo (a excepción de las definiciones preliminares fueron realizadas por el Maestro en Letras Clásicas y en Biblioteconomía Don Jorge Arellano Trejo, Ex Director de la Biblioteca Central del IMSS.

Y cuál sea en qué bóveda, y qué planeta gobierne.

Y los fenómenos físicos de los signos, y las manifestaciones para los miembros del cuerpo, cuáles tiene el microcosmo, cuáles tiene el megacosmos.

Y qué hora en cualquier parte por el orbe tiene las bóvedas celestes, los ciclos de los años, y los días que son tiempos sagrados.

Las conjunciones perennes de la luna con el sol, y de las fijas cuáles presente el sol y cuáles la vagabunda luna.

Todas estas cosas se muestran con el esplendor reflejo del sol, que los espejos fijos hacen vibrar en los muros doctos. La estructura de la obra se observa en el índice de la misma.

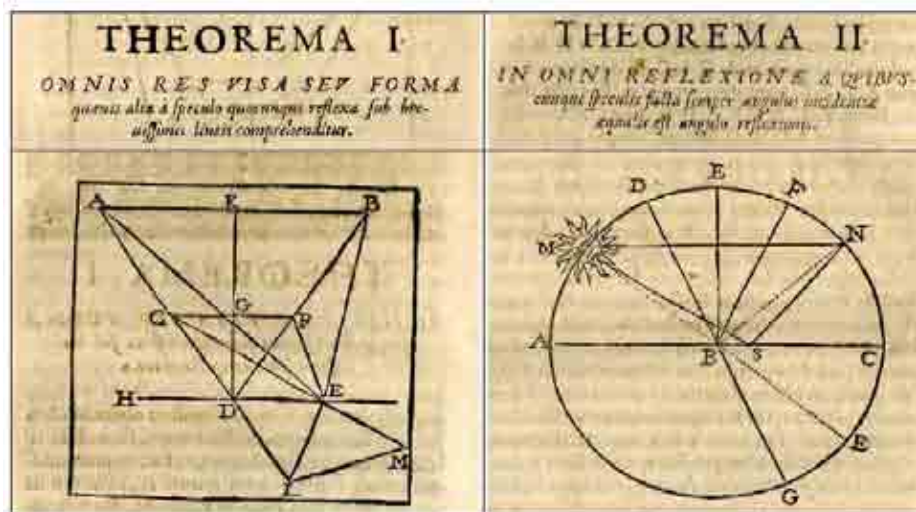
Las definiciones preliminares que encontramos en la *Catróptica* de Kircher, que son referidas al objeto de estudio y sus componentes conceptuales son:

1. Cuerpo luminoso
2. Luz. *Lux dicitur.*
3. Pulimento (superficie reflejante)
4. Radio luminoso. (Aquel que no participa de las propiedades de la línea recta. Línea imaginaria) radian?
5. Línea de incidencia
6. Línea de reflexión
7. Punto de incidencia. Dicese del punto en el que la línea de incidencia incide en la superficie (observada), es también punto de reflexión,
8. Perpendicular. Es la línea normal, por decirlo así, que desde el punto incidencial hace salir (muestra) los ángulos rectos. En superficies convexas y cóncavas la línea normal es *conuexam vel concauam* a la superficie tocada.
9. Superficie de reflexión. Dicese de las superficies conteniendo líneas de incidencia, de reflexión, perpendicular al punto de contingencia y produciendo en si misma una superficie observable.

10. Cateto de incidencia. Se forma con la línea que desde el punto del cuerpo luminoso llega al punto en el que la línea de incidencia toca la superficie reflejante y de donde parte el cateto de reflexión.
11. Angulo de incidencia
12. Triángulo de incidencia
13. Línea de superficie de reflexión.

Salvo la introducción, al igual que en la obra de Clavius referida a la gnomónica, no se encuentra, en este texto de Kircher, alusión alguna con sentido religioso.

Los elementos señalados con anterioridad constituyeron los puntos de partida para que Kircher desarrolle los Teoremas concernientes al tema y de los cuales se muestran las figuras resultantes en los teoremas uno y dos (figura 7.17).

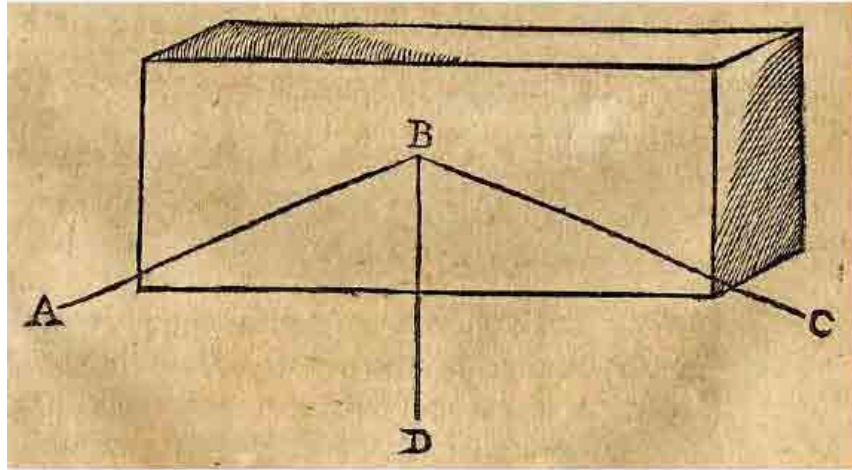


Kircher, *Primitiae gnomonicae captoptricae*, pp 9-15

Figura 7.17 Kircher, *op cit*,

De los XXI Teoremas propuestos por Athanasius Kircher, en su obra sobre *Primitiae gnomonicae captoptricae, hoc est, Horologigraphiae novae specvlaris*, destaca, para este trabajo, el Teorema número V que expone, la correlación

existente entre el estudio de la luz y el sonido, a partir de principios geométricos euclidianos, así como trigonométricos. (figura 7.18)



Teorema V. *Sonus sev vox sequitur, naturam radis luminosi in reflexione.*
Kircher, Primitiae gnomonicae captoptricae, p. 23

Figura 7.18

Con la presentación de este paralelepípedo resulta significativo encontrar un símil arquitectónico en la Casita de Loreto en el hoy Museo Nacional del Virreinato en Tepotzotlan, estado de México. La tradición narra que cuando los musulmanes invadieron Tierra Santa, para proteger la casa de la Virgen en Nazaret, unos ángeles la trasladaron a la ciudad italiana de Loreto en 1294. Paulatinamente se difundió la devoción a la Virgen de Loreto. A México esta devoción llegó en el siglo XVII a través del padre jesuita Juan Bautista Zappa, quien trajo de Italia las medidas y características de la casa. El inicio de la construcción se da a finales del siglo XVII y la actual Casa, junto con el Camerín, anexo de la Virgen, se abrió en la Navidad de 1733. Hoy es conocida como: la Casita de Loreto.

Al interior de la Casita son observables diversos fenómenos ópticos que varían a lo largo del ciclo solar. En el curso de esta investigación se han registrado

algunos de los fenómenos ópticos a lo largo del año 2800 y que se encuentran vinculados tanto a los periodos estacionales (equinoccios y solsticios) como a la emblemática religiosa y a la distribución de los espacios mismos. Las observaciones realizadas y fotografiadas en distintos momentos del año, permiten inferir que, en la conceptualización y diseño de los espacios del hoy Museo Nacional del Virreinato, se realizaron en un profundo apego, conocimiento y deseo de vivenciar el conocimiento de la gnomónica. Hoy en día estos recintos podrían ser considerados simples laboratorios gnomonistas.

Durante los primeros momentos del equinoccio de primavera, entre otros, el primer objeto iluminado al alba, al interior de la Casita de Loreto es el escudo de la orden que se encuentra al pie del altar. Esta iluminación proviene del reflejo producido mediante juego de espejos en el interior de la Casa.

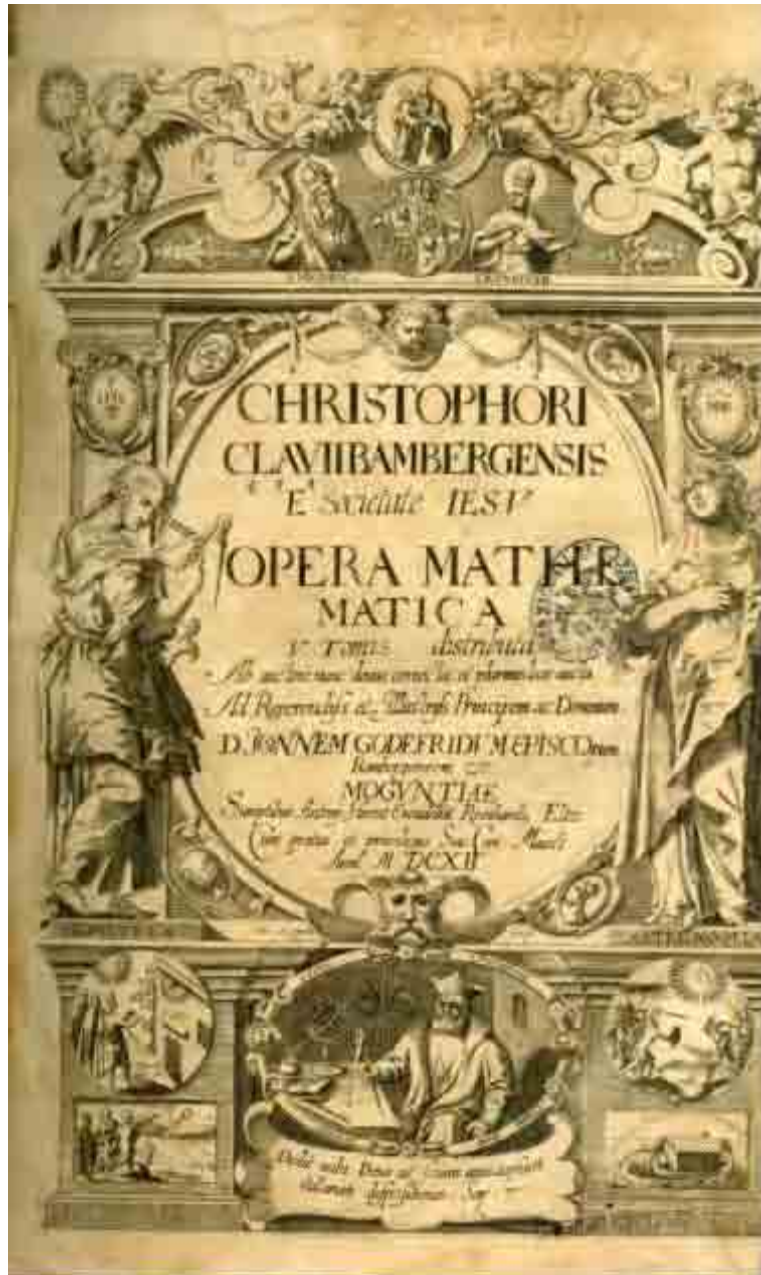
Las dimensiones de la Casita, la relación del movimiento de los reflejos en el ciclo solar anual, la emblemática religiosa, la tradición gnomónica (en este caso *horología catroptica*) y su vinculación con el número *fi*, estrechamente vinculado a los ciclos de observación celeste en el pasado, quedaran así inscritos al interior del culto mariano (figura 7.19)



Casita de Loreto. Museo Nacional del Virreinato,
Colegio de San Francisco Javier, Tepotzotlán, Estado de México.

Figura 7.19

La portada (frontispicio inferior derecho) de la *Opera Mathematica* de Christophori Claviibambergensis (Clavius) nos muestra esta emblemática al mismo tiempo que integra elementos propios a la gnomónica: reloj de sol, compás, escuadra y esfera de Sacrobosco (figura 7.20)



Kircher, *Primitiae gnomonicae captoptricae* Portada

Figura 7.20

En la obra de Kircher se encuentra con precisión la tipificación de la época para los relojes de sol de sombra y de espejos (reflejos). El texto a la letra dice:

[Al margen:] “Diferencia de los Relojos Sciotéricos y Catóptricos.

[Texto:] Difieren los Catóptricos de los sciotéricos [o de sombra], porque el reloj reflejo, o Catóptrico, no requiere necesariamente ni sitio determinado, ni elevación del polo, ni declinación del muro, o semejantes irregularidades, ni, lo máximo, la línea meridiana, como nosotros en algunas cosas manifiestamente lo hacemos; pero puesto en cualquier lugar, en cualquier declinación, inclinación, o elevación que el espejo fuera colocado (lo cual es muy digno de admiración) con un simple y único rayo reflejado, se puede construir el reloj, hacia cualesquiera superficies irregulares y discontinuas del solo instrumento que refleja y que suple con un auxiliar, con ausencia de todas aquellas cosas que se han dicho; así ciertamente, como el rayo reflejo del espejo desde un plano horizontal al vertical, de aquí al equinoccial, y de aquí al meridiano Oriental u Occidental, o al inclinado declinando y avanzando, produce tantos y diversos relojes cuantos planos se presentan, todo lo que atraviesa.

“De lo cual queda claro que no hay razón de ninguna declinación en los relojes Catóptricos o de otra anomalía sino de la sola repercusión de los rayos reflejados en diversos planos, y del lugar, disposición y conveniencia en que deseas así construirlos. Como en seguida se muestra ampliamente.

“Pero si no obstante deseas construir un reloj según las normas de los relojes comunes, hay que observar el sitio del espejo. Pues si pones un espejo equidistante al círculo vertical, y algún plano horizontal apto para las horas que hay que delinear encontrarás: el rayo reflejo del espejo mostrará lo mismo en orden inverso en el plano directo del horizonte, lo que el directo mostrará por un ápice de estilo en el mismo plano.

“Del mismo modo puesto el espejo paralelo al horizonte, el rayo reflejo lo mostrará vertical en el muro opuesto. Finalmente, colocado el espejo paralelo a la superficie del eje del mundo, en cualquiera de los lugares que él esté, te mostrará el reloj con el rayo reflejo hacia la cualidad del plano que toca, así si

pasa al meridiano Oriental, Oriental, si vertical, vertical, y así de los demás”²⁹⁸.

Adjunta a la construcción de la casita, se encuentra una placa que a la letra dice: “Esta es la forma y medida de la casa de la Virgen en la que el hijo de Dios se hizo hombre. Diciembre 26 de 1733”²⁹⁹. El referente emblemático de este diseño, se encuentra, es nuestra interpretación, ligado a las dimensiones requeridas para obtener, en la tercera dimensión, la proporción áurea: realizando con ella, el estudio de la gnomónica en un espacio cuyas dimensiones (medurables) permiten vivenciar la ortogonalidad del fenómeno observado (trayecto aparente del sol durante el ciclo anual).

Se ha de señalar, para efectos de la reconstrucción de la práctica, que el ejemplar de la obra del jesuita Athanasius Kircher, del que se dispone en la Biblioteca Nacional de México, presenta el reconocimiento de donación al Colegio de Tepotzotlan en el año de 1728 y es uno, de los innumerables textos dispersos, de la otrora biblioteca jesuita del Colegio de San Francisco Javier.

El método especulativo, y esta es nuestra conclusión, en su acepción de alrededor del 1700 corresponde a una práctica teórica-reflexiva, en la cual el

298 Kircher, *op cit.* p 90-91

299 En la Biblioteca Nacional se encuentra la siguiente ficha técnica referida al tema en cuestión: No. sis. 000020335 , Colección Monografías (BN-FR), Clasificación RSM 1689 M4FLO , Autor principal Florencia, Francisco de, padre, 1619-1695, *La casa peregrina, solar ilvstre, en qve nacio la Reyna de los Angeles, albergue soberano, en que se hospedo el Rey Eterno hecho hombre en tiempo: cielo abreviado, en que el sol de justicia puso su thalamo, para desposarse con la humana naturaleza : la casa de Nazareth oy de Loreto, trasladada por ministerio de angeles, primero a Dalmacia, despves a Italia* / copiada y sacada a luz de los escritores antgvos de ella por el Padre Francisco de Florencia de la Compañía de Jesvs de la Provincia de Nueva España.. Lugar En México : Editorial en la Imprenta de Antuerpia de los Herederos de la Viuda de Bernardo Calderón, Año 1689. Descripción [8], 123, [5] h. ; 21 cm. Nota Ex-libris ms.: "de la libreria de la Cassa Professa dela Compa. de Jhs. de Mexco. año 1689" Letras capitulares, Signaturas: 2, 2, A2-I2, K2-T2, V2, Aa2-Dd2, , Ee2-li2 , Port. Orlada, Apostillas impr., Enc. en perg., Deteriorado (Manchas) Tema - Autor corp. Loreto.

espacio arquitectónico, su diseño y conceptualización, permiten identificar aquellos fenómenos inherentes al estudio de la gnomónica, y por ende a la construcción de los relojes de sol, que por su naturaleza, su abstracción y/o su complejidad, requirieron de mayores niveles de estudio, principalmente en lo referido a contenidos matemáticos en los siglos XVII XVIII.³⁰⁰ En este tenor habrá que reconocer que estos trabajos implican para su comprensión incluso de una trigonometría esférica y algunos elementos de cálculo que en su época iniciaban su difusión.

7.2.2 De los medios e instrumentos de la *catóptrica horologia*.

Es en la misma obra de la *Primitiae gnomonicae captoptricae*, de Kircher que encontramos los referentes a los medios conceptuales e instrumentos requeridos por la práctica. De entre ellos hemos seleccionado algunos de los que se encuentran explicitados a partir del problema No. XX.

El Teorema XXI, de dicha obra, corresponde al estudio que la huella del radio solar, (rayo solar) promoverá en su trayectoria utilizando, como registro, un cono para ello³⁰¹. Las características de esta huella mostraran entre otros, correspondencia que se da en la observación anual, a lo largo de los ciclos, y que esta determinada, en su cierre por la naturaleza circular del movimiento aparente del sol y en su forma (mandorla) por la inclinación del eje terrestre.

300 Igual que como se ha mencionado, para la fundamentación de este apartado reconocemos la obra del psicólogo-educador Jean Piaget, que nos permite adentrarnos a la construcción del conocimiento geométrico en el ser humano, *Seis estudios de Psicología*, Colección Ariel 3, Editorial Planeta, México, 1996, 228 p. al igual que *La toma de Conciencia*, Ed. Morata, 3ª.ed. Madrid, 1976, 284p. o el de John Dewey, *Como pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*, Cognición y Desarrollo Humano No. 18, Ediciones Paidós, Barcelona, 1989, 249 p.

301 Vid instrumentos matemáticos.

Se ha considerado conveniente mantener las traducciones sin comentario alguno a fin de no incurrir en interpretaciones extemporáneas.

T E O R E M A XXI
C O N S E C U E N C I A III

“Finalmente verás el círculo vertical de latitud menor de 45 grados y que no equidista de los paralelos de los cuales uno es el máximo de los visibles, el otro el máximo de los ocultos, y ni los toca ni los corta, en el corte común del plano del reloj vertical (cuya latitud es menor de 45 grados) y del cono que tiene por base un paralelo máximo de los ocultos, que describirá una elipse.

“Por la misma razón el corte común del reloj y del cono, cuya base tiene mayor declinación austral, que sea el complemento de la altura del polo ártico sobre el horizonte, equidistante al plano del reloj, será una elipse.

“Tales serán los cortes de los conos que tienen paralelos de Capricornio y de Sagitario. Igualmente los de Acuario y de Piscis en las elevaciones del polo mayores de 66 grados 30 minutos. Pero de éstos he aquí las siguientes tres leyes.

L E Y I

“El corte común del reloj y del cono, cuya base que es un paralelo del sol, tanto declina del ecuador cuanto es complemento de la altura del polo sobre el plano dado. Así como en 66 grados 30 minutos hace el corte cónico que se llama Parábola, según lo muestra la figura adjunta ABC

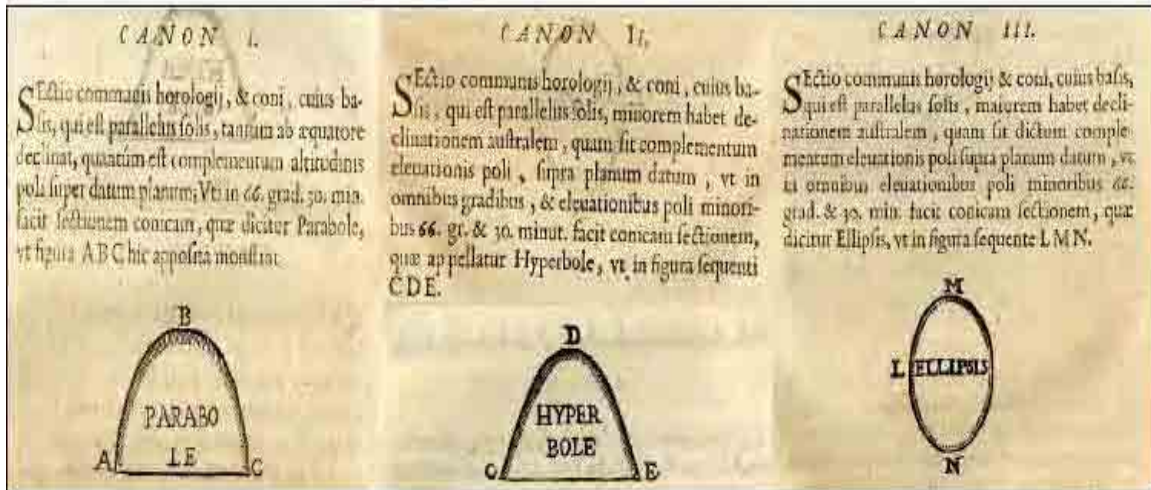
L E Y II

“El corte común del reloj y del cono cuya base que es un paralelo del sol, tiene menor declinación austral, que sea el complemento de la elevación del polo sobre el plano dado, como en todos los grados y elevaciones del polo menores a 66 grados 30 minutos, hace un corte cónico que se llama Hipérbola, según la figura siguiente CDE

L E Y III

“El corte común del reloj y del cono, cuya base que es un paralelo del sol, tiene mayor declinación austral que sea dicho complemento de la elevación

del polo sobre el plano dado , como en todas las elevaciones del polo menores a 66 grados y 30 minutos, hace un corte cónico que se llama Elipse, según la figura siguiente LMN³⁰² (figura 7.21)



Cónicas y catróptica³⁰³

Figura 7.21

En la misma obra Kircher establece algunas consideraciones sobre la diferenciación entre la *horologia catroptica* y la *horologia* escioterica que ilustran el contexto en el que la práctica se desarrollaba.

DEL LIBRO I A P E N D I C E

“De la conveniencia de las consecuencias omitidas de la sombra y de la luz refleja.

C O N S E C U E N C I A I

“Quedaré suficientemente claro por aquellas cosas que desde ahora diremos de la comparación de las sombras con el rayo reflejo, que el rayo reflejo afecta las propiedades de la luz en todas las cosas que proyecten sombras. Por consiguiente, como entre los filósofos oscuros no piensan correctamente

302 Kircher *op cit.* p 76 a 78

303 Este teorema será especialmente significativo al identificar en Rene Descartes su conocimiento de la práctica. En su *Geometria* integra anexo de su *Dioptrica*, reconociendo la pertenencia en ella del estudio de las cónicas.

los que estiman que la sombra es alguna cosa, por lo cual interpretan que las sombras proyectadas por algunos árboles son pesadas y dañinas.

*Hasta tanto con frecuencia den dolores de cabeza,
Si alguien estuvo tendido en las hierbas bajo ellas.*

“De este modo entre los más doctos se equivocan no poco los que afirman que la sombra es absolutamente la privación de la luz; pues alguien ve ésta como la definición propia de las tinieblas, entre las cuales y la luz la sombra obtiene media naturaleza...”³⁰⁴

Ubicados a ambos lados del altar, se encuentra un juego de portalibros que al interior muestran: uno de ellos, fragmentos del salmo XXV³⁰⁵ y, el segundo, fragmentos del Capítulo I del Evangelio de San Juan³⁰⁶ (figura 7.22).



Portalibros y Sagrario, Casita de Loreto, Antiguo Colegio de San Francisco Javier, Museo Nacional del Virreinato, Tepotzotlán, Estado de México.

Figura 7.22

La selección de los textos, así como la emblemática del ojo de Dios que los corona, hacen así una franca alusión a los principios creenciales en lo que se

304 Kircher *op cit.* p. 79

305 “A ti señor, elevo mi alma, ... Haz, Señor, que conozca tus caminos, muéstrame tus senderos...” Texto tomado de *La Biblia, letra grande, latinoamericana*, edición XXIII, texto integro traducido del hebreo y del griego, Editorial Verbo Divino, 1995, 1328-620p. p.1213

306 “En el principio era la Palabra, y la Palabra estaba ante Dios, y la Palabra era Dios... Ella era la luz verdadera, la luz que ilumina a todo hombre y llegaba al mundo...” *Idem* Juan I., 1 y 9. pp. 230-231.

hallaban insertos, así como la práctica ritual y cognitiva en la que se encontraban inscritos. Esta emblemática y sus posibles interpretaciones, en tanto conocimiento puede ser recuperada, en nuestra opinión, a partir de la práctica misma de construcción de los relojes de sol en su contexto histórico

No obstante que el tema referido a los instrumentos relativos de la gnomónica, será tratado en páginas posteriores, hemos creído que la sola figura que aparece inscrita en el Teorema XX, nos permite integrar diversos elementos, que por su misma naturaleza, se encuentran hoy en día como pertenecientes a diferentes áreas del conocimiento. Una sola imagen nos permite reconstruir la inserción de la construcción rectangular, en nuestro caso de La Casita de Loreto, con la observación astronómica. El mismo autor nos dotara, a través de su obra, de los elementos instrumentales para ello (figura 7.23)

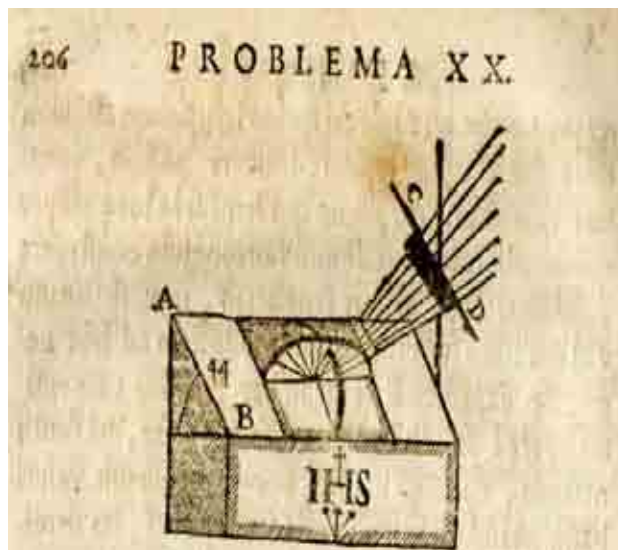


Figura 7.23

Entre los elementos teóricos, trabajados por Kircher, resaltan aquellos que derivan de la observación misma³⁰⁷ y que son requeridos para la reconstrucción de la evolución del pensamiento matemático y físico.

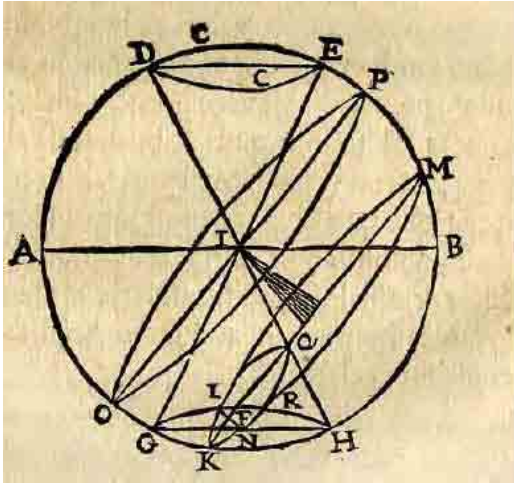


Figura 7.24 ³⁰⁸

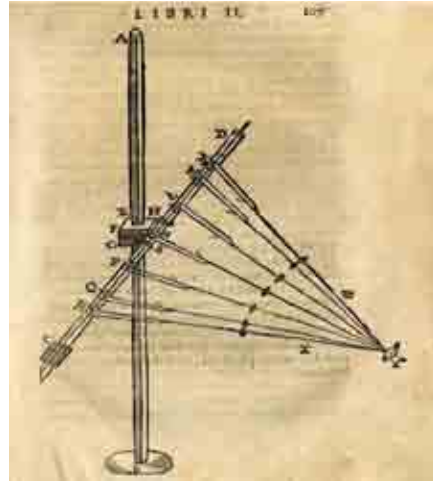


Figura 7.25 ³⁰⁹

307 "... Y ya, a fin de no tenerlos más en suspenso, les diré que todas las figuras de que aqui tendré que hablarles, no estarán compuestas más que de elipses o hipérbolas, y de círculos o de líneas rectas. La elipse, o el óvalo, es una línea curva que los Matemáticos suelen explicarnos cortando de través un cono o un cilindro y que he visto también alguna vez empleada por los jardineros en secciones de sus canteros, ...", Discurso Octavo de la Dióptrica, que trata De las figuras que deben tener los cuerpos transparentes para desviar los rayos por refracción en todas las maneras que sirven a la vista, en Anexo tomado de Descartes, *La Geometría*, traducida por Pedro Rosell Soler, op cit p. 207

308 Kircher, *Catóptrica*, op cit p.105

309 *Idem*, p.107

CAPITULO 8

INSTRUMENTOS DE LA GNOMÓNICA

El desarrollo de la práctica de la gnomónica en lo referente a su instrumentación y su evolución, no se presenta de manera lineal. Lo anterior, obliga a ligarla con diversos métodos: lo mismo, en torno a un astrolabio que a un *horologio*, una pantómetra, un recinto religioso, una unidad de medición, o incluso los inherentes a disciplinas específicas. La comprensión de los eventos acaecidos, durante los tres siglos de seguimiento que hemos realizado, a propósito de la gnomónica y los relojes de sol, nos permite reconocer el marco geopolítico en el que ésta se ve inmersa y que necesariamente la impactaron.

Los cambios no sólo implican la modificación de una visión cosmológica que va del universo ptolomeico al copernicano, también representaron evoluciones paradigmáticas en los modos de concebir y hacer la ciencia pasando, entre otros, de entidades religiosas a seculares. La rectoría internacional también se modificó a lo largo de este tiempo, pasando de los países ibéricos al predominio de una Europa continental e Inglaterra. Lo anterior acaeció en medio de guerras de religión y de reconstrucción nacional, que afectaron al desarrollo y difusión de los conocimientos. Todo esto se vio reflejado en la práctica de la gnomónica colonial.

El tema de los instrumentos de la gnomónica, recorre un tiempo que va: desde el descubrimiento de América hasta los tiempos de la Revolución Francesa. Los cambios socio-políticos ocurridos en los tres siglos coloniales, no son analizados en este capítulo, solo se mantendrán como telón de fondo, del modo de

observar, cuantificar y sobre todo analizar, el trayecto aparente del sol sobre la bóveda celeste y su luz en el intelecto.

La búsqueda realizada para comprender la construcción de un reloj de sol en el ámbito novohispano implicó, tanto la identificación del herramental, como de los métodos de producción. La escasa y casi nula existencia, en nuestros días, del instrumental colonial referido a la gnomónica, y quizá para otros campos de la ciencia, nos ha llevado a reconocer dos elementos para la identificación de éstos, a saber: los textos y la práctica, como se verá a continuación.

La organización de esta temática nos obliga a un seguimiento conceptual no necesariamente cronológico.

En cuanto a la gnomónica y su herramental, se ha diferenciado, en este texto se hace la diferencia entre aquellos instrumentos que incluyen al reloj de sol mismo y los que se encuentran ligados a una práctica de observación, medición e interpretación de la información referida al sol y a su movimiento aparente en la bóveda celeste.

No se pretende hacer una revisión exhaustiva, ni abordar las prácticas mismas, sino de abordar algunos elementos conceptuales para una cabal comprensión de la gnomónica colonial, así como identificar algunos instrumentos poco conocidos en el espacio actual nacional, a excepción de círculos especializados de conocimiento.

8.1. Las ciencias y la gnomónica

El análisis de los trabajos de Clavius y Kircher, que impregnaron el espacio educativo de Tepetzotlán nos muestra que la gnomónica fue simultáneamente: marco teórico, conceptual y práctico. Como se dijo, en tanto saber, la gnomónica

no se dio, en los primeros dos siglos de la colonia solamente adscrita al pensamiento o creencias religiosas, sino que estaba ligada a la esfera de actividades y saberes como la navegación, la astronomía, las matemáticas, la experimentación física o incluso la arquitectura o carpintería³¹⁰. Lo anterior se mantuvo, casi sin variación, hasta el final de la época colonial, modificándose curricularmente a partir de la expulsión de los jesuitas y la formación de la Academia de San Carlos y el Seminario de Minería.

Si bien la reforma calendárica del Papa Gregorio XIII, permite comprender los esfuerzos de la Compañía de Jesús, encabezados por Clavius, para la formalización de la gnomónica, en tanto ciencia, así como el uso y difusión de los relojes de sol, es necesario explicar su impacto en el quehacer científico novohispano.

Tradicionalmente la construcción de los relojes de sol, en el espacio religioso, suele ser asociada a la liturgia de las horas. Por lo anterior en este trabajo hemos incluido la siguiente reflexión.

Se ha distinguido, a lo largo del tiempo, entre el formato de las llamadas grandes y pequeñas horas. Las grandes horas hacen referencia a la organización

310 BN, Chales, Claude François Milliet de, 1621-1678, *Cursus, seu, Mundus mathematicus* / Claudii Francisci Milliet de Chales, Edición, Ed. altera ex manuscriptis authoris aucta & emendata / operâ & studio R.P. Amati Varcin Lugar, Lugduni : Editorial Apud Anissonios, Joan. Posuel, Claud. Rigaud., Año 1690. Descripción : 4 v. : tablas, diagrs. ; 36 cm. Nota: Texto a dos columnas, Incluye índice, Marca de Fuego: Colegio S. Ild. (94-43030), Contenido: Contenido: v. 1. Tractatus procem de progressu matheseos, & de illustribus mathematicis. I. Euclidis elementorum libri XIV. II. Theodosii sphaerica. III. De sectionibus conicis. IV. Arithmetica. V. Trigonometria. VI. Algebra Hypotheseon Cartesianarum refutatio. -- v. 2. VII. Geometria practica. VIII. Mechanices. IX. Statica. X. Geographia. XI. De magnete. XII. Architectonica civilis. XIII. Ars tignaria. XIV. De lapidum lectione. -- v. 3. XV. Architectura militaris. XVI. Hydrostatica. XVII. De fontibus & fluviis. XVIII De machinis hydraulis. XIX. De navegatione. XX. Optica. XXI. Perspectiva. XXII. Catoptrica. XXIII. Dioptrica. -- v. 4. XXIV. Musica. XXV. Pyrotechnia. XXVI. Astrolabium. XXVII. Gnomonica. XXVIII. Astronomia. XXIX. Astrologia. XXX. Appendix ad astronomiam, seu tract. de meteoris. XXXI. Kalendarium, Tema - Autor per. Ferrero, Charles Hyacinthe 1648-1730 Euclides Hypsicles Theodosius. de trípolis.

en el transcurso de un año solar (trópico) de las festividades religiosas, mientras que el formato de las pequeñas horas ubica a las oraciones en el transcurso de una jornada³¹¹.

Imposible parece, el pretender ligar este esfuerzo, eminentemente religioso, con el desarrollo de la cronometría o una astronomía de observación, sin embargo ahí esta. La nueva liturgia de horas menores o canónicas en el interior de la iglesia católica (1970), reconoce hoy en día, dos polos en ellas: laudes y vísperas. Entre los extremos se sitúan, tercia, sexta y nona³¹².

311 Establecer una unidad temática referida a las horas litúrgicas, implicaría a nuestro entender, una simplificación reduccionista, que empobrecería el caudal de testimonios que dentro de la historia de la misma comunidad religiosa, denominada Iglesia Católica existen. Los orígenes mismos de la institución se pierden en el tiempo y se mantienen ajustándose constantemente, a la luz de nuevos estudios. Relaciones socio-políticas, cismas, concilios, congregaciones, reglas e incluso, y sobre todo, un conjunto de creencias se encuentran ahí inmersos. Incluso en este punto, creencias, algunos dogmas, como el filioque, o símbolos, como el octágono, han de ser identificados en una dimensión tal, que lo mismo abarca de la caída del Imperio Romano, el Imperio Carolingio, las Cruzadas, el Concilio de Trento, e incluso el Concilio Vaticano II. Para nuestro tema, ahondar en la confluencia que se dio (y se da) entre el precepto y la creencia religiosa, solo distraería el desarrollo de nuestro objetivo, tal como lo muestra la polémica que se dio entre 831-833 a raíz de la obra de Pascasio Radberto de Corbie *De corpori et sanguine Domini*, en la que –El abad de Corbie seguía a Ambrosio, pero la teología carolingia estaba bajo el signo de Agustín, y si bien Agustín había entendido la eucaristía como copia óptica de la *res ipsa*, también había recalcado su simplismo como sacramentum corporis...p 276) Citas como la anterior, incluso podría hacernos incursionar en los movimientos iconoclastas y su función dentro de la comunidad y los temas que de ello se deriven. Esta misma polémica será retomada en el siglo XI, y no finiquitara, ni en al seno de Concilios como los de Roma o París, en el siglo XI en el que –la doctrina agustiniana dinámica-simbólica” continuaba siendo defendida. Vid Hubert Jedin, *Manual de Historia de la Iglesia*, T III, Barcelona, Editorial Herder, 1987, 758 p,

El binomio ciencia-religión, en el que incluso se inserta una discusión como la anterior, no ha terminado y se mantiene hasta nuestros días, dentro en una sociedad laicista que preconiza un ateísmo no fundamental. Vid. *Science and the Spiritual Owest, New Essays by leading scienttists*, editado por W. Mark Richardson, Robert Johnn Russe, Philip Clayton and Kira Welter-McNelly, Routledge, London and New York, 2002, 264 p.

312 –El sacerdote debe levantare todos los días a maitines, y, diariamente, a horas dadas, cantar las horas canónicas – en Reginón de Prüm, se citan prima, tercia, sexta y nona – a cada una de las cuales debe darse un toque de campana. Debe haber un clérigo que cante con él los salmos, lea en la misa la epístola y le responda. A tercia celebrará diariamente la misa, pero tiene que permanecer luego en ayunas hasta mediodía, a fin de poder hacer en los casos dados lo mismo para los peregrinos que lleguen. Los domingos y días de fiesta los fieles tienen que asistir a maitines, a misa y vísperas. En algunos pueblos ha establecido hombres de confianza (decani) para recordar este deber y el del descanso del domingo que debe guardarse a verpera ad vesparum Después de la misa distribuye, de la oblación del pueblo, el pan bendito (eulogias). Como libros que debe poseer el sacerdote se citan: el misal (sacramentario), leccionario, antifonario (para los cantos de la misa homiliario, una exposición ortodoxa del símbolo y padrenuestro, un martirologio (para anunciar a los

Antes de esta reforma las horas canónicas correspondían, y desde la época de San Benito, a los momentos de la jornada en la que las oraciones eran realizadas. Maitines o vigiliias nocturnas a las 24 horas, Prima, a las seis horas de la mañana (reemplazadas por Laúdes), Tercia a las nueve horas, Sexta al medio día, Nona a las tres horas de la tarde, Vísperas a las seis de la tarde y Completas a las nueve de la noche³¹³.

En general, la construcción de los relojes de sol en los espacios religiosos, parece haber quedado inscrita, principalmente, en la comprensión y organización del tiempo litúrgico en aquello que es reconocido como grandes horas, esto es, en el transcurso de un año solar (trópico). El reloj de sol permitía establecer primeramente, sólo y solamente, la fecha de la pascua dentro del ritual romano y, a partir de ella, las subsecuentes. Sólo integrando a esta finalidad la consideración, y comprensión, del martirologio católico, la presencia de la gnomónica al interior del espacio del templo parece ser reconocida, descartándose, muchas veces, el estudio conocimiento científico ahí presente.

En este punto, la reforma gregoriana estableció al igual que el Concilio de Nicea (325 dc), una estrecha vinculación del cómputo católico, con el cómputo hebreo del tiempo, ya que habría de diferenciarse entre la pascua judía y la pascua

fieles las fiestas ocurrentes de los santos), de ser posible también las 40 homilías de San Gregorio Magno. Los salmos debe sabérselos de memoria, lo mismo que las oraciones fijas de la misa, el *Symbolum Quicumque* (NP Símbolo trinitario que desde el siglo VIII se divulgo, esta acorde a la doctrina de San Agustín. Este dogma sería revisado en los posteriores concilios lateranos) y el formulario de la bendición del agua...” Jedin, *op cit*, p. 484-485. Citado a pie de página: Esta descripción, aún respecto a la eucaristía, se halla en todo caso en las *Capitula* de Ghaerbaldo de Leiden (MGCap I 244) y en los *Statuta Bonifatii* II 4 (Mansi XII 383s) y corresponde al siglo IX. Sin especificarse más en el texto. En el transcurso de esta investigación hemos encontrado que, en comunidades como la de los hermanos franciscanos de Guadalupe, Zacatecas, el toque de campana de los diversos oficios, hoy en día, se hace referenciado a la sombra que el borde de la ventana proyecta sobre unas marcas en la base de la misma).

313 Biemont, *op cit*, p. 57.

cristiana³¹⁴. Como ya se mencionó, esta precaución se basó en el hecho que ambas dataciones se apoyan en calendarios luno-solares³¹⁵.

La fijación de la pascua en el mundo cristiano sigue, hasta la actualidad, la regla establecida en el concilio de Nicea bajo el emperador Constantino:

—Quela celebración de la fiesta de pascua se haga el primer domingo después del día 14 de la luna (luna llena) del primer mes. Si este día catorce coincide con domingo, se esperara al domingo siguiente, es decir siete días después. Declarando que este primer mes era aquel cuya luna catorce corresponde al equinoccio de primavera, o inmediatamente después³¹⁶

A diferencia del antiguo calendario juliano, el calendario gregoriano requirió, para su comprensión, de la consideración de un mayor número de variables (sobre todo en cuanto a la no coincidencia con la pascua hebrea, o a la integración del martirologio). Entre estas variables destacan: el conocimiento de la epacta, del número de oro, de ciclos astronómicos mayores como el ciclo de Metón³¹⁷ o el de año embolístico³¹⁸ propio también de los calendarios hebreo y musulmán entre otros.

Sin profundizar en la problemática que la datación de la pascua católica presupone, es de reconocer que ésta, entre otros temas, obligó a un estudio mayor y más sistematizado, del tiempo y sus referentes astronómicos, a fin de una

314 *Idem*, p. 251

315 *Vid*, Cap III, infra nota 111, p. 89

316 *Idem*, p. 253

317 235 lunaciones, o 6399 días, 16 horas

318 En el calendario hebreo, como el año solar excede a las doce lunaciones en alrededor de 11 días (epacta) es necesario añadir un mes cada tres años aproximadamente. De hecho en el ciclo de 19, años lunares (semejante al ciclo de Metón) un mes adicional es adicionado en los años 3, 6, 8, 11, 14, 17 y 19 y de igual manera en el calendario musulmán. Estos años embolísticos son en número de siete por ciclo de 19 años, mientras que los años comunes (12 meses lunares) son en número de 8. Biemont *op cit*, p. 193

adecuada datación. Lo anterior se hizo patente a partir de la incorporación de los estudios matemáticos dentro de la formación de los integrantes de la Compañía de Jesús, aunque como hemos señalado, esta práctica ya formaba parte del interés y el ritual de diversas órdenes religiosas³¹⁹.

Conjuntamente a los temas astronómicos de la práctica calendárica, el conocimiento matemático también se encontró íntimamente ligado a la instrumentación y práctica de la gnomónica. Este punto poco se menciona y se sigue tradicionalmente el deslinde de las áreas de conocimiento de aquello que ya, en el siglo XVIII, se reconocía como —~~mat~~matemáticas aplicadas o mixtas”.

El siglo XVII novohispano corresponde, en el área de las ciencias, al momento en el que se perfilaron los paradigmas correspondientes al periodo denominado —~~mod~~moderno”. El imperio español y sus colonias no estuvieron exentos de este cambio, si bien pervivieron estructuras propias de un saber que, poco a poco, se diferenciaría disciplinariamente.

Poco se dice del papel desarrollado por ejemplo en la óptica, que como hemos visto fue fundamental para la comprensión de los relojes de sol catrópticos, o de la teoría del número, o la geodesia, con la práctica de la gnomónica eccliotérica (de sombras) y menos aún todo ello asociado al desarrollo de la ciencia.

En el siglo XVIII, a pesar de que ya se daba la diferenciación disciplinar, y por ende el inicio del distanciamiento de los contenidos temáticos de la práctica, aún se identificaba a la gnomónica como parte de un saber integrado:

319 Son diversos los algoritmos que hasta la fecha son propuestos para dicha datación, ya que no se dispone de uno que cubra tanto los requerimientos religiosos como los de ciencia. Este problema se origina en la necesidad de hacer coincidir tanto los ciclos astronómicos como los litúrgicos.

—Para conocer cuan útil sea la Physica a las Artes, baste reflexionar que las más de éstas son parte de la Physica, o aplicaciones particulares de la misma. La arquitectura, la perspectiva, la estatuaria, la gnomónica, la metalurgia, son la misma Physica combinada con las Matemáticas” Francesc Subiras (1764)³²⁰

Los libros del Seminario de Minería o las palabras de alumnos del mismo nos darán cuenta de ello. Los textos de Tosca y Bails ahí se aposentaron y la gnomónica poco a poco fue casi silenciada de la currícula educativa.

Diferenciar temáticamente los elementos conceptuales de la gnomónica, implicaría escudriñar el entorno que propició la aparición disciplinar y la fragmentación del conocimiento. No es este el espacio apropiado para hacerlo y sólo señalaremos algunos de ellos necesarios para una adecuada comprensión de la casi desaparición de la práctica y las técnicas de la gnomónica.

Si bien se reconoce que la formulación matemática del cálculo fue dada hasta el siglo XIX en trabajos como los del astrónomo-matemático, Agustín Luis Cauchy³²¹, no por ello se deja de mencionar la disputa de tutoría, sobre el mismo, acaecida en el siglo XVII entre Newton y Leibnitz. Poco se señalan los elementos conceptuales o de práctica que en ellos incidieron. Contadas son menciones de la influencia que un aprendizaje al interior del colegio de La Fleche, así como de los autores ahí conocidos por Descartes, pudo incidir en la formulación de una geometría analítica. No se subraya el origen del esfuerzo newtoniano por la

320 Fragmento del discurso leído por Francesc Subiras en Barcelona en la primera sesión de la conferencia Fisicomatemática Experimental celebrada el 18 de enero de 1764, Tomado de Carlos Puig Pla, Física, *Técnica e Ilustración en Cataluña, La cultura de la utilidad: asimilar, divulgar, aprovechar*, Tesis doctoral, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona, Historia de las Ciencias, Centro de Estudios de Historia de las Ciencias, (CEHIC), 2v, 2006 p. 13

321 Bell, *op cit*, p. 501

formulación algebraica del binomio a partir de la instrumentación de la época. Poco se menciona un trabajo matemático por parte de ilustrados como Voltaire y D'Alambert. Menos se menciona el trabajo de grupos minoritarios en la construcción del saber de la ciencia, etc.³²²

Incluso la moderna Teoría de números encuentra sus antecedentes en teóricos como Fermat o Mersenne, ambos situados en el espacio temporal por nosotros estudiado, para el desarrollo de la gnomónica. En el caso de este último, sus trabajos estuvieron claramente ligados a la producción y comprensión de números primos cuya construcción visual estuvo dada por la observación del gnomon sobre un referente cuadrículado, llegando así a conceptos como números triangulares, cuadrangulares o poligonales, entre otros.³²³

A la luz de nuevas investigaciones y de su difusión, se va encontrado un hilo conductor entre el pensamiento griego y el espacio del mundo árabe referido a la ocupación de la península española durante casi ocho siglos y que necesariamente incidieron en el conocimiento de la gnomónica novohispana.

Circunscritos a la esfera novohispana encontramos que algunos autores hoy casi desconocidos eran estudiados. Tal es el caso de Teodosio de Trípoli (siglo I dc) quien es considerado predecesor del astrónomo griego Ptolomeo.

322 En este tenor trabajos como el de *Los Judios Nuevos de Ámsterdam*, la Introducción al texto Isaac Newton y Gottfried Leibniz, *La polémica sobre la invención del cálculo infinitesimal, Escritos y documentos*, Crítica Barcelona y Fundación Iberdrola, 2006, 264p., o el referente a la obra matemática de Gabriela Emilie Le Tonnelier de Breteuil, Marquesa de Chatelet, amiga personal de Voltaire y que en 1738 publicó en Ámsterdam los *Elements de la philosophie de Newton*, en un franco análisis comparativo de su método frente a la propuesta de Leibnitz. Mme de Chatelet fue reconocida en su época por su vasto conocimiento matemático, desde Euclides hasta Newton. Pocos días antes de morir terminó la traducción al francés de los *Principia* de Newton. De ella Voltaire, en uno de sus múltiples epigramas, escribió: -Su espíritu es muy filosófico, pero su corazón ama el glamour" (Traducción personal). Le realizó asimismo un poema que dice:: -Fu m appelle a toi, vaste et pussant Genie, Minerva de la France, immortelle Emilie, Disciple de Neuton, et de la Vérité". En David Eugene Smith, *History of mathematics*, V.1 p. 477-478, 580p.

323 Vid, Serres, *Historia de las Ciencias*, cap. Gnomon.

Teodosio de Trípoli fue estudiado dentro los tratados de matemáticas, tanto de Clavius como el de Chales, Claude François Milliet de, 1621-1678, *Cursus, seu, Mundus mathematicus*, citados en este trabajo.

De Teodosio de Trípoli se dice que vivió entre 98 y 117, matemático y astrónomo, escribió algunos trabajos del cual el más importante es su tratado sobre la esfera.

—A pesar que este trabajo posee un pequeño mérito (sic), fue traducido al árabe en lugar de otros trabajos griegos sobre astronomía, lo anterior provocó que fuera considerablemente estudiado en la Escuela Árabe. Con frecuencia es confundido con Theodosio de Betania 50 ac, que escribió sobre relojes de sol³²⁴

Para comprender la obra de Milliet, conocida en el mundo colonial novohispano, que alude a la esfera de Theodosio de Trípoli hay también que reconocer sus contenidos de trigonometría plana y esférica, su geodesia, o conceptos como triángulo esférico, octante, esfera geodésica, radian etc, todo ello sin así nombrarlo.

El trabajo de Theodosio de Trípoli fue conocido por el rey Yusuf al-Mu'taman de la taifa de Zaragoza (1081-1085) al igual que el de autores como Euclídes, Arquímedes, o Ptolomeo³²⁵.

Otro autor árabe en España que tuvo acceso a la obra de Theodosio fue:

—Ibn Mu'ad de Jaén (m después de 1076) astrónomo y alquí, autor de un tratado... sobre el concepto de razón matemática, tal y como la expone Euclídes en el Libro V de su Elementos. (Y del que) no hace mucho, se ha dado a conocer el denominado *Libro sobre las incógnitas de los arcos de la*

324 *Idem*, p. 125

325 *Los estudios sobre el desarrollo de las matemáticas en al-Andalus*, p. 280

esfera que es, sin duda, el tratado de Trigonometría esférica más antiguo del occidental medieval y el primer texto de esta procedencia en el que la trigonometría esférica se trata independiente de la Astronomía”³²⁶.

La presencia del conocimiento de una matemática y una astronomía griega, ligadas al desarrollo de una matemática y astronomía hebrea, presentes en el territorio ibérico a partir de la dominación musulmana se hace en este tema, necesaria para la comprensión de los instrumentos de la producción de los relojes de sol³²⁷.

Ese contacto de elementos conceptuales íntimamente ligados a la gnomónica, como serán el de arco de la esfera, triángulo esférico, o la división octagonal del arco del sol, nos permite ratificar nuestra convicción de encontrar en la gnomónica un constructo intercultural, anterior incluso a su inserción en la catequesis cristiana, que será comprendida como tal al considerar los elementos que la determinaron:

—Es muy posible que los siglos XIII, XIV y XV conocieran en la Granada nazarí una revolución importante en los estudios sobre Gnomónica, rama de la Astronomía matemática que investiga, precisamente, sobre relojes de sol, ya

326 *Idem* p. 281

327 Andrónico de Cirrus, S. I ac. Citado por Pausanias, Vitruvio y Varrón. Construyó esferas celestes e instrumentos astronómicos según diseños ya conocidos, su obra más famosa es la octogonal “Torre de los Vientos” (nombre dado por Vitruvio), que todavía se conserva junto a la Acrópolis, en mármol pentélico de 3,2 m de lado y 12 m de altura. Contenía una clepsidra, al parecer movida por un mecanismo de increíble precisión y complicación, similar al llamado “Mecanismo de Anticitera”, descubierto en el fondo del mar cerca de esta isla. Parece que registraba no sólo la hora, sino la posición de los planetas, y en su tejado tenía una veleta en forma de estatua de Tritón, cuya mano giratoria señalaba la dirección del viento. En cada fachada se encontraba un cuadrante y un bajorrelieve que representaba cada uno de los ocho vientos principales: Bóreas, Sciron, Zéfiro, Lips, Notos, Euro, Apeliotes, Caecias. Andrónico incorporó a esta construcción otros inventos de anteriores constructores de cuadrantes, incluyendo Arquímedes, Ctesibio y Filón. Torre de los Vientos de Andrónico (Atenas)

que conocemos un importantísimo tratado —traducido y editado recientemente sobre esta materia debido a Ibn al-Raqqam (m.1315),”³²⁸.

8.1.1 Instrumentos no mencionados y fundamentos no especificados.

El título de este apartado obedece a un reconocimiento realizado a lo largo de la investigación, sobre la discrepancia de nombres, la omisión de la práctica de la gnomónica o el contenido conceptual de ciencias específicas, que hoy son consideradas desde una perspectiva disciplinar, temática o cultural aparentemente fuera de de creencias e ideologías.

Deslindándonos de un uso limitado del término instrumento, éste quedará aquí inscrito como referente a todo aquel recurso utilizado para la construcción y comprensión de los relojes de sol coloniales. Lo anterior incluirá por consiguiente, tanto herramientas, instrumentos, tradiciones o mnemotecnias visuales para ese efecto. La medición de ángulos en la vertical (astrolabio y dioptra), así como su evolución hacia un teodolito (medición vertical-horizontal) y hoy un GPS, puede ser seguida incluso a través del reconocimiento de los *horologios* y pantómetros desarrollados al interior de la gnomónica³²⁹. Incluso la aparición de —*novas geometrías*” puede identificarse dentro de la práctica de la gnomónica³³⁰. Varios

328 —. demostrador de la gran competencia de este matemático y astrónomo (Ibn al-Raqqam, que aplica al estudio de los cuadrantes solares el método de los «analemma» —título de un tratado de Ptolomeo sobre el tema—, basado en proyecciones y que no estaba documentado hasta ese momento en al-Andalus. Este mismo Ibn al-Raqqam es, también, autor de unas tablas astronómicas en las que parece influido por Ibn Ishraq al-Tunisi, lo que lo hace merecedor del título de ser uno de los científicos más interesantes de la época nazarí Idem p. 284-285

329 Trabajos como el de Clavius, Christoph, 1538-1612 (entre otros) presente en BN con el título de *Tabulae astronomicae nonnullae ad horologiorum constructionem maxime utiles et notae in novam horologiorum descriptionem, qua ad horologia extruenda plurimum etiam conducunt* / nos dan la pauta.

330 —En 1733 el matemático y lógico jesuita Saccheri (1667-1733) completo su obra maestra, sin proponérselo, *Euclides ab omni naevo vindicatus*, en la cual emprendió la tarea de demostrar que el sistema geométrico de Euclides, con su postulado de las paralelas, es el único posible en la lógica y

matemáticos ahí presentes confluyen en su práctica matemática con conocimientos de astronomía y óptica entre otras.

En esta investigación no se desconocen las discusiones sobre los temas que preceden y sólo se evaden para proponer una franca adhesión al pensamiento de Alexandre Koyre que en 1943 reconocía:

—Lo que los fundadores de la ciencia moderna tuvieron que hacer no era criticar y combatir ciertas teorías erróneas para corregirlas y sustituirlas por otras mejores. Tenían que hacer algo muy distinto. Tenían que destruir un mundo y sustituirlo por otro. Tenían que remodelar y reformar sus conceptos, tenían que desarrollar una nueva manera de ver el Ser, un nuevo concepto del conocimiento, un nuevo concepto de ciencia”³³¹

Este trabajo, como se ha señalado, busca identificar que fue aquello que la nueva idea de ciencia destruyó a propósito de la gnomónica, su práctica y su instrumental. Los instrumentos, los textos y los relojes son así no sólo objetivo, sino fuente misma de información.

8.1.2 Astrolabios y bastones jacobeos.

Ya desde el mismo momento de la llegada de los españoles a América, las prácticas referidas a la gnomónica y sus instrumentos, son patentes. En la obra *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América* de Julio Rey Pastor³³², se hace mención de ello. Este autor toca temas de ciencia, y así lo dice, en específico

la experiencia. Su brillante fracaso es uno de los ejemplos más notables de la historia del pensamiento matemático, de la inercia mental que produce una educación en la obediencia y en la ortodoxia ... Teniendo Sascheri (sic) en la mano dos geometrías nuevas, ambas tan válidas como la de Euclides, prescindió de las dos porque estaba obstinadamente resuelto a continuar en la adoración de su ídolo a pesar de los insistentes impulsos de su razón” en Bell, *op cit*, p. 339-340

331 En A.Koyré, *Galileo and Plato*, *Journal of the History of Ideas*, 4 (1943), 400-428, ahora en *Estudios de Historia del pensamiento científico*, Madrid, Siglo XXI, p. 155, Tomado de: *Alexandre Koyré, Pensar la ciencia*, Introducción de Carlos Solis, Paidós, Barcelona, 1994, 145p. p.26

332 Julio Rey Pastor, *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, 3ª. Ed. Espasa Calpe Argentina, 1951.

las físico-matemáticas, como la geografía, la cronometría, la cartografía, la cosmografía, la náutica, la geodesia y la física del globo referidos al momento de los viajes de Cristóbal Colón.

Con respecto al momento mismo de la empresa de descubrimiento señala:

—Enverdad, tales perfeccionamientos logrados antes de la invención del antejo eran muy modestos en su esencia; pero los instrumentos astronómicos en tierra firme suplían al menos con sus grandes dimensiones la deficiencia de los modestísimos aparatos usados por Colón y Magallanes, que fueron el astrolabio o el cuadrante y la ballestilla. Para valorar la pericia de aquellos navegantes habría que poner en las manos de un marino moderno, abrumado de sabiduría, ese pequeño disco de latón y ese par de toscas varillas de madera, invitándole a dirigir un mísero navío alrededor del mundo y además a trazar su carta náutica. Con la diferencia de que entonces todo era desconocido y misterioso: la carta y el mundo.”³³³

Cabe señalar que dicho autor no menciona ni a la gnomónica, ni a los relojes de sol, en específico, aunque sus descripciones e instrumentos mencionados nos remiten a ella:

—~~no~~ mientras el astrolabio puede considerarse como el teodolito primitivo, el precursor del sextante es el rudimentario bastón de Jacob, de más fácil manejo y de gran utilidad en manos expertas. Con uno u otro, el error cometido en la medición de alturas y azimuts era del orden del medio grado³³⁴.

Para comprender una cita como la anterior, en el contexto de este trabajo, hay que recordar que entre los primeros relojes de sol se encontraban las ballestillas o bastones jacobeos y que la forma de ellos era semejante a la cruz de calatrava.

333 *Idem* p. 43

334 *Idem* p. 65

Rey Pastor ilustra las dificultades de la observación en alta mar, propias del momento del descubrimiento³³⁵ y además reseña su descripción y desarrollo histórico.

—El astrolabio mide directamente el ángulo; en cambio la ballestilla o bastón de Jacob lo determina por la tangente de su mitad; en el eje o flecha del aparato va grabada una escala que da la graduación sexagesimal. A juzgar por los dibujos que representan su manejo hacia adelante y hacia atrás, es probable que llevara un pequeño espejo en el extremo de la flecha para ver al sol por reflexión, pues no parece que por la simple sombra logran determinar la altura. Tendríamos, pues, el primer sextante rudimentario.

—Los astrolabios planos terrestres usados por los árabes eran discos metálicos de unos 15 cm de diámetro, pero al aplicarlos a la navegación fue muy aumentado su tamaño y su peso, a fin de darles mayor exactitud y estabilidad. Tan rudimentario aparato armado sobre un gran trípode es el astrolabio de palo a que se refieren las crónicas de la época.

—El astrolabio terrestre llevaba en el reverso una proyección estereográfica de la esfera celeste correspondiente al lugar, de tal suerte que las estrellas principales visibles sobre el horizonte estaban representadas, y la simple lectura en el anverso de la altura de una estrella, enfilada con la alidada móvil, permitía determinar gráficamente la hora en este nomograma grabado en el reverso. Pero este método era inservible en la navegación, y en lugar de la proyección de la esfera celeste figuraba una tabla de declinaciones del sol correspondientes a varias épocas del año. El problema de la latitud quedaba así resuelto en tiempo despejado; de día por la altura del sol a mediodía, y de noche por la altura del polo; pero la grave dificultad se presentaba en la

335 *Idem* p. 64 ... «faltaba establecer el punto o situación de la nave en cualquier día y hora que se necesitase y en medio de los mares, donde no hay objetos que puedan prestar este conocimiento como a vista de las costas; eran precisos a este fin instrumentos para observar los astros, y tablas de sus declinaciones y movimientos, para determinar la latitud y encontrar medio de hacer aplicable en la mar el uso del astrolabio; pues que en los continuos balances y movimientos de un bajel no podían tener las observaciones la exactitud que en tierra; y era asimismo indispensable la formación de cartas hidrográficas para conocer por ellas la situación o punto deducido de aquellas observaciones, y poder seguir desde él la derrota con acierto y mayor seguridad.» (Barros, Decad. 1ª, Lib. 4; Navarrete, *loc. cit.*, pág. 83).

determinación de la longitud, magno problema que preocupó a los cosmógrafos de todos los países y que ni siquiera Galileo llegó a resolver de modo práctico, como después veremos.

—En 1480 el rey Juan II de Portugal organiza una Junta de dos mathematicos para el estudio de los problemas de la navegación, y de Nüremberg viene contratado a Lisboa para incorporarse a ella el maestro Martín Behaim, que parece ser discípulo del Regiomontano y conocido constructor del primer globo terrestre (1492)

—Algunos historiadores han atribuido al maestro alemán el progreso de la náutica en Portugal, pero la afirmación es del todo inexacta, según está perfectamente demostrado. Mucho antes había logrado la Junta la colaboración del famoso judío salmantino Abraham Zacuto, profesor de Astronomía en la Universidad de Zaragoza, que influyó decisivamente con sus investigaciones en el prodigioso progreso de la náutica. Su *Almanaque Perpetuo de los tiempos* sirvió de base para el cálculo de las efemérides que utilizaron con notorio éxito españoles y portugueses. Los «Regimientos» utilizados por los marinos portugueses, modelos de simplicidad práctica, fueron, según Gomes Teixeira, calculados por el judío José Visinho (Vecino), discípulo de Zacuto y miembro de la Junta de matemáticos antes citada. Las tablas de estos Regimientos de navegación están, en efecto, en desacuerdo con las Efemérides de Regiomontano y también con otras tablas del mismo autor, y en cambio armonizan perfectamente con las tablas del Almanaque de Zacuto. Además, el método para determinar las latitudes, que se dice haber enseñado Behaim a los portugueses, era ciertamente conocido ya en la Península por encontrarse en los Libros del saber del Rey Alfonso. El mérito más sobresaliente del maestro alemán parece haber sido su destreza en el manejo de la ballestilla para tomar alturas de los astros y su habilidad para trazar mapas”.

—La conclusión a que llega el eminente matemático portugués es la siguiente: «La Astronomía náutica es ibérica y su origen está en los Regimientos de las navegaciones portuguesas. Resultó de la colaboración de Zacuto con los

náuticos de la Junta de Matemáticos de Lisboa y en especial con José Visinho, y es una aplicación de las doctrinas de origen greco-arábigo, contenidas en la gran obra de Alfonso X». ³³⁶

En este sentido hemos de puntualizar que, referido a la sentencia «la astronomía náutica es ibérica» hemos reconocido, como ya se ha dicho para este trabajo que los aportes específicos del algebra árabe, los numerales hindúes, los métodos de la construcción matemática (inherentes a la gnomónica), así como los procesos de difusión del saber iniciados por las Escuelas de Traductores, incluyendo en ella trabajos de traducción específicos de hebraístas, musulmanes y cristianos, por lo que precisaremos que la astronomía náutica fue ibérica y, por ende, pluricultural.

No soslayamos, en la afirmación anterior, el componente religioso que ahí se dará, al ser estas comunidades (principalmente grupos religiosos) las que se dedicaron al estudio y comprensión de la ciencia, en el contexto de su época y simultáneo al que harán algunos gremios con antelación al resto de Europa.

Este autor, Julio Rey Pastor hace particular hincapié en el problema de la longitud³³⁷, muy significativo para la navegación. De ello señala los derroteros

³³⁶ *Idem* p. 65 a 69

³³⁷ *Idem* p. 92 Señalando en su propio pie de página: «Para dar idea del lento avance en la medida del tiempo baste recordar que en el siglo de Pericles y Aristófanes, período áureo de Grecia, se medía el tiempo por la sombra del cuerpo humano y la unidad de tiempo era el pie de sombra; que el reloj cóncavo de sol no fue introducido hasta el período alejandrino; que los romanos no lo conocieron hasta el siglo III a. Ch.; que en la Edad Media las 12 horas de día (medidas con el reloj solar cóncavo, muy distinto del moderno cuadrante) eran diversas de las 12 horas de noche (medidas por las estrellas o el reloj de agua), y sólo en los equinoccios eran iguales; que hasta el siglo XIV no se abandonan estas horas temporales adoptando 24 horas iguales o equinociales, y que hasta la divulgación de los relojes de péndulo por Huyghens (1657) y de los relojes transportables por Hooke (1658) siguieron usándose las clepsidras y relojes de arena; o mechas que se consumían lentamente y cuyos nudos equidistantes señalaban la hora. Aún en pleno siglo XVII, Galileo utilizó en muchas experiencias como cronómetro sus propias pulsaciones, y aunque concibió el reloj de péndulo en los últimos años de su vida y ya ciego, dando instrucciones a su hijo para construirlo, el modelo que éste hizo no funcionó satisfactoriamente como el de Huyghens.

seguidos en su identificación. Esta mención es comprendida a cabalidad, cuando se reconoce la estrecha relación que incluso en los textos o formas se dio entre la gnomónica y la navegación.

La navegación en los siguientes tres siglos hubo de darse alrededor del avance en este conocimiento, El mismo autor señala cuatro métodos para superar la limitante temporal que la longitud ponía a la navegación:

—El primer método consistía en «que partiendo una nave desde las islas de Cabo Verde con rumbo al O $\frac{1}{4}$ NO caminase en esta dirección hasta que la elevación del polo boreal fuese de $18^{\circ} 20'$ donde estaría a 74 leguas o $3^{\circ} 20'$ al Norte del paralelo de aquellas islas; desde allí navegando al Sur hasta que el polo del Norte se elevase 15° se hallaría justamente en el paralelo que se buscaba y termino de las 370 leguas. Previene la insuficiencia de la carta de navegar para esta demostración, la necesidad de formar para ella un Mapamundi tal como el que presentaba; y la instrucción que se requería de la aritmética, cosmografía y matemáticas, para entenderla y apreciarla».

—El segundo método que propone como menos seguro consistía en «que partiendo de las islas Cabo Verde en dirección al Oeste una nave con veinte marineros escogidos, diez por cada parte, y llevando cada uno privada y reservadamente su derrota de estima, el primero que llegase al punto de las 370 leguas lo dijese a uno de los dos capitanes, que debían ser hombres de conocimientos y de confianza, para que oyendo a los demás y estando conformes tomasen desde allí la derrota al Sur, y cuanto hallasen a mano izquierda hacia la Guinea sería del Rey de Portugal.

—El mismo problema preocupó al portugués Francisco Faleiro y al español Andrés de San Martín, que realizó numerosas observaciones astronómicas para rectificar el almanaque. Para dar idea de la imperfección de las tablas astronómicas que estos esforzados navegantes procuraban corregir, baste

Este fracaso ha arrebatado al pisano la prioridad, que unánimemente se da a Huyghens. Sin embargo, el modelo exacto del reloj de Galileo, bien construido, que se exhibe en el Science Museum de Londres, funciona perfectamente, siendo por tanto injusto negarle la prioridad.”

saber que la diferencia de longitud entre Río de Janeiro y Sevilla calculada por Andrés de San Martín mediante la distancia lunar de Júpiter era de 17 h. 15 m., cerca de 270° al O; de modo tal que la posición de la capital brasileña, calculada por método rigurosamente científico mediante las Efemérides más fidedignas y acreditadas, venía a quedar al sur de la India.

—~~N~~ fue tan grave el error de los consejeros del Papa Alejandro VI cuando en su famosa bula (1493) fijó la «línea de demarcación» entre las exploraciones portuguesas y las españolas, trazando un meridiano a 100 leguas al O de las islas de Cabo Verde. De haber sido respetada, el Brasil, que está situado al O de la línea, sería hoy un país de lengua española; pero el tratado de Tordesillas (1494), convenido entre ambos competidores, la desplazó 270 millas más hacia el Oeste; modo de demarcación difícil de mejorar, pero que superaba los conocimientos cosmográficos del tiempo. Como dice Günther, fue la primera vez que se hizo una partición de la Tierra tomando una línea precisa; la dificultad estaba en determinarla”³³⁸.

La utilización de los métodos provenientes de la gnomónica (que hoy identificaríamos como astronomía de posición), su interacción con la navegación, así como su papel en los viajes de exploración, queda manifiesta en la mención específica que se hace con respecto a los problemas de la longitud y su demarcación a propósito de los viajes de exploración del siglo XVI:

—...~~ta~~ también merece especial mención el que hubo de inventar Pedro Sarmiento de Gamboa, para determinar la longitud, cuando en marzo de 1580 se extravió en mar tempestuoso, teniendo que idear con la premura del peligro inminente un nuevo tipo de ballestilla y un método de cálculo de longitud, utilizando la luna y el sol, únicos astros visibles, logrando con su improvisación salvarse de tan crítica circunstancia”³³⁹.

338 *Idem* p. 92

339 *Idem* p. 93-94

Hemos de enfatizar, como se verá más adelante, que para el siglo XV y hasta el siglo XVIII los conocimientos que involucran la construcción y manejo de los relojes de sol constituía un elemento de base en la formación de los navegantes. En este autor (Pastor) hemos identificado la semejanza entre la descripción del astrolabio y los relojes de sol portátiles, así como entre la ballestilla y el bastón jacobeo, y el cuadrante tanto con el astrolabio, como con los cuadrantes (sextantes, quintantes, octantes) y por lo anterior ubicamos a la gnomónica y los relojes de sol en la misma línea de evolución que la instrumentación náutica. También se ha de señalar que el nombre cuadrante esta dado por la forma cuadrada inicial que permite identificar conjuntamente con el círculo la posición y altura de los astros. Esta precisión nos lleva así al siguiente instrumento identificado y perentorio para la comprensión de la construcción de los relojes de sol coloniales.

8.1.3 El cuadrado geométrico.

En el año de 1556, aparece la obra *La composition et usage du Quatre geometrique, par lequel on peut mesurer fielement toutes longueurs, hauteurs, et profonditez tant accesibles, comme inaccesibles, que lon peut appercevoir a l'oeil* de Orence Fine, Lector matemático en la Universidad de París³⁴⁰. Este texto se encuentra inscrito en el proceso de difusión de los conocimientos matemáticos en la Francia del siglo XVI. En ella el autor presentará en sus fundamentos aritméticos

³⁴⁰ Orence Fine, *La composition et usage du Quatre geometrique, par lequel on peut mesurer fielement toutes longueurs, hauteurs, et profonditez tant accesibles, comme inaccesibles, que lon peut appercevoir a l'oeil*, Lector matemático en la Universidad de París, Paris, 1556, 56p.

y geométricos, aplicaciones de este instrumento que en sí mismo contiene fundamentos trigonométricos, tanto planos como esféricos.

Si bien esta obra no se encuentra en el territorio nacional y forma parte de los documentos digitalizados por la comunidad universitaria francesa, se muestra relevante para nuestro tema al integrarse a otra obra del mismo autor que sí forma parte del acervo del Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional y que muestra su conocimiento y estudio en el espacio novohispano³⁴¹. Destaca el hecho que el trabajo en Francia se encuentra en francés, mientras que en el espacio colonial la obra de este autor se difundía en latín.

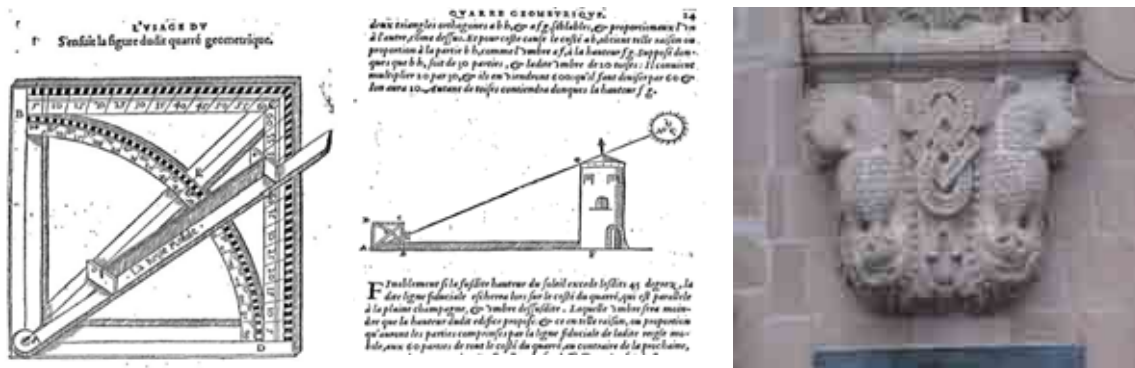
En los primeros diez capítulos, del texto francés, se muestran aplicaciones de uso en situaciones de temas de topografía y cartografía y es hasta el capítulo XI que se menciona su uso específico para la lectura de la altura del sol.

—Queda a declarar finalmente, el principal uso del cuadrante o cuarto de circunferencia circular (b d e) que esta dentro del llamado cuadrado geométrico (a b c d). Es primeramente la manera en la cual se puede saber la altura del sol, durante el día artificial o de las estrellas durante la noche. Cuando se quiera tomar la altura del sol estando sobre el horizonte y en el hemisferio superior (np. Norte) dirija el cuadrado (a b a d), sobre el lado (a b)

341 No. sis. 000335154 , Colección Monografías (BN-FR) Clasificación RFO 520 FIN.m. 1555, Autor principal Fine, Orance, 1494-1555, *De Mundi sphaera, sive, Cosmographia libri V : ab ipso authore denuò castigati, & marginalibus (utuocant) annotationibus recèns illustrati : quibus tum prima astronomiae pars, tum geographiae, ac hydrographiae rudimenta pertractantur / Orontii Finaei*, Lugar Lutetia : Editorial Apud Michaëlem Vasconsanu, Año 1555. Descripción [5], 60 h. : il. ; 22 cm. Nota Incluye índiceMarca de fuego: Convento de San Cosme Inscripción ms.: "Aunque este libro se escribió antes de la corrección del calendario Gregoriano, que se hizo en el año de 1582. siendo alumno Pontífice Gregorio XIII, por cuyo mandato se hizo dicha curación. Laui puede ser que diezmada de las reglas, por se corrigió este Calendario y de la que se acentuaron entonces para la refutación de los himnos" Ex-libris ms.: "De la librería del Convto. de la Colección de S. Cosme" Apostillas impr. Enc. en perg. Deteriorado (Manchas) Desencuadernado Tema Astronomía Trabajos anteriores a 1800 Geometría Trabajos anteriores a 1800 título secundario *Cosmographia libri V*

o (a d) y gire el *coing*³⁴² o ángulo (b c d), hacia el sol, de tal manera que el cuadrado este a plomo en todos sus lados. Después baje o eleve poco a poco la regla móvil, hasta que el rayo de sol pase directamente por los dos pequeños espacios de las pínulas (orificios)...³⁴³

A este instrumento lo hemos de evocar, al intentar relacionar la semejanza en forma entre algunos de los símbolos de la gnomónica en territorio nacional antes novohispano. Ya que es tesis nuestra la relación que los instrumentos, procesos, conceptos y práctica de la gnomónica tienen como elementos adicionales en la comprensión de la emblemática colonial no podemos soslayar su importancia en imágenes y lecturas como la propuesta a continuación (figura 8.1).



Cuadrado Geométrico, Medición de altura por sol y emblemática de la Basílica Laterana de la Asunción de María, Aguascalientes, Ags.

Figura 8.1

Reconocer los trazos del analema del sol asociado a una observación astronómica mediante un cuadrado (cuadrante), cercano a un San Miguel y a un reloj de sol, nos obliga a encontrar y repensar una historia de la religión y de la iglesia que en ocasiones (la más de las veces) nos es desconocida, ligada a un desarrollo de ciencias como las matemáticas y la astronomía. Por analema se

342 No encontrando una traducción literal al término y en asociación con las referencias constantes del mismo a árboles se propone la de estilete o varilla usada a lo largo del texto.

343 Fine, *op cit*, p. 44

entiende a la figura (semejante a un ocho) en la que se muestra el sol en la bóveda celeste, siendo observado durante un ciclo anual, en una misma latitud y hora local y que encuentra en el registro por sombras un equivalente. Esta es parte fundamental del estudio por nosotros emprendido. El analema encuentra su equivalente matemático en la curva denominada lemniscata.

Los fundamentos de ciencia inscritos en la figura anterior nos acercan lo mismo a la trigonometría, plana y esférica, que a la óptica, y la actual Teoría de números, sin olvidar a la astronomía de posición o a la cronometría.

La comprensión del manejo del cuadrado o cuadrante geométrico, implicará en sí mismo un acercamiento a la moderna Teoría de números que puede seguirse en sus inicios con la obra de Mersenne que, lo mismo que nos introduce a los números primos que nos lleva a los fenómenos acústicos. Una formación enciclopédica nos puede ser ajena, mas no por ello habremos de desconocerla.

8.2 Medición y observación en la gnomónica

Como hemos dicho la información acerca de la construcción de instrumentos en general y de los relojes de sol en particular, en el territorio nacional durante la colonia es escasa.

Dado el deterioro natural por el uso, mínimos son los restos de instrumentos en madera. Han resistido el paso de los años unas pocas varas y algunas referencias iconográficas. Varios de los manuales consultados nos hablan de compás y escuadras sin hacer muchas precisiones³⁴⁴.

344 La búsqueda en archivos, en especial el Archivo Histórico de la Provincia Franciscana de Michoacán, muestra en los inventarios de las posesiones de los frailes la existencia (poca) de instrumentos, muchas veces sin precisar. La selección del Archivo se dio a partir del reconocimiento geográfico de la zona que abarca y la mayor abundancia, en la zona, de relojes de sol con respecto

El trabajo de Elías Trabulse, *Arte y ciencia*, rescata algunas imágenes de la ciencia novohispana: compás graduado, cuadrado de proporción, una tabla del semicírculo graduado y cuadrante, figuras de instrumentos para trazar planos topográficos, así como aquellos que corresponden a métodos específicos de procesos de agrimensura y una tabla de los vientos con sus nombres.³⁴⁵ En casi todos ellos encontraremos nexos con el instrumental y la práctica de la gnomónica.

Nuestro trabajo de búsqueda sobre los instrumentos, integró también diversos frontiscipios de las obras de Clavius y de Athanasius Kircher, de amplia difusión en el territorio nacional. Fuera de ello silencio y sombras. Ahí aparecieron tanto la esfera armilar de Sacrobosco como un espacio arquitectónico específico.

El libro *Las matemáticas, la náutica y el arte de la medición, Del arte de navegar* de Diego García de Palacio nos permite identificar parte del hacer y quehacer aplicado a relojes de sol.

—...y así deseo saber de vuestra merced lo que baste, para lo que los marineros han de menester de la esfera material, de la aguja, las alturas del sol, norte y del crucero, Áureo Número, Epacta, bisiesto, declinaciones, mareas, las leguas de cada grado y como conozcamos las horas de la noche y del día: la carta de marear, y su buen uso; pues que de todo esto depende la suficiencia para guiar, y administrar la nave...³⁴⁶

a otras áreas. En el actual convento franciscano de la ciudad de Celaya, donde se encuentra el Archivo, hemos de señalar la pervivencia de la práctica incluso hasta avanzado el siglo XX, ya que í se encuentran dos relojes equinocciales norte-sur realizados por Vicente Rodríguez autor también del texto: *Cosas de Frailes*, en un franco intento por preservar la memoria de prácticas y saberes de la comunidad francisca desde los tiempos coloniales.

345 Elías Trabulse, *Arte y ciencia en la historia de México*, Grupo financiero Banamex – Accival, S:A de C.V, Fomento cultural Banamex, 1995, 269 p., pp 60-64

346 Elías Trabulse, *Historia de la ciencia en México*, Estudios y textos siglo XVII op cit, p 17

Igual que en el mar con la navegación, estos conocimientos serán aplicados a la circulación en la tierra. La utilización de conceptos derivados en específico de la modificación del calendario dada por Gregorio XIII nos lleva también a ello.

En la obra *Historia de la ciencia en México, Estudios y textos siglo XVII*, del mismo Elias Trabulse, con respecto a los procedimientos relativos a la gnomónica encontramos que estos se reducen a crónicas de viajeros como la *Descripción de Zacatecas* de Joseph de Rivera Bernáldez, que sin embargo nos ubican en la práctica y en la cual lee:

—El clima, latitud y estrellas verticales de esta ciudad.

—Viden los astrólogos de la Tierra, según su latitud, en nueva clima. Llámese clima aquel espacio de tierra que hay entre dos paralelos... Está, oyes esta ciudad situada casi en el medio del segundo clima, llamado Día Sienes, cuyo vocablo se compuso de Día, que significa *Per*, y *Sienes* ciudad de Egipto; que vale tanto como decir *Per Siensem*. Porque su medio pasa por *Siene*, como pasa también por Zacatecas. Su mayor día es de trece horas y veinticinco minutos, que es cuando el sol pasa por el primer punto de Cancro, que en el presente tiempo entra a los veintidós de junio. El menor de diez horas y treinta y cinco minutos, que sucede cuando entra el Sol en el primer punto de Capricornio, a los veintidós de diciembre, y éstos son los dos solsticios del año, que viceversa corresponde a las noches del mismo aumento y decremento; esto es, que tiene tantas horas la noche de diciembre como el día de junio *et a contra*³⁴⁷.

—La elevación de polo o latitud de esta ciudad es de veintitrés grados, pues tanto dista del círculo de la Equinoccial, observado con exactos instrumentos como son astrolabios y cuadrantes geométricos de tres varas de diámetro, graduados con toda prolijidad y a toda costa, por no haberme contentado con uno ni dos, sino es con varios, ni con un día de observación,

347 Esta diferencia entre el número de horas del día será franqueada hasta la formulación de la Ecuación del Tiempo.

por haberlo ejecutado en espacio de doce años en todos los tiempos de solsticios y equinoccios, y en otros muchos días, así como el Sol, como con la Estrella Polar, no quedándome ninguna duda en el acierto, sin omitir declinación, refracción, paralelaje, ni demás requisitos para su puntualidad. No han faltado algunos que transitando por esta ciudad hayan hecho sus observaciones, poniendo unos la latitud de veintiún grados y otros de veinticinco. Notable discordancia por cierto, mas no habrá fuerza a quien supiere el modo con que lo hacen, que es con un pequeño y mal astrolabio que usan los pilotos, donde el grado por lo pequeño no sólo no es capaz de subdividirse en minutos, pero ni aun en su mitad. Y esto lo hacen por medio de algunas tablas antiguas de declinaciones, que suelen haber a las manos dejándose de refracciones y paralajes.

—Esa longitud una distancia considerada de poniente a oriente, cuyo principio tomó Ptolomeo de una de las Islas Afortunadas, dichas las Canarias, dividiendo el círculo del ecuador en trescientos y sesenta grados, que hacen veinticuatro horas, tomando quince grados por cada una .Y así sabida esta distancia o longitud, digo; que la longitud de Zacatecas son doscientos sesenta y siete grados, según mis exactas observaciones, que en varios eclipses de Luna y con fidelísimos relojes (de sol NP) tengo ejecutadas. Y para mayor corroboración pasemos a formar el cálculo siguiente. Por las tablas de Eustaquio Manfredo se halla a la imperial México en doscientos setenta y nueve grados. La diferencia temporaria de aquella a ésta son dieciocho minutos, que hacen cuatro grados y treinta minutos de diferencia de longitud entre México y Zacatecas, que restados de doscientos setenta y nueve grados, por estar ésta más occidental (sic) queda la de Zacatecas en doscientos setenta y cuatro grados y treinta minutos.

—De las mil y veintidós estrellas contenidas en los cuarenta y ocho asterismos o imágenes celestes, según los antiguos, y de las mil cuatrocientas y veinticuatro compartidas en sesenta y dos asterismos según Bullialdo y Keplero, pasan por el cenit o vértice de esta ciudad de las Pléyades la nombrada Celeno, Electra, Taigeto, Merote, Alcione, que es la

luciente de ellas, Pater Atlas, Mater Bleyone, la que está en el pie del Castor, llamada Propus, y la del pie boreal por hallarse unas y otras en el cenit de ella con declinación boreal de veintitrés grados.”³⁴⁸

Textos como este permiten identificar la práctica y uso de los conocimientos que se privilegiaban en la gnomónica dentro de quehaceres diferentes al trabajo eclesiástico, no es astrología, hoy se le denomina astronomía de posición y se realiza lo mismo con instrumentos sofisticados tecnológicamente que con métodos provenientes de un quehacer arcaico. Instrumentos y métodos quedan así señalados para que sobre ellos nos explayemos en otra ocasión.

Muy significativa para la comunidad científica novohispana fue la figura de Atanasio Kircher. La comunicación novohispana con el jesuita Kircher, en el espacio de esta investigación, se encuentra estudiada en trabajos como el de Eduardo Piña Garza, *Atanasio Kircher en Puebla y la relojería del siglo XVII*. El texto en cuestión relata la correspondencia entre los sacerdotes Atanasio Kircher en Roma y Alexandro Favían en Puebla y aunque enfatizando principalmente los temas referidos a la relojería mecánica el discurso sobre la gnomónica, entre ambos, queda manifiesto.

Da cuenta de dicho trabajo los pedidos hechos por Favían a Kircher:

—En su carta quiso también tener globos geográficos y astronómicos y relojes unidos a astrolabios, como se fabricaban entonces en Alemania. Sobre esto dio como referencia el libro de Joan Baptista Benedeti *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum*, donde se describe alguno de estos relojes...³⁴⁹

³⁴⁸ *Idem* pp 261-262

³⁴⁹ Eduardo Piña Garza, *Atanasio Kircher en Puebla y la relojería del siglo XVII*. en *El tiempo, Antología conmemorativa*, Asociación Interamericana sobre Estudios del Tiempo A.C y Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM, 2003, 138p, p 42

—Juan Bautista Benedetti (1530-1590) ocupa un lugar importante en la historia de la ciencia italiana; discípulo de Tartaglia, influyó poderosamente en la formación de Galileo... De forma que el libro mencionado por Favián puede ser uno de los más antiguos donde se hace mención a los relojes mecánicos. Treinta y cuatro ejemplares de este libro llegaron a la Nueva España.

—En la bibliografía general de la medida del tiempo de Paul Ditisheim hay una addenda con un libro que es del mismo autor Benedictus, pero se refiere a relojes de sol, editado en Turín en 1554 y 1574: Benedictus *De Gnomonum umbrarum que solarium...*, Turín, cuya edición de 1574 fue comentada por Delambre en su Historia de la Astronomía de la Edad Media. Este libro se incluye en el catálogo mecanografiado por el el Prof. Gregorio de Gante de la Biblioteca Palafoxiana”.³⁵⁰

Aunque la correspondencia analizada por Piña Garza no habla específicamente de libro alguno sobre gnomónica o sobre relojes de sol en lo particular, el conocimiento de la misma nos permite afirmar el conocimiento que de ella tenía dicho sacerdote.

—Solicitó también un helioscopio para contemplar las manchas solares y un telescopio. Pidió otros anteojos de larga vista de diversos tamaños. Quiso también prismas de vidrio para contemplar la descomposición cromática y de la luz y espejos de varias formas y longitudes, etcétera.”³⁵¹

Esta sola mención nos obliga, a reconocer que Alexandro Favian conocía la práctica de la gnomónica.

8.3 Los instrumentos de gnomónica en el espacio de la reforma gregoriana.

Anterior en el tiempo al trabajo de Clavius, encontramos la obra de lo Baptistae Benedicti, *De gnomonum umbrarum, solarium*³⁵². Este autor,

350 Eduardo Piña Garza, *Atanasio Kircher en Puebla op cit*, p 114

351 *Idem* p 115

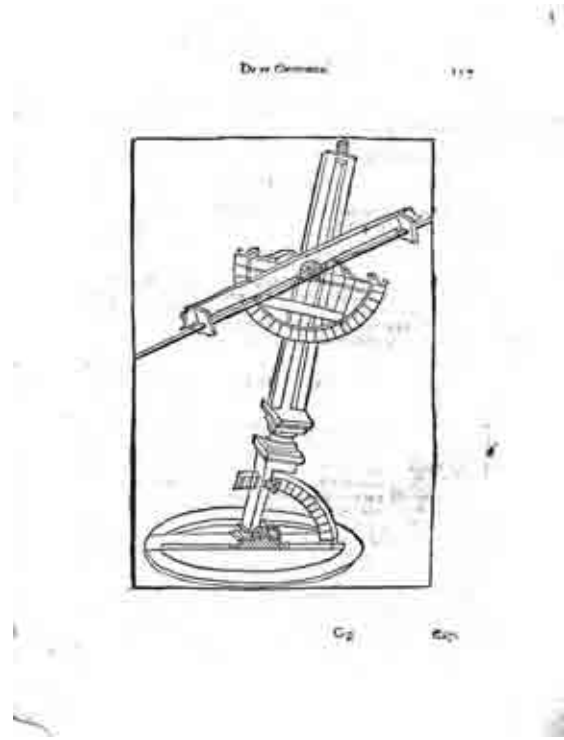
352 lo Baptistae Benedicti, *De gnomonum umbrarum, solarium*, Nicolai Beuilaquae, MDLXXVIII, Fondos digitalizados de la Universidad de Sevilla.

mencionado por Favían como ya se vio, tiene una obra que es significativa para nuestro trabajo ya que identifica, con anterioridad a la reforma gregoriana a la *Re Gnomonica* y esta referida a los relojes de sol. Este trabajo muestra, también, las reflexiones del tema vinculadas a los trabajos de Copérnico y señala las diferencias entre los relojes de sol y los de luna.

Io Baptistae Benedicti elaboró una guía para la comprensión del tema de la gnomónica e introduce a lo que él denomina, *Novo instrumenti conoidales*, el cual señala como: altamente necesario para la práctica de la gnomónica eccliotérica (así). Hace su descripción y menciona su uso (figura 8.2).

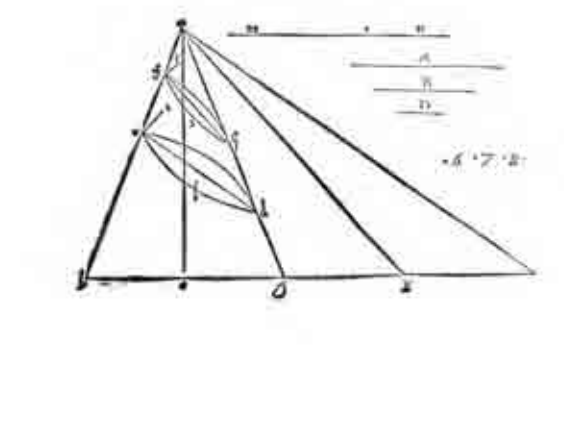
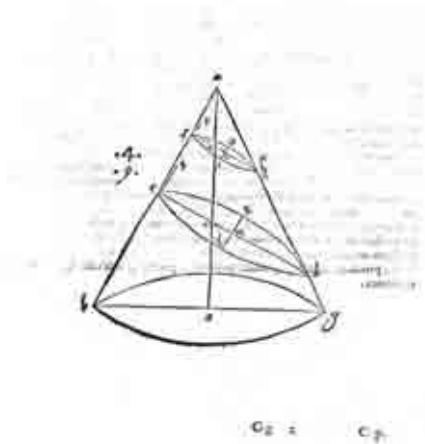
Este trabajo de Io Baptistae hace con casi 50 años de anticipación a los trabajos de Snell, el estudio de las cónicas referido a los relojes de sol y es nuestra interpretación en lo personal que ello, podría ser un elemento explicativo de la vestimenta (cónica y/o dorada) que aparece en varias representaciones marianas ubicadas al interior de templos cuya construcción permite ligarlos a la gnomónica, ya que su obra se encontraba muy difundida en Europa y al interior de ordenes religiosas.

Si bien este texto no se ha encontrado en los acervos nacionales consultados, su datación, así como su temática, al igual que su mención en el trabajo de Eduardo Piña Garza, *Atanasio Kircher en Puebla y la relojería del siglo XVII* obligó a su búsqueda ya que, como se señaló, se encontraba por lo menos en número de treinta ejemplares en diversas bibliotecas. La obra ilustra sobre la construcción y los conceptos de la práctica de los relojes de sol.



De Gnomonum 138
prohibe dictionem dicitur in hunc modum: *prohibe dictionem dicitur in hunc modum, Yav...
not equidistantem dicitur in hunc modum, Yav...
dicitur in hunc modum, Yav...
dicitur in hunc modum, Yav...*

De Gnomonum 139

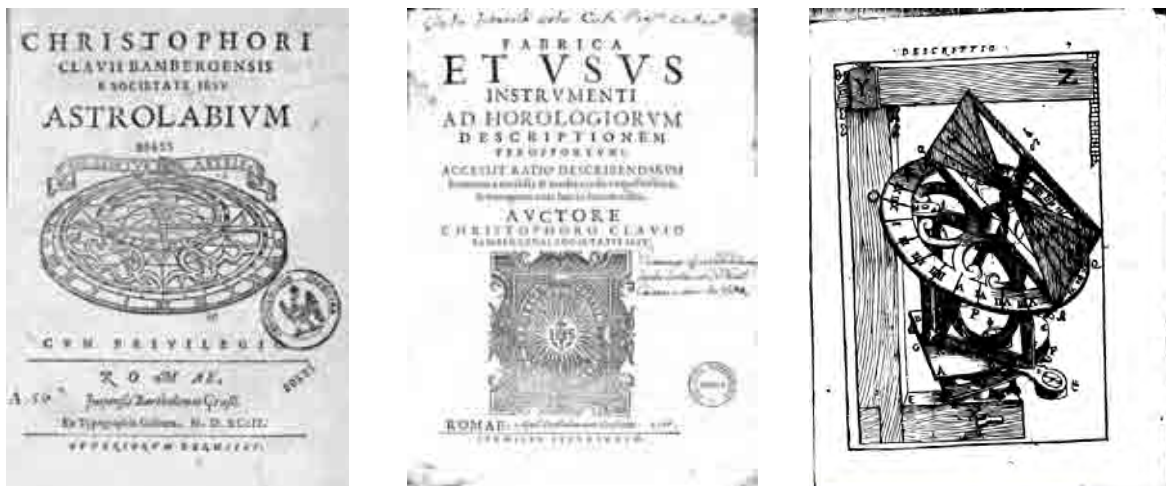


Io Baptistae Benedicti, *De gnomonum umbrarum, solarium, Portada y Novo instrumenti conoidales. Usos.*

Figura 8.2

Más adelante en el tiempo, fue el mismo Clavius, el que ilustró a propósito de la instrumentación requerida para la construcción de los relojes de sol. En ese esfuerzo cabe mencionar el estudio que de la *Sphera* de Sacrobosco realizó y que ha sido mencionado en este trabajo. Ese trabajo obedece a la formalización de conceptos fundamentales para el conocimiento cosmológico: ecuador, trópicos (de Cáncer y de Capricornio) y círculos polares (ártico y antártico), todos ellos establecidos en función de la observación del trayecto aparente del sol sobre la bóveda celeste y sus sombras o no en el plano.

El esfuerzo didáctico de Clavius, para promover la comprensión de sus temas, quedó de manifiesto en el interés por estructurar y divulgar sus conocimientos. (figura 8.3).



Clavius, Portadas y *horologio*

Figura 8.3

Sus textos para la producción de instrumentos abarcan así lo mismo astrolabios, que relojes o instrumentos específicos de observación. Iniciando sus estudios con astrolabios llegará así al calendario³⁵³

En los trabajos de Clavius junto con la definición y descripción, de los diferentes tipos de relojes se presentan los elementos necesarios para su eventual construcción. Muestra lo mismo el instrumento necesario para obtener la meridiana del lugar (figura 8.4) que el método para calcular la declinación del sol en una época determinada (figura 8.5).



Figura 8.4



Figura 8.5

353 BN No. sis. 000335692, Colección Monografías (BN-FR) Clasificación RFO 551.432 CLA.t. 1605 Autor principal Clavius, Christoph, 1538-1612 Título *Tabulae astronomicae nonnullae ad horologiorvm constructionem maxime vtilis et notae in novam horologiorvm descriptionem, qua ad horologia extruenda plurimum etiam conducunt* / Christophoro Clavio. Lugar Romae : Editorial Ex Typographia Alosij Zannetti, Año 1605. Descripción 150 p. : il. ; 21 cm. Nota M.F.: Ilegible Ex-libris ms.: "D. Petruy A..." Port. con grab. xil. Apostillas impr. Enc. en perg. Deteriorado (Manchas, polilla) Tema Montañas. Hemos rescatado la ficha completa ya que su misma clasificación temática incide en nuestras aseveraciones.

En el texto se hacen las precisiones necesarias para la construcción, de los distintos tipos de reloj, con métodos varios, esto es, a partir de instrumentos diferentes. La obra también presenta la utilización de distintos instrumentos y métodos matemáticos de la época que nos acercan a la construcción geométrica del espacio, a partir de las cónicas, por ejemplo y previo al cálculo (figura 8.6).

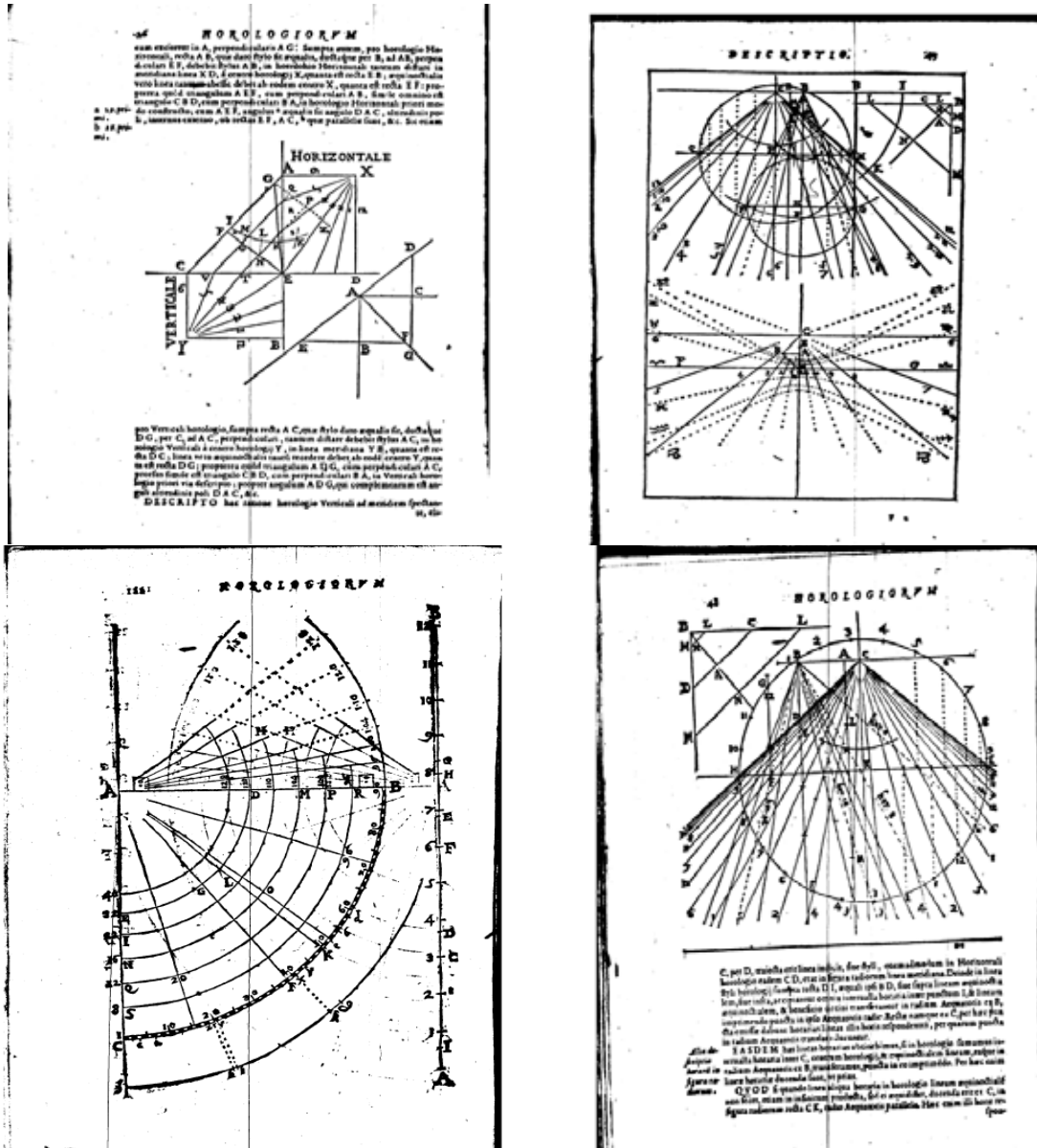
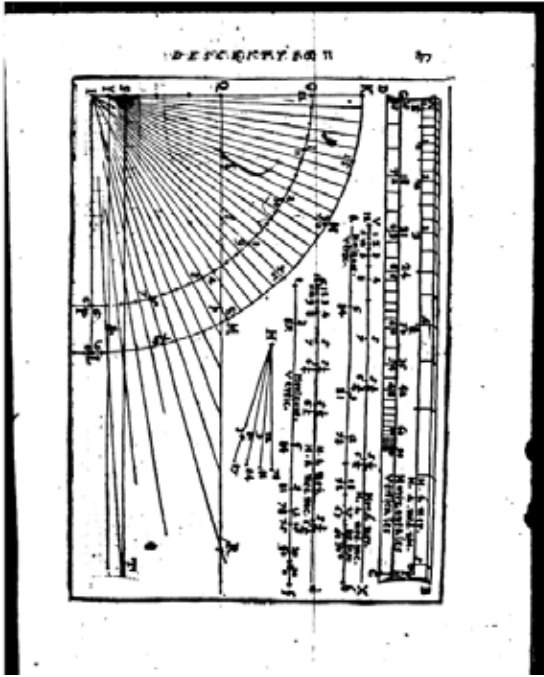


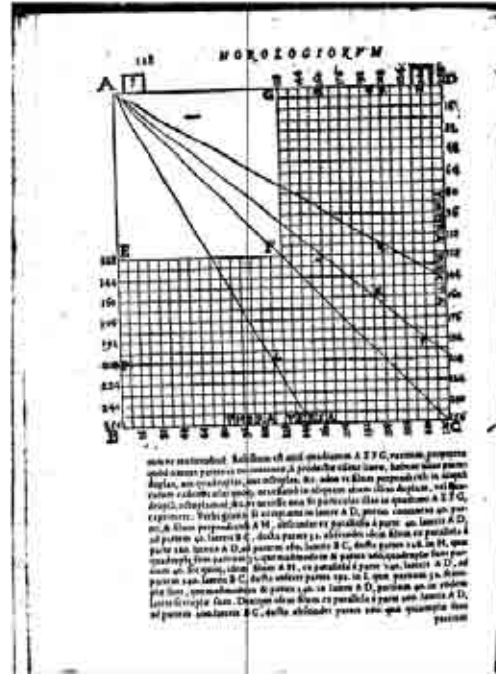
Figura 8.6

La utilización de instrumentos que hemos identificado asociados a la gnomónica, como el cuadrante, permite validar la utilización de los métodos de la misma en otras disciplinas o actividades (figura 8.7 y 8.8)



Cuadrante Clavius

Figura 8.7



Cuadrícula Clavius

Figura 8.8

Tanto el instrumento de lo Bautista como el *horologio* de Clavius, presentan una línea de desarrollo que se continúa con respecto a la pantómetra de Kircher, Esto se mantendrá a lo largo del tiempo, si bien existía una simplificación de los principios geométricos ahí comprendidos, debido al mismo desarrollo del saber de la época. Lo anterior lo muestra aún, la obra de Vicente Tosca, *Compendio Matemático, en que se contienen todas las materias mas principales de las Ciencias que tratan de la Cantidad*, que a finales del siglo XVIII y ya en un

ambiente iniciado en la segmentación disciplinar, señalaba cuáles eran los pasos a seguir para la construcción de los relojes de sol.

Habría que señalar que la gnomónica también se aplicaba a otras artes como la perspectiva o la neumática (figura 8.9). En este tenor hemos mantenido la información a propósito de relojes parlantines (sic) que podrían inscribirse en el rubro de autómatas mecánicos. Encontrar esas relaciones es quizá más comprensible, cuando se recupera aquella fórmula que la tradición entre los iniciados a la pintura y al dibujo aún mantiene y que involucra lo mismo al papel cuadrículado que a los cálculos de fracciones.

Ya para 1603 se encontraban modificaciones al instrumental mencionado, adaptando los progresos técnicos de las lentes.³⁵⁴

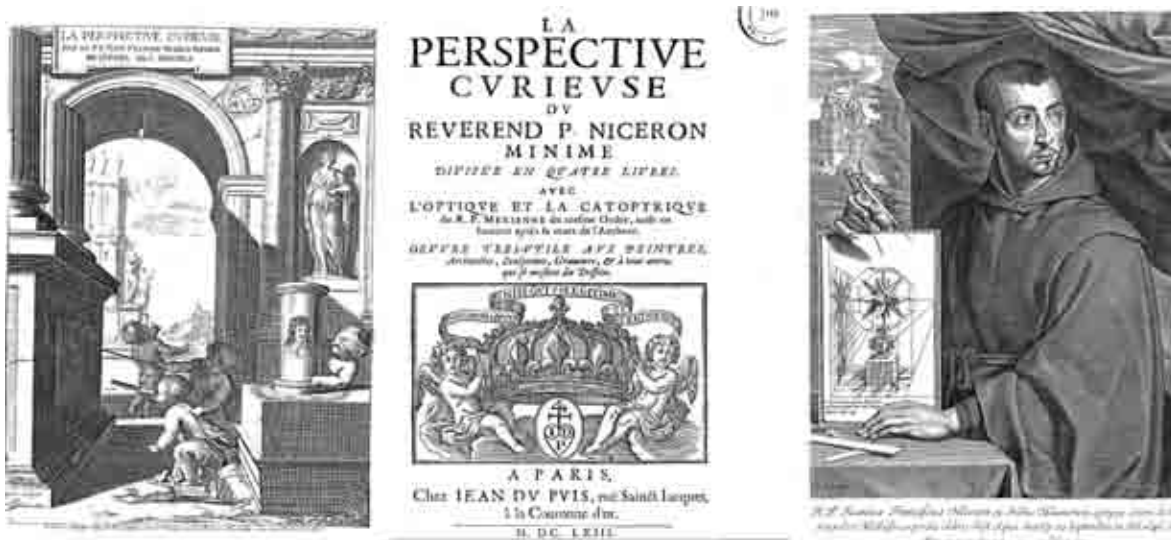
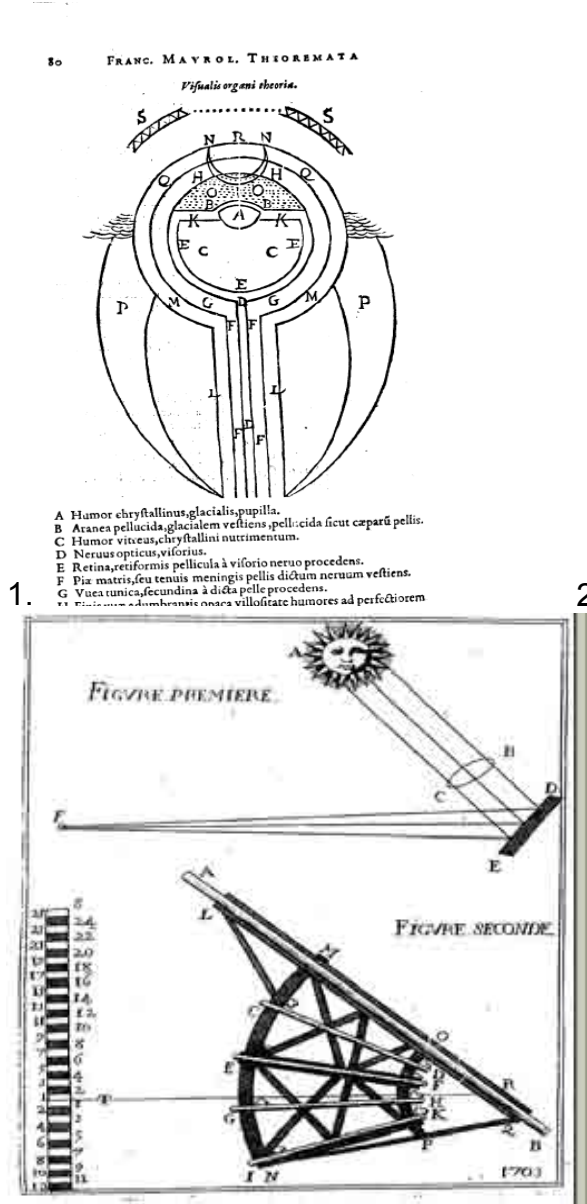


Figura 8.9

³⁵⁴ Vid Kircher y catróptica en este trabajo.

Solo apuntando los estudios asociados a los relojes de sol, tanto eccliotéricos como catrópticos, es posible pretender una somera comprensión del quehacer de la gnomónica. Astronomía, óptica, geometría, balística o teoría del número están ahí comprendidas. Los estudios de anatomía y específicamente, fisiología de la visión también ahí se encontraron (figura 8.10).



MICROSCOPE MICROMETRIQUE,

Pour diviser les Instrumens de Mathématique
dans une grande précision.

GNÔMON HORIZONTAL,

ET

INSTRUMENT ASTRONOMIQUE,

Pour prendre la hauteur des Astres
jusques aux Tierces.

Et l'Aplication des Lunetes Pinulères,
aux Instrumens de la Géometrie pratique.

Avec un Moyen de faire des Observations
sur les Tremblemens de Terre,
& de les pouvoir prédire.

Par M. DE HAUTE-FEUILLE.



A PARIS;
M. DCCIII.



MICROSCOPE MICROMETRIQUE,

Pour diviser les Instrumens de Mathématique,
dans une grande précision,

GNÔMON HORIZONTAL.

INSTRUMENT ASTRONOMIQUE,

Pour prendre la Hauteur des Astres jusques aux Tierces.

Et l'Aplication des Lunetes Pinulères aux Instrumens
de la Géometrie pratique.

Avec un Moyen de faire des Observations sur les Tremblemens
de Terre, & de les pouvoir prédire.



ASTRONOMIE a toujours été estimée au dessus
de la Physique, & des autres parties de Mathéma-
tique, soit par la contemplation de ces immenses
ouvrages de Dieu & de leurs mouvemens, soit par
raport à la Navigation, à la Géographie, à la Chro-
nologie & à plusieurs autres connoissances, de la perfec-
tion desquelles le genre humain lui est redevable.
J'ai eu dans ma jeunesse une forte inclination pour cette sublimé Science,
& considérant qu'elle pouvoit être perfectionnée en plusieurs manieres,
j'ai crû que l'application seroit loisible d'en chercher les moyens. J'ai sou-
haité avec passion d'être en place, ou en état par moi-même de faire des
Observations Astronomiques, & je n'aurois pas desespéré de les porter

.Figura 8.10

8.4 La gnomónica y su hacer en los textos del siglo XVIII

Es nuestro pensar que trabajos como el de Tosca³⁵⁵ o el de Bails, respectivamente libros de estudio de los siglos XVIII y principios del XIX en el territorio colonial, solo pueden ser comprendidos en un justo conocimiento; con respecto a la gnomónica, tanto del herramental conceptual, como instrumental que precedía su texto.

En Thomas Vicente Tosca y su *Compendio Matemático, en que se contienen todas las materias mas principales de las Ciencias que tratan de la Cantidad*, al igual que en Benito Bails, sus *Principios de Matemáticas* o en sus *Elementos de Matemáticas*, se observa ya el proceso de paulatina disolución y posterior desaparición (nominativa) de la gnomónica, Si bien en estas obras la gnomónica se restringe a sus métodos y omite los procesos de construcción de instrumentos, estas obras y su conocimiento son parte obligada en la comprensión de la práctica gnomonista en el ultimo siglo del espacio novohispano.

Considerando, y sin olvidar, el proceso de disolución y diferenciación que se da en el mismo siglo XVIII en áreas temáticas disciplinarias, son validados como formas de estudio, ejercicios como aquellos que Tosca presenta (sobre todo para conocimiento y manejo del calendario) recordando que instrumentos utilizados para la navegación marítima pudieron haberse desarrollados junto al procedimiento matemático y la formación gnomonista. Esta vinculación se hará más patente en el final de este apartado (instrumentos de navegación) y solo se señala en este

355 AHPFM Thomas Vicente Tosca, *Compendio Matemático, en que se contienen todas las materias mas principales de las Ciencias que tratan de la Cantidad*, Presbitero de la Congregación del Oratorio de San Felipe Neri de Valencia, Tercera impresión, corregida y enmendada de muchos yerros de Impresión y Laminas, como lo verá el curioso, Tomo IX, que comprende Gnomónica, Ordenación del tiempo y Astrología, en la Imprenta de Joseph Garcia, año de 1757, 480 p. Presente en el Seminario de Minería como texto.

momento. La sola presentación conceptual del ejemplo siguiente, indica que la comprensión de sus enunciados implicaba, tanto conocimientos de astronomía, como de matemáticas y que todo se encontraba en estricto apego a la reforma calendárica gregoriana y por ende dentro del conocimiento de la gnomónica, como lo reconoce el mismo autor.

— $\text{\textcircled{D}}$ la distribución del aureo numero en el Kalendario Romano.

Supongo lo primero, que como consta de lo dicho, el Aureo numero, Ciclo Lunar, o decemnoenal, no ha sido instruido para otro fin, si para que distribuido por todo el Calendario, demuestre todo los Novilunios, y especialmente el Pasqual: de forma, que en aquellos dias se entienda el Novilunio, a que corresponde en el Calendario el Aureo numero propio de aquel año, y asi el año primero del ciclo solar, que tiene por Aureo número I, aquellos dias del Calendario, sera el Novilunio, en que se hallare, el segundo año dl Ciclo tendra por Aureo numero II, y donde este estuviere, seran los dias de los Novilunios, y así en los demas, hasta que haviendose concluido el Ciclo, vuelva otra vez a entrar otra vez el Aureo Numero” ³⁵⁶.

Otro ejemplo extraído de la misma obra nos dice:

De la construccion, y declaración de la Tabla, que sirve para la equacion de las Epactas.

... solo sirve para indicar que linea transversal de Epactas, se debe usar en cualquier siglo en lugar de los Aureos Numeros; pues como hemos visto, a ciertos tiempos acaban de servir unas Epacta, y entran a servir otras. Dos modos hay para formay, y disponer esta tabla.

Modo. I. Este es facil, seguro y fundado en principios Astronomicos.

Modo 2. y de que usan los Computistas, es el siguiente. 1. Toman por principio, y raiz el tiempo del Concilio Niceno, suponiendo que estoviese ya entonces corregido el Ciclo decemnoenal: la razon porque recurren a dicho tiempo, es, porque en el indicavan los Aureos Numeros en el Calendario los

356 *Idem*, p. 285

Novilunios en los mismos días en que según el computo hecho por las tablas de los movimientos medios, sucedían”³⁵⁷.

La posibilidad de elección, para este planteamiento, es dada tanto por el reconocimiento de los principios matemáticos, que implicaban incluso la construcción de logaritmos, según se desprende del manejo que se da de esta información en el apartado 8.5 de este trabajo, hasta la utilización de instrumental, sin olvidar la observación astronómica misma o el manejo de números irracionales como Φ o proporción áurea.

La estrecha vinculación entre la gnomónica, el calendario y la festividad de la pascua queda ya manifiesta para este trabajo.

—~~Ex~~empl: En este año 1714. es la Epacta XIV. Y la letra Dominical G: pidese el día de la Pascua. Busco en el Kalendario la sobredicha Epacta desde 8 de marzo, hasta 5 de abril, y hallo estar en el día 17 de marzo; y en este día es el Novilunio Pasqual, cuento desde este día inclusive catorze días, y hallo cae la Luna dezimaquarta en el día 30 de Marzo, busco después de este día la letra Dominical G, y veo hallarse en el día 1 de Abril y concluyo diciendo ser este el día de la Pasque.

Hallado el día de la Pasque, se hallaan las demas Fiestas movibles por la dependencia que de ella tienen, observando las reglas siguientes.”³⁵⁸

A diferencia de los anteriores tratados de Clavius y Kircher, el libro de Tosca, en lo que respecta a la gnomónica incluye las indicaciones para identificar las estaciones de acuerdo al calendario religioso.

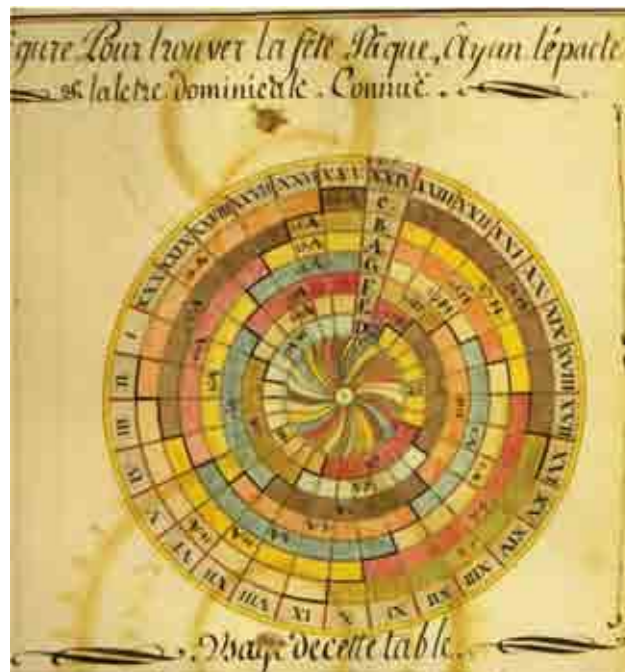
—~~Pa~~ra el miércoles de ceniza, se restaran 46 días, para el día de la ascensión se añadiran 39 días, para Pentecostés, 49 y para Corques Christi, 60 días

357 *Idem* p. 329

358 *Idem*, p 344

—Elmiércoles inmediato después de Pentecostés, el miércoles siguiente a Santa Cruz de septiembre, el miércoles siguiente al día de Santa Lucia en Diciembre, y el Miércoles siguiente al día de Ceniza o después de la Dominica primera de Cuaresma. La Dominia primera de Adviento no depende de la Pascua, si solo de la letra Dominical. Los referentes santorales para los Dominicas eran San Jorge, San Bernabé (11 de junio)³⁵⁹,

También encontramos relativo a la localización de la pascua, la tabla que aquí se presenta y que era propia de actividades como la navegación ³⁶⁰. La utilización de la misma en el mar permitía realizar la datación del viaje al mismo tiempo que en su simple composición, nos evoca tanto la espiral logarítmica como el fuste salomónico propio del barroco.



Jean-Baptiste Denville, *Livre de navigation*, 1760

Figura 8.11

359 *Idem* p. 345

360 *Vid.* Aquí en *De los textos y los versos a la herramienta y el quehacer*. Jean-Baptiste Denville, *Livre de navigation contenant plusieurs manieres de naviguer tres curieuses et meme necessaires a un pilote qui veut se rendre expert en son Art*, 1760, Manuscrit de la Biblioteque municipale de Rouen, Association Sciences en Seine et Patrimoine, editions point de vues, 2 V edición facsimilar, 2008,

Se ha de señalar para finalizar, lo relativo a la obra de Tosca, el hecho de que en su obra este autor hace una clara diferencia entre lo relativo a la astronomía y a la astrología, estando la gnomónica comprendida totalmente en la astronomía, estableciendo los límites para ésta y así como la recomendación de la conveniencia de no pensar que tiene un fundamento mas allá de la razón.

Posterior en el tiempo y circunscrito al ámbito del Seminario de Minería, los textos de Benito Bails³⁶¹, (1730-1797), *Principios de Matemáticas*, donde se enseña la especulativa con su aplicación a la dinámica, hidrodinámica, óptica, astronomía, geografía, gnomónica, arquitectura, perspectiva y al calendario, en 3 volúmenes y la obra *Elementos de Matemáticas*, en 6 volúmenes, ya no permiten la reconstrucción del instrumental de la práctica de la gnomónica, debido a que se encuentran estructurados los saberes en incipientes áreas de conocimiento y especialización. Junto a lo anterior, la idea de ciencia (siguiendo a Koyre) sobre todo, a partir del siglo XIX también habría de incidir en esa aparente paulatina desaparición del quehacer de la gnomónica.

Para reconocer a los estudios de la gnomónica al interior del Seminario de Minería, trabajos como el de José Joaquín Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México*, El Real Seminario de Minería (1792-1811) nos dan cuenta de ello sobre todo en lo que al estudio de las matemáticas se refiere:

361 Benito Bails, (1730-1797), *Principios de Matemáticas*, donde se enseña la especulativa con su aplicación a la dinámica, hidrodinámica, óptica, astronomía, geografía, gnomónica, arquitectura, perspectiva y al calendario, en diversas ediciones que van de 1790 a 1828, 3 vol., del mismo autor se dispone la obra, *Elementos de Matemáticas* en ediciones que van de 1779 a 1781, 6 vol, el Diccionario de arquitectura civil, de 1802 y las *Tablas de Logaritmos* de todos los números naturales desde 1 hasta 2000, posiblemente parte de sus *Elementos*, ediciones 1787 y 1804.

—Desde un principio, su enseñanza (de las matemáticas) fue hecha en los dos cursos prescritos en el plan de 1790, de los cuales el primero, que comprendía la aritmética, la geometría elemental y la trigonometría plana, fue dado por primera vez en 1792, y el segundo, que abarcaba el álgebra, las secciones cónicas y la geometría práctica, incluyendo la subterránea, o sea, sobre aplicaciones de la geometría a las medidas de las minas, en el año siguiente de 1793.”³⁶²

Este autor nos dice que en el Seminario, se decidió adoptar como texto el pequeño libro *Elementos de Aritmética, Algebra y Geometría* del Presbítero don Juan Justo García, aunque también —además— estaban por entonces en manos de los estudiantes distinguidos, —las obras grandes” de don Benito Bails, una de 10 tomos y otra en tres...”³⁶³

El texto de Bails, *Principios de Matemáticas* es reconocido como forjador de las últimas generaciones de profesionales formados al interior del Real Seminario de Minería y merece a nuestro entender, un somero análisis en lo que respecta a su tratamiento sobre la gnomónica.

Hemos de señalar que si bien en los últimos años del siglo XVIII, la gnomónica se encontraba aún en muchas ocasiones en el espacio de la indiferenciación de las ciencias físico-matemáticas, que algunos han denominado matemática mixta o aplicada, por corresponder a las partes cuantificables de la física, que lo mismo incluía a la óptica, la astronomía, la matemática, hidráulica, la

362 José Joaquín Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México, El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, *Profesor de Fisiología experimental en la Facultad de Medicina de la Universidad de México*, Miembro de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, Miembro fundador de la Sociedad Mexicana de matemáticas, Miembro honorario de la American Association of the History of Medicine, Miembro efectivo de la Academia Internacional de Historia de las ciencias, de The History of science society y de otras academias y sociedades, ediciones Ciencia, México, 1958, 271p, p. 72

363 *Idem* p. 73

topografía, la estática, la geografía, la relojería, las fortificaciones, la navegación³⁶⁴, lo anterior no produjo la desaparición de los relojes de sol del espacio nacional independiente mas si contribuyó a la de la gnomónica.

A lo largo del siglo XVIII la profundización en ciertos campos, como ejemplo los trabajos de Laplace y de Maxwell ampliamente difundidos en los círculos de saber novohispanos³⁶⁵, coadyuvo a una mayor especialización más no por ello desaparecieron las técnicas y métodos de la gnomónica.

El trabajo doctoral de Puig Pla, Física, *Técnica e Ilustración en Cataluña, La cultura de la utilidad: asimilar, divulgar, aprovechar*³⁶⁶, presenta un seguimiento analítico, curricular, que nos permite identificar el proceso de reclasificación del conocimiento dado a lo largo del siglo XVIII en España. Lo anterior, necesariamente hubo de incidir en las colonias a través del profesorado de instituciones como el Real Seminario de Minería y los textos que circularon en el espacio novohispano.

A mediados del siglo XVIII, un nuevo elemento habría de contribuir a ese desvanecimiento de la gnomónica, que se encuentra en la génesis de esta investigación. La clasificación del conocimiento que poco a poco iría matizando las áreas del saber, y que es denominada Ilustración, encuentra su principal agente difusor en la Enciclopedia.

D´Alambert condensó en el discurso preliminar de *L´ Encyclopedie*, el espíritu del siglo de las Luces. En el mismo él diferenció entre la ciencia de Dios, ciencia

364 *Técnicas* p. 37

365 Trabulse, Ciencia *op cit*, s 18

366 Puig Pla, *Física, Técnica e Ilustración en Cataluña, La cultura de la utilidad: asimilar, divulgar, aprovechar*, Tesis doctoral, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona, Historia de las Ciencias, Centro de Estudios de Historia de las Ciencias, (CEHIC), 2v, 2006

del hombre y ciencia de la naturaleza. En esta última ubicó a la física y las matemáticas. A estas las dividió en ciencias puras y mixtas (aplicadas). Las puras incluirán a la aritmética y a la geometría, las mixtas a la mecánica, la astronomía, la geometría, la óptica, la acústica, la neumática, y el análisis del azar (hoy probabilística).³⁶⁷

La gnomónica, para D'Alambert se encontraba ubicada en la astronomía geométrica, junto a la cronología y la cosmografía. Estaba ya completamente desarraigada de la óptica, en donde se incluyeron a la catróptica y a la dióptrica, al igual que a la perspectiva y a la óptica propiamente dicha (sic) La acústica también perdió ahí cualquier vínculo histórico.

Si bien esta clasificación no impactó de modo inmediato a la organización del conocimiento en las colonias españolas, su efecto si habría de sentirse.

Incluso dentro de la misma España la polémica por la clasificación de las ciencias se dió y solo la seguiremos para observar el devenir de la gnomónica.

En su análisis Puig nos presenta la organización de Alexandre Saverien, en su *Diccionario de matemáticas y de física*, esta obra si bien no consta en el acervo bibliográfico del Seminario de Minería, se encuentra en número de seis en el Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional (incluso en su traducción al español), por lo que su conocimiento en los grupos especializados novohispanos, se acepta para este trabajo³⁶⁸.

367 D'Alambert, Jean Baptiste Le Rond (151) *Discours préliminaire de l'Encyclopedie. Dins: Encyclopedie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, par une société de gens de lettres. Mis en ordre et Publio par M.Diderot... et quant a la partie mathémétique par M d'Alambert (1751-1757), Paris, Briansson, David l'Aine, Le Breton, Durand, tom 1. en Puig, op cit p. 46*

368 Idem p. 42

Para Saverien las ciencias exactas incluían: aritmética, álgebra, geometría, astronomía, gnomónica, cronología, navegación, óptica, maquinaria e hidráulica. Como artes dependientes de las ciencias exactas incluía: música, geografía, arquitectura civil, arquitectura militar y arquitectura naval³⁶⁹.

Los simples títulos de la misma obra en sus diferentes ediciones dan cuenta del aire de los tiempos:

1753 *Dictionnaire univel de mathématique et de physique ou l'on traite de l'origine, du progres de ces deux sciences et des arts qui en dependente, et des diverses revolutions qui leur son arribes jusqu'a notre tems: avec l'exposition de leurs principes et l'analyse des sentiments de plus celebres auteurs sur chaque matiere*, par Monsieur Saverien, 2 v.

1775 *Histoire des progrès de l'esprit humain dans les sciences naturelles et dans les arts qui en dépendent : saveur : l'espace, le vide, le temps, le mouvement et le lieu, la matière ou les corps, la terre, l'eau, l'air, le son, le feu, la lumière et les couleurs, l'électricité, l'astronomie physique, le globe terrestre, l'économie animale, la chimie, la verrerie, la teinture* : avec un abrégé de la vie des plus célèbres auteurs dansées sciences, Par M. Saverien, Paris

O el texto en español:

1775 *Historia de los progresos del entedimiento humano en las ciencias exactas y en las antes que dependen de ellas* / compuesta en frances por Monsieur Salverine tr. al castellano por Don Manuel Rubin de Celis.

Este último en el catálogo de la Biblioteca Nacional señala como contenido —A saber la aritmética, algebra, geometría astronomía, gnomónica, cronología, navegación, óptica, maquinaria, hidráulica, acústica y música, geografía, arquitectura civil, arquitectura militar y arquitectura naval. Con un compendio de la

369 *Idem* p. 42

vida de los autores más célebres que han escrito sobre estas ciencias” y ubica la unidad temática de la obra como: Historia Universal.

Con esta evolución de la clasificación de las ciencias que en su estructura hace Bails nos permite adelantar el futuro del quehacer gnomonista: La obra de Benito Bails divide a la matemática en pura y mixta. En la matemática mixta reconoce áreas de mayor consideración como la dinámica, la hidrodinámica, la óptica y la astronomía. En aquellas matemáticas mixtas referidas a otras ramas ubica a: la geografía, la gnomónica, la arquitectura, la perspectiva y el calendario³⁷⁰.

Ya en 1845 la gnomónica se ubicaba, completamente desarraigada del total de saberes que la acompañaron en su construcción. Nada de óptica, menos de astronomía, de aritmética, de geometría o trigonometría. Se encontraba aislada, autónoma (como si esto fuese posible), al igual que la arquitectura, la balística, la navegación, o la cronometría³⁷¹.

Es pues en ese contexto que la obra de Bails ha de ser considerada. Sus temas del volumen III nos llevaran a la gnomónica, solo que sin nombrarla.

Ya en la edición de 1779 el mismo autor nos advierte en su prólogo:

—~~Antes~~ de concluir esta breve noticia no podemos dexar de prevenir que incluye este Tomo una novedad que acaso dará que decir a muchos, y es que en los principios de Astronomía demostramos el Sistema Copernicano o la opinión del movimiento de la tierra. Una vez que la tenemos por la verdadera, y es su objeto un punto de Filosofía natural, no cabia en nuestra franqueza disimularlo, y una vez que la demostramos, nos asiste el derecho de pedir que antes de abominar de este sistema se pesen las razones en que le

370 *Idem* p.48

371 *Idem* p 52

fundamos. Sabemos que en otros tiempos se miró como novedad peligrosa esta opinión y se prohibió seguirla, pero se tiene hoy día por tan desacertada en Roma mismo su prohibición, que se ha borrado del Índice del Expurgatorio, y acá en España salio al público sin el mas leve reparo ni contradicción un papel póstumo de D. Jorge Juan³⁷² cuyo asunto es probar el movimiento de la tierra qual la admiten los Copernicanos.”³⁷³

Sobre el particular tanto ha sido dicho que incluso la sola mención parece ociosa. Hemos de ratificar, que los libros referidos a gnomónica no incluían en su texto las discusiones cosmológicas de la época. El volumen de *Los Elementos* de Bails, incluye en su índice: principios de dinámica, hidrodinámica, óptica y astronomía. En estas disciplinas veremos ya aparecer disociados los saberes de la gnomónica: dióptrica y catróptica para la óptica, círculos y movimientos para la astronomía. De los relojes de sol no se habrá de hablar en el texto.

Imágenes previas en el tiempo se muestran elocuentes para considerar, cada una corresponde a distintos universos, sin por ello alejarse en la construcción de su metáfora de la luz. La primera hoy albergada por el Museo Nacional del Virreinato nos remite a los límites geográficos novohispanos del siglo XVII mientras que la segunda debe su factura al espacio de la ciudad de Ámsterdam en el interior de comunidades académicas que sobrevivían a los ambientes de las guerras de religión promoviendo la integración nacional. Esta segunda aparece en el frontispicio de los *Principia* de Newton traducidos al francés por Mme de Chatelet e inmediatamente remite a su tiempo de transición.

372 *Estado de la Astronomía en Europa, y juicio de los fundamentos sobre que se erigieron los sistemas del mundo, para que sirva de guía al método en que debe recibirlos la nación, sin riesgo de su opinión, y de su religiosidad.* Su autor Don Jorge Juan, con Licencia. En Madrid, en la Imprenta Real de la Gaceta, 1774, en Bails, op cit. Nota pie de página prólogo.

373 Bails, op cit. p. s/n prólogo.



Museo Nacional del Virreinato

Frontispicio de los *Principia* de Newton.

Figura 8.12

Figura 8.13

8.5 De los textos y los versos a la herramienta y el quehacer.

En la búsqueda del instrumental utilizado por la gnomónica, fueron los mismos textos los que nos introdujeron. De los versos de Diego López de Arenas en su *Breve compendio de la Carpintería*, sacamos: la regla y el compás, las escuadras y los cartabones, ralibre y nibeles³⁷⁴. Cada uno de estos instrumentos, intrínsecamente ligado al desarrollo de las distintas actividades humanas, productivas o especulativas, fue necesario para la producción de los relojes.

Existían algunos instrumentos menos reconocibles, otros casi desaparecidos o limitados a grupos especializados del área de diseño o de la navegación, por

³⁷⁴ Diego López de Arenas, *Breve compendio de la Carpintería*, p. 127-128 *op cit*

ejemplo el compás de puntas, también llamado compás marino (figura 8.14) ó los cartabones (figura 8.15).

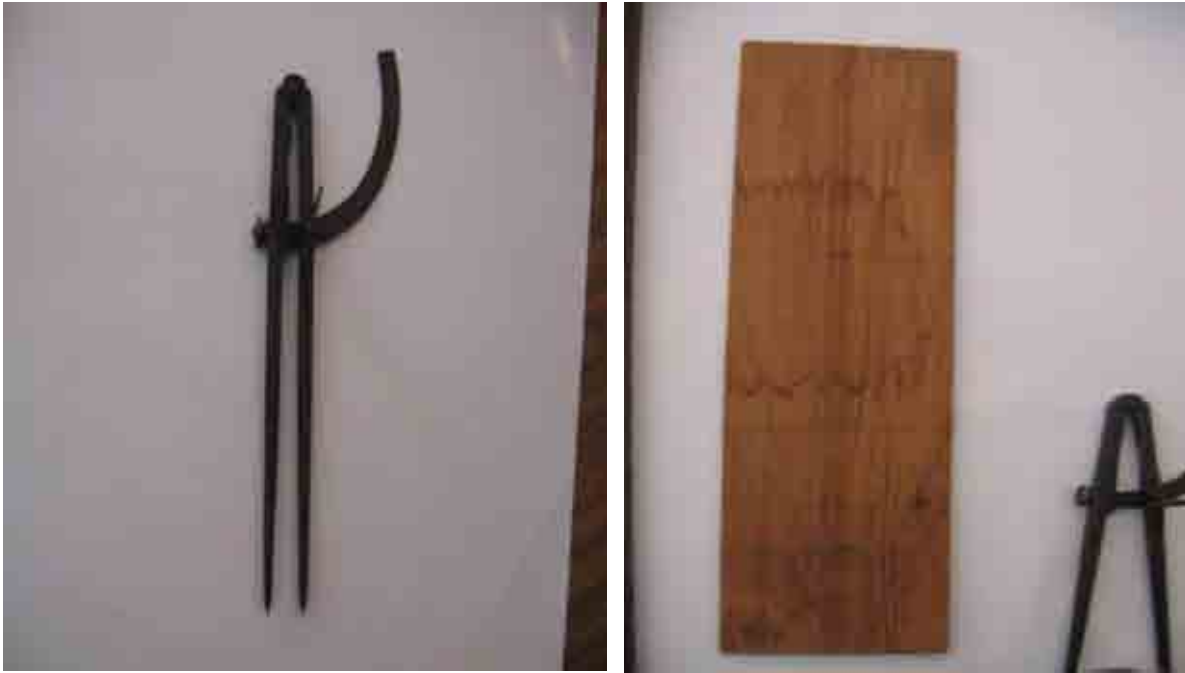
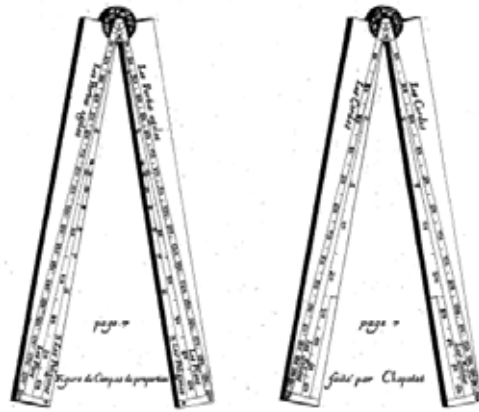


Figura 8.14

Cartabón reproducción del Ing. Jesús Bracamontes para el Museo Nacional del Virreinato
Figura 8.15

No sólo en la artes de tierra se reconocían estos implementos, también para el estudio de la navegación eran un buen punto de partida. Las décimas siguen constatándolo en obras que tienen por finalidad presentar aquellos conocimientos necesarios para la capacitación del oficio. Una currícula en la que la retórica, la matemática y la astronomía se integraban, necesariamente hubo de producir individuos en los que los saberes se fusionaban (figura 8.16).

Compaz, Pluma y Regla son
 Los precisos Instrumentos,
 Sobre cuyos fundamentos
 Das al Nautico Leccion.
 Tu elogio es la Admiracion,
 Como honor debido, en suma:
 Assi es justo se presuma:
 Y assi, mi labio se acorte;
 Pues nunca podrá mi Corte
 Aplaudir al de tu Pluma.³⁷⁵



Compás de proporción³⁷⁶.

Figura 8.16

En la navegación marítima, el reloj de sol cubría, y lo sigue haciendo, un papel fundamental en la formación del marino coadyuvando al posicionamiento de la embarcación y por ende al establecimientos de sus rumbos. No resulta pues extraño que sus técnicas o implementos se mantengan en dicho oficio y profesión. De esta manera los relojes de sol, no sólo cubrían el aspecto estético o visual de su construcción, llevaban aparejados todo el desarrollo de la ciencia de su tiempo, pasado e incluso presente. Hoy, sigue siendo importante para el navegante, no perder el rumbo.

375 Décima de Don Pablo Rodriguez Gonzalez Ossorio, Maestro del Noble Arte de Primeras Letras en CELAYA *El marinero instruido en el arte de navegacion especulativo y practico*. Prologo, VK55,B37,1766,Bib.1,T.I,Ej.1,(303)

376 Ozana, *L'usage du compas de proportion, expliqué et démontré d'une maniere courte & facile & augmenté d'un Traité de la division de Champs*, Professeur en Mathematique, Chez estienne Michallet, premier Imprimeur du Roy, ruë Saint Jacques, a l'image S. Paul, MDCLXXXVIII, 1670

Fue común, en los últimos años de la colonia y en la formación de estudiante medianamente avanzado, e independientemente del ejercicio profesional posterior, el integrar la curricula educativa con cursos de Astronomía y de Matemáticas.

Era reconocido que:

—~~todos~~ los que han pasado los cursos de Matemáticas, y han tratado a fondo la Astronomía, no olvidan estas cosas. Como la Astronomía consiste particularmente en observaciones, se aplica con particular esmero a la construcción de los instrumentos necesarios para este ejercicio (sic): por tanto el conocimiento de estos instrumentos forma parte de la Astronomía³⁷⁷
El reloj de sol formaba parte de esos instrumentos.

La integración simbólica de instrumentos ya en el siglo XVIII, como el compás y la escuadra, puede atribuirse al reconocimiento de las características y cualidades de los mismos en su práctica.

De igual modo, en la interpretación simbólica de los relojes de sol, como se verá mas adelante, se entretrejerán tanto el reconocimiento histórico del conocimiento, como el de la historia de la religión y de la iglesia católica.

Rescata la obra de Philippo Picinello, *Mundos Symbolicus, in emblematum universitate, formatos, explicatus, at tam sacris, quam profanis eruditionibus ac sentiis illustratus*³⁷⁸ (figura 8.17), la estrecha vinculación que se dio entre el objeto (instrumento), su historia, su uso y las cualidades que desarrollaba el mismo.

377 *Entretenimientos sobre las ciencias, modo de estudiarlas y servirse de ellas para consolidar el entendimiento y formar la rectitud del corazon*, escritos en frances por el R.P. Bernardo Lami, Presbitero del Oratorio. Traducidos e ilustrados con notas por Don domingo Uña, Los publica corregidos Don Juan Manuel González y de Nieto, Interventor del Real Peso de esta Villa y Corte, T II, Madrid, en la oficina de Don Benito García y Compañía, Año de 1800. p.37 en Celaya,

378 Philippo Picinello, *Mundos Symbolicus, in emblematum universitate, formatos, explicatus, at tam sacris, quam profanis eruditionibus ac sentiis illustratus*, Celaya CELAYA Idem, Lib. XXI, Cap.IX, pp 172-177



Figura 8.17

Como instrumentos matemáticos, en su función emblemática, se reconocían, ya en 1710, y fuera de las órdenes franciscanas o jesuitas, entre otros: al compás (en sus variantes), la esfera armilar, los cuadrantes, la dioptra, la plomada, el telescopio, el microscopio y sin faltar, el reloj de sol³⁷⁹.

La obra de Picinello se encontraba ampliamente expandida en el entorno novohispano dieciochesco según consta en acervos como el de Biblioteca Nacional donde se resguardan ejemplares lo mismo de conventos franciscanos, carmelitas o dieguinos. Dado que el texto contiene entre otros el origen de la regla Agustina es de suponer que ahí también se encontrara.

379 CELAYA *Idem*, Lib. XXI, Cap. IX, pp 172-177

Del *Tratado de Cosmografía* que se integra en el *Curso Matemático* de Pedro de Lucuce, editado en Barcelona se ha realizado el estudio comparativo de contenidos temáticos. Su conocimiento nos da por sí mismo la posición que guardaba el estudio de los relojes de sol, si bien no se integra ya en él el nombre de gnomónica y se encuentra completamente diferenciada la cosmografía de las áreas matemáticas o de ingeniería.³⁸⁰

TRATADO VI. DE LA COSMOGRAFÍA		392 Pág.	100%
I	De la Esfera Celeste.	141	32,70
II.	De la Geografía.	79	18,30
III.	De la Hidrografía o Náutica	117	.27,20
IV.	De algunas cosas pertenecientes al tiempo.	91	21,10

380 En Rafael Alcaide González y Horacio Capel Sáez., -El curso de cosmografía de Lucuce en las academias de matemáticas militares: el problema de los textos científicos y el desarrollo de la ciencia española del siglo XVIII", <http://www.ub.es/geocrit/tcestin.htm#5>. El ingeniero Pedro de Lucuce, fue director de la Academia de Barcelona desde 1738 hasta su muerte en 1779 y, por la importancia de su labor docente y su influencia en la formación de los ingenieros militares y de otros oficiales del ejército, es una figura de gran importancia en la ciencia española del setecientos. -Para la redacción de su *Curso Matemático* Lucuce eligió, tal y como le imponía la Ordenanza de 1739, el mejor de los tratados de matemáticas existentes en aquel momento en España, complementando, seguramente, su *Curso* con el examen de otras obras que, como ya hemos visto, se citaban en los proyectos que se elaboraron con anterioridad. Dicho Tratado fue el *Compendio Matemático* del padre Thomas Vicente Tosca, cuya primera edición fue publicada en Valencia por Antonio de Bordázar en 1709, y del que se hizo una segunda en Madrid por A. Martín en 1727 y, más tarde, dos nuevas ediciones en Valencia (1757 y 1760). Se trata, como es sabido, de una obra elaborada según el modelo de los cursos matemáticos enciclopédicos publicados en Europa en la segunda mitad del siglo XVII y, en este caso, siguiendo en concreto el *Cursus seu Mundus Mathematicus* (1690) del jesuita Claude François Millet Dechales. El Tratado de Cosmografía, sexto en el orden del *Curso Matemático* de Pedro de Lucuce, constaba de cuatro libros. El primero, titulado "De la Esfera Celeste", estaba dedicado al estudio de la esfera en común celeste y terrestre, y en él se comprendían elementos de geometría, trigonometría y astronomía en su conjunto. El segundo libro, "De la Geografía", trataba de esta ciencia en su vertiente físico-matemática, así como de la delineación de mapas y construcción de los globos terráqueos artificiales. El tercero titulado "De la Hidrografía o Náutica", tenía por objeto la enseñanza de los saberes referentes a los fundamentos de la navegación, así como la delineación de las cartas marinas, la descripción y diseño de instrumentos náuticos, y el planteamiento de numerosos problemas relacionados con las curvas loxodrómicas propios de la navegación por mar. Por último el libro cuarto llevaba por título "De algunas cosas pertenecientes al tiempo" y su contenido se relacionaba en especial con los movimientos del Sol y de la Luna, para la determinación del calendario y de la Gnomónica o construcción de los relojes solares. En el Cuadro nº 2 figura el número de páginas del Tratado, así como las que comprende cada uno de los cuatro libros y el porcentaje de páginas de cada libro respecto del total del Tratado VI.

En la medida que el tiempo transcurrió, la gnomónica como nominativo y como práctica misma, se fue desvaneciendo de muchos sectores. Todavía en 1800, como se deduce de los *Entretenimientos sobre las ciencias, modo de estudiarlas y servirse de ellas para consolidar el entendimiento y formar la rectitud del corazón*, escritos en francés por el R:P, Bernardo Lami, Presbítero del Oratorio³⁸¹ su conocimiento se hacia vinculada a los temas, ya mencionados en este trabajo y con mayor síntesis.

La gnomónica en este libro, de uso corriente en los colegios franciscanos, estaba Inserta en el área del estudio de la matemática y menciona a autores como Apolonio, Diofanto, Theodosio, en la antigüedad, Clavius, Stevino, De la Hire, Ozanam, para los últimos tiempos. Reconociendo los estudios sobre cantidad y operaciones aritméticas en autores como Theodosio, los vincula con los logros de Descartes y de Vieta,

Es de hacer notar que Bernardo Lami recomendaba entre otros la obra de M. Ozanam, *Recreations mathématiques et physiques*³⁸², para profundizar en los temas de la gnomónica en contraposición de la obra de Clavius, que consideraba compleja y poco entendible. Ozanam, sin embargo, en su volumen III y en 1778 ya no menciona los conocimientos directos inherentes a la gnomónica y los integra en

381 Bernardo Lami, *Entretenimientos sobre las ciencias, modo de estudiarlas y servirse de ellas para consolidar el entendimiento y formar la rectitud del corazón*, escritos en francés por el R:P, Bernardo Lami, Presbítero del Oratorio, Traducido e ilustrados con Notas por Don Domingo Ugena, los publica corregidos Don Juan Manuel González y de Nieto, Interventor de la Administración del Real Peso de esta Villa y Corte, Tomo II, Madrid, 1800. CELAYA

382 M. Ozanam, *Recreations mathématiques et physiques, qui contiennent les problèmes et les questions les plus remarquables, et les plus propres à piquer la curiosité, tant des Mathématiques que de la Physique; le tout traité de une manière à la portée des Lecteurs qui ont seulement quelques connaissances legeres de ces sciences*. M. Ozanam, de la Academie royales des Sciences, Tomo III, Paris, Chez Jombert, fils aine, Libraire de Roi, pour le Genie dans l'Artillerie., 1778, 502 p.

el reconocimiento disciplinar de temas como la: astronomía, la geografía, el calendario, la navegación, la arquitectura y la pirotecnia³⁸³, menos aún hace referencia a instrumentos aunque algunas mnemotécnicas se mantienen.

El texto de Ozanam (1778) forma parte tanto del Acervo del Fondo Reservado de la Biblioteca Nacional, como del Fondo del Antiguo Seminario de Minería. Su amplia difusión y disponibilidad son elementos a considerar en la paulatina (aparente) desaparición de la gnomónica en tanto saber sistematizado.

El tema de la aplicación de la gnomónica o bien, de los relojes de sol a la navegación es constante, como se ha visto, incluso a finales del siglo XVIII.

El *Traite de Navigation, abregé d'arithmetique* de Jean-Baptiste Denoville, titulado *Livre de navigation contenant plusieurs manieres de naviguer tres curieuses et meme necessaires a un pilote qui veut se rendre expert en son Art*, realizado en 1760 nos permite un conocimiento somero sobre la utilización y práctica de los relojes de sol en lo concerniente a la navegación ya a finales del siglo XVIII.

La formación escolar de este autor posibilita recuperar someramente su enseñanza en el tema. Denoville, inicio sus estudios en la escuela fundada en la comunidad de Rouen, por los Hermanos de las Escuelas Cristianas. La importancia de la aritmética, en la formación de los estudiantes, era una de las principales características de las escuelas de esta congregación³⁸⁴. No se sabe a ciencia cierta donde continuo sus estudios, pudo haber sido en el colegio de Dieppe fundado por

383 Jean-Baptiste Denoville, *Livre de navigation contenant plusieurs manieres de naviguer tres curieuses et meme necessaires a un pilote qui veut se rendre expert en son Art*, 1760, Manuscrit de la Biblioteque municipale de Rouen, Association Sciences en Seine et Patrimoine, editions point de vues, 2ª edición facsimilar, 2008,

384 *Idem*, p. 30

la congregación del Oratorio (1616) o en alguna escuela de Hidrografía en Rouan. Prisionero de Inglaterra durante la guerra de siete años, es durante ese tiempo que escribe su tratado (1760).

El elemento más significativo del texto consiste en la pulcritud de sus trazos geométricos y la precisión de sus indicaciones aritméticas y astronómicas. Hoy los editores de su obra reconocen que:

—La redacción de un tratado de navegación impone un cierto desarrollo intelectual y bases fundamentales sólidas, en cálculo y en geometría. En lo esencial, la organización de la obra sigue el orden en el cual, con el correr de los años, él adquirió sus conocimientos. Es la aritmética de su infancia, aquello que hoy llamaríamos cálculo, que se inicia la obra. Esta exposición nos permite descubrir el uso concreto que un capitán del siglo XVIII puede hacer de la aritmética³⁸⁵.

La obra de Denoville sólo dedica cinco hojas al tema específico de la construcción de los relojes de sol, específicamente un reloj horizontal meridional portátil, sin embargo permite la reconstrucción; tanto de la producción de los instrumentos, como de los procesos de construcción de los conocimientos, requeridos para la navegación, en el siglo XVIII y con ello establecer la utilización del reloj de sol en este quehacer.

Lectura de cartas de navegación, establecimiento de los rumbos, cálculo de la edad de la luna (calendario), señalar la fiesta de pascua, ecuador, trópicos, círculos polares, zodiaco, declinación/latitud, longitud, construcción y manejo de instrumentos incluyendo compás de rosa doble, tabla circular, tablas de mareas, manejo de cuadrantes, ballestillas (bastones jacobeos), etc, son algunos de los

385 Denoville *op cit.* TII, p. 131

temas que aparecen ligados al oficio del navegar. En lo referente al conocimiento matemático, se muestra la utilización práctica tanto de las operaciones aritméticas básicas como de la construcción de los logaritmos a partir de las necesidades del trabajo. Conceptos geométricos elementales finiquitan con un tratado de trigonometría esférica que no se presenta en la edición facsimilar consultada.³⁸⁶

Por ultimo, reconociendo la necesidad de identificar la unidad de medición en la que la gnomónica se dio, por las proporciones implícitas en ella, principalmente lo referido a la catróptica, señalamos a la vara (figura 8.18)

Ya que las convenciones que homogenizaron a la mayoría de los países, que se encontraban en la esfera de influencia española, en lo referente a pesas y medidas con respecto al sistema métrico decimal, se dan a finales del siglo XVIII, no se ha considerado incluir referentes al respecto. En particular aquella vara que aquí se muestra y es propiedad del Museo Nacional del Virreinato, tiene una extensión de 84 cm. y se encuentra dividida en 12 segmentos de 7 cm. cada uno. Por haber reconocido al interior de la Casita de Loreto los elementos necesarios para tipificar la construcción de un reloj de sol catróptico, hemos de mencionar que la piedra que constituye la mesa de altar que ahí se ubica mide coincidentemente 84 cm., al igual que la vara aquí reportada (figura 8.19).

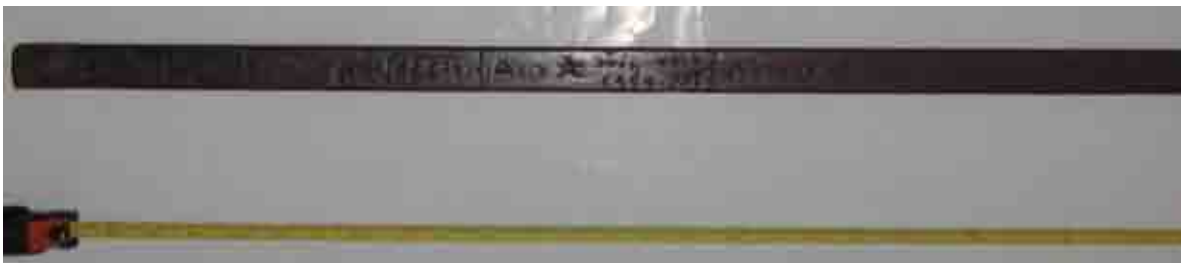


Figura 8.18

386 Denoville, *Idem*, TI



Vara. Museo Nacional del Virreinato. Presenta el nombre —Mta” 1743.

Figura 8.19

No habiéndose encontrado bibliografía alguna, salvo la descripción teórica tanto de instrumentos, como de métodos, y a partir de las observaciones *in situ* realizadas durante el año del 2008 al interior de las instalaciones del hoy Museo Nacional del Virreinato, otrora Colegio San Francisco Javier, se propone el siguiente herramental arquitectónico.

Objetos aparentemente decorativos, dotan al mirar de elementos conceptuales y referentes físicos, para la comprensión de la gnomónica con el simple registro de los fenómenos ópticos, que ahí ocurren. Como ejemplo de esto se encuentra el decorado de cuadrículas ubicadas frente a la entrada de la Casa de Loreto, que sugiere que desde el interior de la casita se tiene un referente de los reflejos de la luz a lo largo del año. Posiblemente se accede así, figurativamente, a la categoría de proto-matriz que años mas adelante será formalizada con el avance del cálculo. Las modificaciones al interior del inmueble impiden la total comprensión del fenómeno tal y como pudiese haber sucedido.



Figura 8.20

Un último elemento, aparentemente decorativo se encuentra al interior del antiguo templo de San Francisco Javier, Tepotzotlán y lo constituyen sus ventanas mismas (figura 8.21- 8.22).



Pared Sur, Antiguo Colegio de San Francisco Javier Tepotzotlán, Edo. de México (templo)



Pared Norte, Antiguo Colegio de San Francisco Javier Tepotzotlán, Edo. de México (templo)

Al centro de la ventana situada arriba del cuadro de San Ignacio de Loyola se observa un orificio que por estar ubicado en dirección sur-este permite suponer que facilita la construcción de una línea lumínica en la época del solsticio de invierno, misma que podría haber desembocado en el suelo en una meridiana, de acuerdo a la costumbre de la época de dentro de la tradición eclesiástica³⁸⁷. Esto no es visible ya que el piso en la actualidad está recubierto por madera. La contraposición con la ventana de la pared norte, tanto en material como en forma, sugiere experiencias visuales, cualitativamente diferentes al iluminarse con la luz del solsticio de verano o de invierno.

387 Heilbron, *Astronomie et églises*, Op cit.

CAPITULO 9

DE LAS FORMAS DE LOS RELOJES, LOS TEMAS Y MODOS DE LA GNOMÓNICA.

La presencia de los relojes de sol en el territorio nacional, es testimonio ineludible de que la práctica desbordó al texto y se insertó en la vida colonial novohispana. No obstante, lo anterior, muchas veces, su sombra o sus reflejos se han desvanecido en el tiempo. En el curso del año 2008 se hizo el seguimiento de los cambios estacionales, al exterior e interior del antiguo Colegio de Tepotzotlán y de ello se extrapolan algunas de las aseveraciones que sobre la práctica de la gnomónica se hacen.

Ya que la recopilación material de los relojes de sol, en el territorio nacional, permite aseverar su pervivencia a lo largo del siglo XIX, algunos elementos tomados de esta presencia decimonónica son incluidos.

En la clasificación actual se ha tomado en cuenta la diferenciación que desde el siglo XVII se hizo patente entre relojes de sol eccliotéricos o de sombra y los relojes de sol catrópticos o catóptricos o de espejo. Ya en el siglo XVIII, esa diferenciación se matiza y se desvanece. En este capítulo se han integrados algunos elementos visuales, insertos en los relojes de sol o en los espacios que los contienen, que llevan en sí mismos contenidos disciplinares y no se limitan a su función emblemática o de memoria colectiva.

El material fotográfico, presentado a continuación, se integró a lo largo de varios años (2004-2009). Durante el año 2008 se procedió a realizar el seguimiento sistematizado de los diferentes espacios del hoy Museo Nacional del Virreinato, en lo referente al movimiento aparente del sol. Varias de las

afirmaciones aquí vertidas son el resultado de las cuatro visitas realizadas durante los equinoccios y solsticios de ese año. La comparación de dichos espacios en diferentes momentos del año permitió identificar *in situ*, algunos de los conceptos contenidos en diferentes textos que se presentan y que en ocasiones pudiesen dar pie a diversos niveles de interpretación. Lo mismo ocurre con los distintos tipos de relojes o signos en estos espacios inscritos. También se ha integrado, en este capítulo, material correspondiente a relojes adscritos en su tiempo a la orden franciscana y recopilado en el transcurso de la investigación.

Para esta exposición se ha tratado de organizar los ejemplos en función de los recintos de cada orden religiosa en cuyos recintos se localizan. No obstante, en ocasiones este agrupamiento no es respetado en aras del análisis o de las comparaciones. En otros casos la organización corresponde a componentes didácticos y expositivos elementales.

Un ejemplo de lo anterior es el seguimiento del reloj de sol más simple: el obelisco.

La forma emblemática del obelisco, tan común en otras latitudes, y no así por ejemplo en muchos lugares de nuestro país, reconstruye los primeros ejercicios de la gnomónica. Esta forma, y es nuestra propuesta, se encuentra mimetizada muchas veces bajo la forma de columnas conmemorativas⁴¹⁸ que herederas de una tradición, vieron su luz desde los primeros años del siglo XIX.

La última referencia que se encontró, a propósito de relojes de sol, en el Archivo General de la Nación fue la mención del trabajo encomendado al arquitecto-escultor (sic) Manuel Tolsa para realizar entre 1793 y 1795 un reloj

⁴¹⁸ Vid, portada de *Mundus symbolicus* de Picinello (aquí p 310)

de sol en un monumento a la entrada del Camino a Toluca y que a la fecha no ha podido ser identificado. Este reloj se supone al interior de propiedad privada en el rumbo de Santa Fe⁴¹⁹. En este archivo se encontró, asimismo, la mención de la existencia de relojes de sol en el Colegio de San Pedro y San Pablo y San Ildefonso⁴²⁰ que aún puede ser inferida por testimonios gráficos del siglo XIX.

El reloj de sol inserto en el monumento que señalaba el inicio del camino a Toluca y encomendado al arquitecto-escultor Manuel Tolsa alrededor de 1808, permite por su datación y localización, comprender tanto la dificultad para identificarlo *in situ*, como las tribulaciones socio-políticas a las que se enfrentó la obra.

Si bien alejado en el espacio geográfico, con respecto a la ciudad de México, el Obelisco de Fresnillo, Zacatecas (1833), es una manifestación histórica de la gnomónica, que no puede ser descontextualizada, tanto de su momento, como de la evolución de su conceptualización por parte de sus

⁴¹⁹ Archivo General de la Nación/ Instituciones Coloniales/ Ayuntamiento./ Caminos y Calzadas. (018)/ Volumen 13/ Título: Expediente 8, Fecha(s): 1793-1794, Nivel de descripción: Unidad documental compuesta (Expediente), Volumen y soporte: Fojas: 146-182, Productores: (Pendiente) Asimismo se encontró mención en Archivo General de la Nación/ Instituciones Coloniales/ Colecciones/ Mapas, Planos e Ilustraciones. (280)/ Título: Elevación de un Obelisco que se proyecta en el puerto alto de las Cruces. Fecha(s): 1795, Nivel de descripción: Unidad documental simple (Pieza Documental), Volumen y soporte: 1 Plano en soporte papel. Productores: Manuel Agustín Mascaró y que señala en Alcance y contenido: Camino México - Toluca. Al centro del obelisco una inscripción no legible, además de contener un reloj de sol. Hay 3 razones principales por las que el ya mencionado obelisco debería ubicarse en el monte alto de las cruces: 1º, por ser el punto más elevado; 2º, por ser el mismo en donde se dio principio a la obra, y 3º por ubicarse justamente en el centro del camino entre la catedral de México y la Villa de Toluca.

⁴²⁰ Archivo General de la Nación/ Instituciones Coloniales/ Gobierno Virreinal./ Real Junta. (099)/ Volumen UNICO/ Título: Fojas: 163v-164 Fecha(s): S/F, Nivel de descripción: Unidad documental simple (Pieza Documental Volumen y soporte: Fojas: 163v-164, Productores: (Pendiente) y que presenta la respuesta a los escritos presentados por "el mayordomo administrador del Hospital de Locas y el cura de Ocoyoacac, sobre que les apliquen algunos ornamentos, se mando tenerlos presentes para cuando se haga la aplicacion general de ellos, y en que en cuanto al estrago causado por uno de los relojes de sol que por el huracan del dia siete cayo sobre los techos del colegio de san pedro y san pablo y san ildefonso, y habiendo declarado el arquitecto don jose de torres, los reparos que se necesitan, se acordo se haga el gasto necesario para ello."

creadores. Dicho obelisco dispone en sus cuatro lados de relojes de sol verticales que coinciden en su orientación con los puntos cardinales.

Aunque situado en los albores de la vida independiente, las cuatro caras de la pirámide, en el Obelisco de Fresnillo, encuentran en nuestra opinión y como se verá a continuación, su génesis y paralelo, en el atrio del convento franciscano de Guadalupe, Guadalupe, Zacatecas, con años de antelación. Una tradición se mantuvo, si acaso se re-contextualizó y actualizó.

9.1 Formas y construcciones

En el Convento de Guadalupe, Guadalupe, Zacatecas, la tradicional cruz atrial se ve sustituida por un pilar⁴²¹ que muestra en cada una de sus caras la imagen de Nuestra Señora de Guadalupe orientada exactamente (medición de GPS) hacia cada uno de los puntos cardinales (figura 9.1).



Atrio del Convento de Guadalupe,
Guadalupe Zacatecas

Figura 9.1



Patio de Aljibes, Colegio de
Tepetzotlán, Estado de Méx.

Figura 9.2

⁴²¹ En términos operativos este pilar y el obelisco son semejantes.

A nuestro entender, esta columna sugiere las primeras indicaciones de la gnomónica al reconocer el norte astronómico, a diferencia del norte magnético, iniciando con ello el proceso de construcción de un reloj de sol al dar los lineamientos geométricos en el plano para el establecimiento de la *meridiana* del lugar. Norte, sur, este y oeste.

La coincidencia entre la cardinalidad, dada por el norte astronómico y los espacios arquitectónicos, la encontramos, al igual que en Zacatecas, en el claustro de los Novicios en el Antiguo colegio de Tepetzotlán (figura 9.2) y que responde a los procedimientos indicados por los textos de la época.⁴²² Esta práctica parece haberse diversificado permitiendo la utilización de diversos elementos constructivos para dicho señalamiento. Este sería el caso de algunas cruces atriales, fuentes, pozos, o incluso desagües que marcan, entre otros, a la meridiana del lugar y sus referentes anuales como se observa al interior mismo del excolegio de Tepetzotlán.

Estudios recientes en Europa muestran que la identificación y elaboración de los elementos constructivos para la meridiana, eran de vital importancia dentro del culto católico, al requerirse de ella para el

⁴²² En la obra de Tosca puede seguirse este procedimiento desde el plano hasta la identificación en la vertical, así como la utilización de esta información para la determinación de la declinación (latitud). Probl.XVII, "Hallar la línea meridiana en los planos verticales, y juntamente la declinación (fig.39 y 40). Operación. Hallada por la proa. 21. lib.I, la línea meridiana en el plano horizontal, se tendrá clavado en la pared el Gnomon que ha de servir para el Relox; y al mismo tiempo que la sombra del Gnomon, puesto en el plano horizontal, cae sobre su Meridiana, observese la extremidad de la sombra del Gnomon que se fixo en la pared y notese con un punto, en la fig. 40 ... Si no se quiere esperar que la sombra del Gnomon, puesto en el plano horizontal cayga sobre se Meridiana, se obrara como se sigue. Operación. Fig. 39. ...a qualquier hora del día observese, así en el plano horizontal, cuya Meridiana es AB, como en el vertical, al mismo tiempo la extremidad de la sombra; y sea por ejemplo en el horizontal la sombra AC, observada antes del medio día y...."op cit. p.57

establecimiento de la fiesta de Pascua en los espacios religiosos, en América, la historia no fue diferente.

“El parámetro llave en el cálculo de la Pascua, era el tiempo requerido por el sol para regresar al mismo equinoccio. El mejor medio de medir este ciclo era el poner una línea meridiana, norte-sur en un gran edificio oscuro, abrir un orificio en el techo, y observar el tiempo requerido para que el rayo luminoso de sol de mediodía⁴²³ regresara al mismo punto sobre la línea. Los edificios más apropiados eran las catedrales: vastas y oscuras. Eran suficientes un orificio en el techo y una línea en el suelo para hacer las observaciones solares. La precisión de los resultados dependía del cuidado con el cual la instalación había sido realizada: posición correcta del orificio, orientación de la línea y nivelación exacta del suelo”⁴²⁴.

El meridiano local puede, así, ser identificado con la observación astronómica o con los registros proporcionados por el gnomon.⁴²⁵ Algo que no hemos de olvidar es que previo a la ubicación del norte y del sur en el espacio, habrá que identificar el este y el oeste, sabiendo que estos solo se muestran con exactitud en los equinoccios.

Uno de los méritos a resaltar de la construcción de meridianas y reconocimiento de meridianos locales es el que su estudio ofrece, a quienes no están familiarizados con las bases de la astronomía la oportunidad de llegar a ellos de manera agradable⁴²⁶ y hemos de puntualizar, convincente⁴²⁷ en la

⁴²³ Identificar si el mediodía al que hace referencia este método es aquel que resulta de la posición del sol en el cenit de los equinoccios de primavera u otoño, o si bien, este es referido al punto cardinal del sur, es necesario en cada caso, ya que este se vera determinado por la latitud del lugar en cuestión y no tiene carácter universal.

⁴²⁴ John L. Heibron, *Astronomie et églises*, Editions Bélin-Pour la science, Collection Bibliotheque scientifique, 2003, 367p, p. 6

⁴²⁵ La distinción entre meridiano local y la acepción actual de los meridianos se da en de la convención establecida para la división de la esfera terráquea en 24 meridianos considerados a partir del Observatorio de Greenwich (meridiano 0) Esta distinción implica una diferencia entre la aceptación del concepto a partir de la construcción del mismo en la observación astronómica o la aceptación del mismo por convención.

⁴²⁶ Heilbron, op cit. p.25

⁴²⁷ Vid. Jean Piaget, *Seis estudios de Psicología*, Colección Ariel 3, Editorial Planeta, México,

cotidianidad. Ya que el gnomon (estilete) sobre el plano, proporciona en el transcurso de una jornada diversas sombras. En el estudio de ellas se encontraran recurrencias que permiten correlaciones como las siguientes:

Una hora	15 grados
Seis horas	90 grados
Doce horas	180 grados

Llegándose así a la correspondencia:

Veinticuatro horas	360 grados
--------------------	------------

La observación de la bóveda celeste se verá, en muchos casos, durante la colonia, (igual que ha ocurrido en multitud de latitudes y momentos históricos): matizada por el referencial de creencias imperante o las estructuras socio-económicas de su época muchas veces e inscrita en el ámbito de las actitudes contemplativas, místicas o de éxtasis. Sin embargo, algo permanece.⁴²⁸ El reconocimiento de lo anterior no desconoce el papel que la misma observación, de la bóveda celeste, tuvo y tiene, en la construcción del conocimiento matemático. En el caso de la gnomónica, esto fue particularmente significativo para la geometría y la trigonometría plana y esférica en su desarrollo hacia el cálculo infinitesimal y se enfatizó sobre todo en establecimientos con función educativa.

Sometido a los avatares del tiempo, el reloj de sol sugerido en el atrio del santuario de Guadalupe, en Guadalupe Zacatecas, a través de la cruz atrial,

1996, 228 p y *La toma de Conciencia*, Ed. Morata, 3ª.ed. Madrid, 1976, 284p.

⁴²⁸ Ya en el siglo XIII, 1230, Johannes Sacro Bosco, había reconocido en el proemio del *Textvs de esphaera* Ioannis de Sacrobosco: introductoria additione [quantum necessarium philosophiae parisiensis academia illustratus / Cum compositione annuli astronomici Boneti Latensis ; et geometria Euclidis Megarensis la division del tiempo menor (corto-diario) al cuadrante, hora, punto, momento,..... atomo, asi como los mayore: semana, mes, año,....Hasta la actualidad algunas prácticas de la comunidad religiosa adjunta patentizan la pervivencia de algunas tradiciones ya casi milenarias.

se encuentra en uno de los claustros del antiguo Colegio Apostólico de Propaganda FIDE construido en 1707 por Fray Antonio Margil de Jesús (figura 9.3)

Abrigado al interior del convento, superpuesto a su masa arquitectónica, se encuentra en el primer claustro del convento de Guadalupe en Zacatecas, un reloj de sol ecsioterico-vertical-doble, mañana-tarde, acorde a las clasificaciones de los siglos XVII y XVIII tal como se desprende de esta investigación.



Figura 9.3

El hecho de ser doble este reloj se da en el estudio mismo de la gnomónica. Las caras de los relojes, dos planos paralelos orientados hacia el este y el oeste respectivamente, son los referenciales físicos del paso (aparente) del sol en la bóveda celeste a lo largo del día. Su confrontación visual, permite identificar la equidad del comportamiento de ese trayecto aparente tanto en las horas diurnas como en las vespertinas. Identificándose así con un referencial visual la correspondencia de los ángulos de la sombra del gnomon con respecto al plano mismo.

En el caso de Guadalupe, Zacatecas, se han identificado en término de líneas, inherentes a los relojes de sol, las siguientes: horizontal, vertical, recta y perpendicular (la cual implica una línea compuesta al requerir para su construcción de dos líneas que en el quehacer de la construcción misma del reloj son asociadas o propiamente, referenciadas, horizontal-vertical, así como la declinación o latitud de los mismo (figura 9.4).



Figura 9.4

La presencia dentro del reloj oriental del claustro primero de Guadalupe, de una marcación vertical coincidente con la sombra el medio día, en aquellos días que el sol se halla en el cenit del lugar, permite seguir los procesos de construcción de los mismos en el espacio nacional al identificar, la inclinación de la cara del instrumento con respecto a la latitud de lugar ($22^{\circ}44'46.90''N$ y $102^{\circ}31'03.93O$) reconociendo con ello la presencia del ángulo azimutal diferenciada del cenit⁴²⁹, pudiéndose así establecer la latitud del lugar.

⁴²⁹ En el caso del reloj occidental (complementario a este) esa línea no es observable debido a la degradación temporal del mismo.

La desviación que presentan los croquis del exconvento con respecto al norte astronómico que forman de parte de su catalogación por parte del INAH (figura 9.5), actual responsable del mismo, puede ser atribuido a un registro mediante brújula (polo magnético) y no mediante registro astronómico como sería el caso de la observación en la gnomónica.

La importancia de la precisión del medio, por el cual se realizó la orientación del inmueble en cuestión, deriva según nuestro punto de vista, del reconocimiento de prácticas derivadas de la gnomónica para la misma. En la observación de las sombras del gnomon, en un solo día, identificando en la mañana una de ellas y reconociendo en la tarde a la semejante, en tamaño, se procede a la identificación mediante mediana del norte astronómico del lugar, al unir los dos puntos finales de la sombra y conformándose un triángulo en cuyo vértice del gnomon se dibuja la mediana en cuestión. Identificándose así, el meridiano local y por ende pudiéndose trazar la meridiana del mismo⁴³⁰.

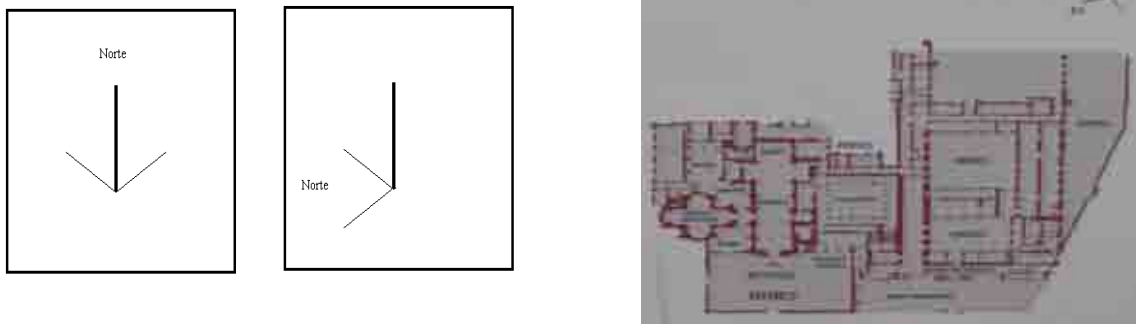


Figura 9.5

El actual ex-convento de Guadalupe, cuyas fechas de construcción se ubican en el los inicios del siglo XVIII recoge una práctica que, solo y solamente en su contexto histórico se comprende.

⁴³⁰ La mediana de un triángulo es una recta que une cada vértice con el punto medio del lado opuesto. Las tres medianas se juntan en un punto llamado baricentro, que es el centro de gravedad del triángulo, es decir el punto del que podríamos atarlo con un hilo y quedaría suspendido horizontalmente. Como se observa en este proceso de localización, la astronomía y la geometría se hermanan.

La comprensión cabal de las aseveraciones siguientes ha de hacerse en el reconocimiento de las practicas geométricas de la época tal y como lo muestra el contenido de libros como el de Alberto Durero en el que en su texto *Instituciones de Geometría*, libro III, referido a los cuerpos sólidos, dará las indicaciones útiles a “arquitectos, canteros y pintores” para que “puedan dibujar entre otros el reloj ordinario en las torres, muros y paredes” necesarias estas para “los ingeniosos”.

Siguiendo a este autor encontramos que la longitud de las líneas que marcan las horas y su correspondiente zodiacal (eclíptica), encuentra un referente físico en las dimensiones del claustro dentro del cual se proyectan las sombras de los rayos de sol. A lo largo del año y sirviendo el mismo brocal como referente espacial se tiene un referencial cúbico (forma del patio) al paso del tiempo (figura 9.6)

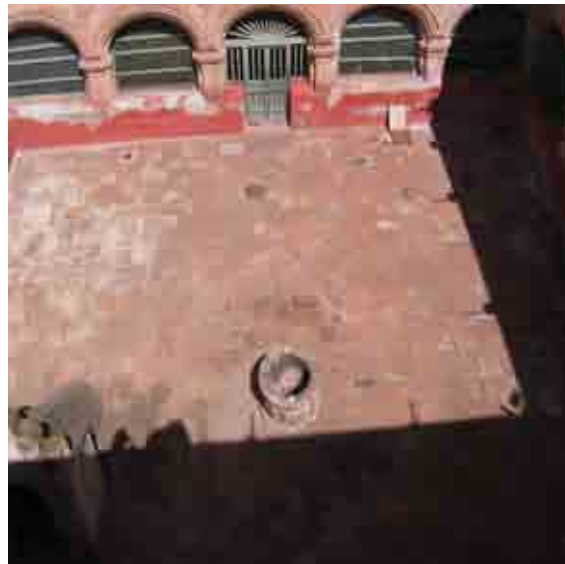


Figura 9.6

Las dimensiones del claustro, sus relaciones por lado, por altura y la comparación y combinación de las sombras naturales dentro del espacio cúbico del claustro fueron para este trabajo un primer indicador de los pasos de

los procesos para la construcción del tiempo a partir de sus referenciales geométricos espaciales⁴³¹ que también se constatan en Tepotzotlán.

La presencia de la orden franciscana en la conquista, su puntualización a través de la tercera orden, su origen y su evolución con los así llamados dieguinos, su tradición de contacto con oriente y su estudio de la gnomónica, son elementos para considerar, que nos permite explicitar el uso y desuso, de algunos elementos arquitectónicos o decorativos al mismo tiempo que nos llevan a enfatizar algunos elementos conceptuales que solamente en ese contexto encuentran coherencia. Como ejemplo de lo anterior podríamos ubicar la definición o no, del zodiaco como elemento nemotécnico visual para la construcción del concepto de eclíptica, dada en la observación del trayecto del sol en un año, a partir de un plano geográfico determinado y determinante (figura 9.7) o el uso de ventanas hexagonales, entre otras.



Figura 9.7



Figura 9.8

⁴³¹ Para identificar los elementos conceptuales que se entrelazan en la observación de la relación entre la formas cúbicas y la luz, Vid, Alberto Durero, *Instituciones de Geometria*, trad. Del latín al español e introducción de Jesus Yhmooff Cabrera, UNAM, México, 1987, 253p pp.227-244

Dada la escasez de relojes de sol que integren en su construcción al zodiaco, es de resaltar la presencia de este en el claustro del ex convento de Guadalupe. El reloj oriental, cara occidental, ya mencionado, del claustro primero del exconvento de Guadalupe, muestra aún visibles: los símbolos pertenecientes al zodiaco (eclíptica), así como las diferentes líneas que permiten la identificación de la longitud de las sombras con respecto a las horas y los momentos del movimiento de traslación: equinoccios y solsticios (figura 9.8).

En el actual Israel son relativamente recientes los descubrimientos y estudios sobre este respecto, tal y como dan cuenta los estudios sobre el reloj de sol encontrado en las cuevas de Qumran⁴³². Estos descubrimientos dan pie a numerosas reinterpretaciones, destacando para el tema aquella referida al esfuerzo, mostrado y patentizado en el testimonio arqueológico, para identificar el punto equinoccial del lugar. Este requerimiento, inicio para la construcción de un reloj de sol, será patentizado en el establecimiento de la meridiana del lugar. En el claustro de Guadalupe, esto es aún visible.

La presencia de numerosos diccionarios hebreo-latín, latín-hebreo, en los acervos bibliográficos del actual Fondo del museo de sitio, del ex-convento de

⁴³² *Die 'Sonnenuhr' aus Qumran.* Glessmer U. And M Albani "An astronomical measuring instrument from Qumran," in: D. E. Ulrich (ed), *The Provo International Conference on the Dead Sea Scrolls. Technological Innovation, New Tests and Reformulated Issues* (STDJ 30; Leiden: Brill, 1999) 407-442.

El instrumento de medición, encontrado en Qumrán en 1954, servía para determinar los puntos de los solsticios, los equinoccios y la dirección horizontal del sol gracias a un sistema de círculos graduados que correspondían a las estaciones. Era también posible dividir el día en secciones o identificar las horas en correspondencia estacional. La relación entre la duración del día y de la noche fundada en observaciones astronómicas referencias con el movimiento aparente del sol condujo al establecimiento de un calendario de 364 días, por parte del grupo esenio que habitaba la zona, a diferencia del calendario judío común que consta de 354 días y es lunar tal como lo muestran los textos de Qumran. Vid.

Guadalupe, así como en la biblioteca Elías Amador, en la ciudad de Zacatecas, constituida con parte del antiguo fondo bibliográfico del convento, dan cuenta del acercamiento histórico entre la orden franciscana y el cercano oriente, en particular Israel. Esta presencia en Oriente prevalece aún en nuestros días. Este reloj de sol es testimonio del acercamiento a los componentes nemotécnicos de la gnomónica con componentes semejantes a los ahí encontrados.

Los relojes del claustro de Guadalupe muestran en sus caras la correlación entre la bóveda celeste observada (constelaciones) y la longitud de la sombra proyectada por el gnomon en la cara misma del instrumento dando ello origen a la comprensión a los conceptos de hora, meses, solsticios y equinoccios.

Como ya hemos dicho, la expulsión de los judíos de la península española y sus colonias, así como la pervivencia de tradiciones a través de los grupos de cristianos nuevos o de cripto-judíos, se encuentra, a nuestro juicio, en estrecha relación con esta práctica y sus componentes, así como su posterior escaso desarrollo, (visible) en el espacio nacional. Entre algunos practicantes de la gnomónica, al igual que en gran número de científicos de la época, es de notar su conocimiento del hebreo. Si bien el Zodíaco o eclíptica encuentran su origen en Egipto y/o Mesopotamia, es en el referente de las cruzadas que, vía Tierra Santa, que las representaciones visuales del mismo se generalizaran en Europa. Será primeramente a través de los franciscanos, simultáneamente que a los viajes y hechos de conquista y colonización, que esta práctica se inserta en el espacio colonial. En múltiples casos la presencia de diccionarios hebreo-

latín en el universo de las bibliotecas coloniales da cuenta de esta vinculación⁴³³.

La presencia de la Inquisición, su celo y su recelo, durante la época colonial quizá ayuda a comprender la no explicitación de los procesos históricos de construcción de la práctica del zodiaco, esto es, sus antecedentes orientales pero es también en la transición de la época colonial al México independiente, que otros elementos, de cuña ilustrada o decimonónica nos ayudan a comprender limitada interpretación. No por lo anterior se pierde la memoria histórica. Tal y como lo muestran numerosos ejemplos, las asociaciones simbólicas con la gnomónica dan posibilidad de reconstruir la práctica misma aunando a esta a su alto valor emblemático. La búsqueda de ese referencial geométrico espacial, presente en el claustro de Guadalupe, queda también manifiesto a partir de la identificación del círculo (imaginario) en el cual se inscribe, en el transcurso de un día, el trayecto de las sombras del gnomon y que corresponden a la relación aritmética dada entre círculo (ciclo), el gnomon vertical (obelisco) y la división del día en 24 horas, correspondiendo cada hora al desplazamiento de 15 grados realizado por la sombra misma.

El espacio de la gnomónica es etéreo y al tiempo que plasma sus signos en las líneas de la carátula del reloj se encuentra inmerso en un mundo creencial (en nuestro caso judeo-cristiano) que lo posibilita y lo abriga. Franciscanos, culto mariano, representaciones seráficas, se muestran ante nuestros ojos para recordarnos un origen y un desarrollo no dicho.

⁴³³ Este interés por la lengua original del Nuevo Testamento, encuentra uno de sus principales promotores en el espacio nacional a Fray Juan de Zumarraga quien a partir de la influencia que el pensamiento de Erasmo de Rotterdam tiene en él, promoverá su conocimiento y difusión en el ámbito colonial. Josep-Ignasi Saranyana, *La filosofía medieval*, Colección de pensamiento medieval y renacentista, EUNSA, 2da.ed. 2007, 530p, p. 442

9.2. La gnomónica eccliotérica.

Como ya se dijo se realizó la búsqueda en el territorio nacional referida específicamente a relojes de sol, de sombra, coloniales a lo largo de casi cuatro años. Resultaría imposible en este trabajo integrar el material así localizado y se ha decidido restringirlo a aquellos que se consideran significativos, sea por ser representativos ya sea por tipo, originalidad, función, etc. Es presente material se ha agrupado como: relojes de sol eccliotéricos franciscanos y relojes de sol eccliotéricos jesuitas.

9.2.1 Relojes franciscanos eccliotéricos o de sombra

A lo largo de la investigación, dentro del territorio nacional se constatado, que son numerosos los ejemplos que de la práctica de la gnomónica perviven, si bien pocos son los que se encuentran aún inmersos en la vida diaria religiosa. Estos relojes aún dan cuenta de la presencia de la práctica de la gnomónica al interior de estas comunidades.

El exconvento de San Francisco de la ciudad de Tlaxcala y en la que esta, a la fecha, la Catedral de Nuestra Señora de la Asunción, destaca por ser el asentamiento conventual de mayor antigüedad, del que se tiene conocimiento en el cual existen relojes de sol en un estado satisfactorio. La documentación descriptiva del espacio permite constatar que no se hace, sin embargo, mención alguna a los relojes que en ese lugar se encuentran.

La presencia de una pareja de relojes *eccliotéricos* verticales norte-sur, muestra el reconocimiento de los movimientos aparentes del sol sobre la bóveda terrestre, a partir de los ciclos estacionales derivados del movimiento de traslación del planeta. No se tiene datación de los mismos si bien por la

construcción del inmueble y el diseño de los mismos, puede situarse en el siglo XVI (figura 9. 9)



Muro norte claustro interno,
exconvento franciscano, Tlaxcala.

Muro sur claustro interno,
exconvento franciscano, Tlaxcala.

Figura 9.9

A diferencia de los relojes mañana-tarde que se ubican en los muros este - oeste de varios claustros, estos relojes norte - sur, presentan dicha exposición a partir del reconocimiento del movimiento aparente del sol a partir de los ciclos estacionales.

Los asentamientos franciscanos en Tlaxcala se remontan a los primeros tiempos de la conquista. En el año de 1524 los frailes, “son recibidos por Maxixcatzin en el poblado de Ocotulco y obtienen del gobernante indígena la autorización para comenzar la construcción de una residencia, de carácter temporal, en los terrenos de su palacio”⁴³⁴.

Las fechas de construcción del convento se sitúan entre 1527 y 1529. Sabemos que el asentamiento, junto al manantial de Chalchihuatl, estuvo

⁴³⁴ Oscar Armando García Gutierrez, *Una capilla abierta franciscana del siglo XVI*, espacio y representación, Capilla baja del Convento de la Asunción de Nuestra Señora, Tlaxcala), Tesis doctoral en Historia del Arte, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2002, p 65

dedicado a Nuestra Señora de la Asunción y, por diversos registros, que tuvo diversas etapas de construcción durante el siglo XVI”⁴³⁵

El conjunto fue uno de los 4 primeros grandes conventos de América, su construcción data de 1537⁴³⁶ y cuenta con dos atrios, uno en la parte alta, delimitado por tres arcos que sostiene un paso de ronda que une al campanario con el claustro. Históricamente esta área es importante por haberse realizado en ella las primeras obra de teatro en lengua Nahuatl⁴³⁷.



Claustro convento de San Francisco, Tlaxcala, Tlax..

Patio convento de San Francisco, Tlaxcala, Tlax.

Claustro, Basílica de Ocotlán, Tlaxcala, Tlax.

Figura 9.10

Los relojes de sol ubicados en el convento de San Francisco, de la ciudad de Tlaxcala y aquel cónico- equinoccial, que se ubica al interior del claustro de la Basílica de Ocotlán, a poca distancia (figura 9.10), dan cuenta de un estudio sistemático y continuo de la gnomónica, a lo largo de los tres siglos de

⁴³⁵ *Idem* p. 66

⁴³⁶ “Gonzalo de Salazar y Peralmidés Chirino (lugartenientes de Cortés) quienes informaban que desde años anteriores dieron prisa en que se ficiese e labrase la Iglesia Mayor desta ciudad (México), e ANSI mismo el monasterio del señor san Francisco Della, e de los pueblos de Texcuco, Huexotzingo, Tlaxcala y Cuernavaca, e dimos para ello el favor e ayuda necesarios.” *Idem* p. 66

⁴³⁷ Información *in situ*.

la colonia. Con ellos esta tradición tendrá en un mismo espacio, exponentes de diversos tipos de relojes a lo largo de un tiempo continuo.

En el patio anexo al primer claustro del convento de San Francisco, y a los relojes norte-sur, se encuentra un reloj de sol vertical, (reconstruido), posiblemente del siglo XVII que muestra una desviación de casi 45 grados (sur-oriente) en su exposición con respecto a los primeros y que evidencia la evolución de la práctica. A poca distancia, en el claustro de la actual Basílica de Ocotlán, se encuentra un reloj de sol ecioiterico, de base cónica, posiblemente del siglo XVIII que también nos ratifica en esa interpretación.

A reserva de una datación más precisa, los relojes del primer claustro han de situarse posteriores a 1552 ya que para esa fecha se encuentra edificado el segundo piso del primer claustro del Convento⁴³⁸, mientras que los demás relojes mencionados pueden situarse entre los siglos XVII y XVIII, respectivamente.

En el atrio de la iglesia de la Asunción, existen cuatro capillas una del Cristo de Centi o de Cortés, una segunda a la Virgen de Guadalupe, una tercera con pinturas retablo del siglo XVIII y un órgano del XIX y una cuarta que presenta una imagen de San Francisco, la pila donde se realizó el bautizo de los cuatro señores de Tlaxcala y un pulpito que tiene la leyenda “Aquí tuvo principio el Santo Evangelio en este Nuevo Mundo”. Es a propósito de este hecho donde encontramos nuevamente una emblemática que resulta altamente significativa para un acercamiento histórico a la gnomónica ya que, como se vera más adelante este referencial de 4 puede, también, tener un componente derivado de la observación astronómica.

⁴³⁸ García Gutierrez, *op cit.* p. 84

Cuatro los señores de Tlaxcala, cuatro los puntos cardinales y, curiosamente como señala García Gutiérrez, un monasterio en un lugar estratégico que pudiera dominar territorialmente las cuatro cabeceras indígenas

En número de cuatro se presentan en el convento franciscano de la Santa Cruz en la ciudad de Querétaro, Querétaro, una serie de relojes sciotéricos verticales con declinación (figura 9.11). La cara de cada uno de los relojes corresponde a una estación del ciclo anual. Siendo esta serie de relojes, por su diseño, y por su ubicación, un elemento significativo para ubicar a la gnomónica dentro de la praxis franciscana.



Conjunto de relojes estacionales (4),
Convento de la Cruz, Querétaro, Querétaro.

Figura 9.11

Dado que en la mayoría de los manuales citados, no se encuentran señalados hemos considerado relevante mencionar, por su estado de conservación y por el estudio que evidencian, estos relojes del Convento de la Cruz en Querétaro.

A propósito de este tipo de relojes Tosca nos dice:

Quatro relojes verticales cardinales.

Relojes verticales, son todos los que se describen en cualquier plano vertical; pero entre ellos hay quatro, que por mirar a las quatro partes principales del mundo, llamo Cardinales. Dos de estos se describen en el plano del vertical primario; uno en la parte que mira al Mediodia; y otro en la opuesta que mira al Septentrión: el primero se llama Austral o Meridional: y el segundo, Septentrional, o Boreal⁴³⁹.

La presencia constante en el tiempo y difundida, en el espacio, de los relojes de sol y con ellos el estudio de la gnomónica, encuentra otro exponente original en el reloj estacional (de cuatro caras) ubicado en Piedra Gorda, Zacatecas (figura 9.12), fechado en 1774, que al igual que los estacionales del convento de la Cruz constata que el reloj de sol correspondía a una práctica en la que la observación de la bóveda celeste y la construcción conceptual estaban aparejadas.



Reloj estacional (de cuatro caras) Piedra Gorda, Zacatecas

Figura 9.12

⁴³⁹ Tosca *op cit.* p. 48

Es en el conjunto franciscano, de la Cruz, Querétaro, actualmente convento donde se ha encontrado la mayor cantidad de representantes de esa práctica franciscana. Sin poder afirmar el manejo exacto del uso de los relojes, su abundancia en el convento de la Santa Cruz llama la atención.



Reloj vertical, de acuerdo a la tradición del siglo XVI

Reloj vertical con declinación, propio del siglo XVII

Figura 9.13



Reloj estacional (en serie de cuatro)

Reloj de sombra en fuente,

Figura 9.14

En un número mayor a diez encontramos todo tipo de relojes. Lo mismo aparecen aquellos relojes que se ubican como tradicionales (figura 9.13) que aquellos que muestran un conocimiento especializado y superior ó mayores elementos para el estudio.

En síntesis podemos decir que en el espacio se encuentran: sin gnomon un reloj de sombra vertical, de aproximadamente unos 40 x 50cm, la base de un posible reloj de hemicycle, en el patio de agua los 4 relojes estacionales, ya referenciados, en el claustro dos relojes de mañana – tarde completamente borrados, en otro patio interno, dos relojes maña – tarde deteriorados, varias bases que por su localización pudiesen con corresponder a antiguos relojes, en la actual cochera un olvidado reloj de hemicycle, en la terraza de los aljibes (en el segundo piso) el reloj de sol que proyecta sobre la cara sur de un obelisco, de aproximadamente 1.20 m, la sombra del gnomon, sirviendo asimismo el espejo de agua y las paredes del mismo como referente del paso aparente del astro sol y que recuerda en su diseño la emblemática derivada del reloj de Ajax (figura 9.14). Muchos rastros más para no perderse.

Sin disponer de material escrito que nos indique el manejo o funcionamiento de los relojes de sol, la platica obtenida en marzo del 2008 con el señor Dimas Flores González hijo del capataz de la hacienda de Ferrería en la ciudad de Durango nos permite inferir:

“Mi papá, que fue el encargado hasta 1935 más o menos, me dijo que los relojes de sol que están allá arriba (ya nada más queda uno) se debían borrar (girar) dos veces al año para que funcionaran, si esto no

se hacia no servían (sic)". Y añadía: "¿Usted puede averiguar de unos relojes parlantines (de agua) y que cantaban? (sic), Ya tampoco están⁴⁴⁰.

Estando los relojes de hemicycleo del patio, situados en las esquinas de los muros norte y oeste y sur y este y siendo comunes en edificaciones de los siglos XVIII y XIX, estos ajustes manuales permitían su exacta marcación. Los relojes de agua mencionados podrían ser considerados como autómatas mecánicos. A lo largo de la investigación se ha observado que con frecuencia los ajustes requeridos para la exacta marcación de los relojes se realizan de manera empírica y con el movimiento manual del gnomon.

9.2.2 Relojes ecstotéricos o de sombra en Tepetzotlán

El espacio del patio de cocinas, en las azoteas, en el hoy Museo Nacional del Virreinato, nos muestra: un reloj de sol ecstotérico o de sombra, de pared (reconstruido). A pocos metros de él, se haya otro reloj vertical que no presenta inclinación alguna (declinación) y tiene un gran avance de deterioro. Pocos metros después se encuentra la base de lo que se supone pudo haber sido un reloj equinoccial.

Como ya se dijo, la presencia de la gnomónica en la orden jesuita fue aparejada al impulso que dentro de ella se dio para la formación académica de sus miembros.

⁴⁴⁰ Plática con el señor Dimas Flores González encargado de la Hacienda La Ferrería en Durango, Durango. Su padre el señor Manuel Flores (1886) y su abuelo Vicente Flores fueron durante el siglo XIX, capataces en la hacienda propiedad de Juan Nepomuceno Flores. Si padre le contaba que había que cambiar el (los) reloj (es) cada 3 meses (estaciones). Se subía a la azotea y lo borneaba (girar) de acuerdo a sus marcas. Se movía por que la varilla (gnomon) daba sombra y había que checar con las sombras de las 6 de la mañana y de la tarde. La Hacienda de la Ferrería, antes Rancho de San Francisco de Piedras Azules, debe su nombre a que había fierro y por lo mismo una fundición. A partir de la compra de Juan Nepomuceno, fue conocida como la ferrería de los Flores. En esa misma plática el señor Flores recordaba algunos objetos curiosos como los "espejos parlatines" (sic) 5 aguamieles, 3 bancas del beso, 2 relojes de arena, 5 mesitas de centro, que estuvieron en la bodega de las nueces y fueron sacadas para la Hacienda de las Flores. Entrevista en Durango, Durango, mayo de 2008

Con respecto específicamente al tema *Los Jesuitas y la ciencia*⁴⁴¹, se presentan una serie de textos elaborados por Artes de México, que de ello se ocupan. Destaca el hecho que no se refieren al tratamiento de la gnomónica si bien si hacen, por ejemplo. el análisis de la obra de Atanasio Kircher, de gran trascendencia en el espacio novohispano. En estos textos se reconoce que en lo que Kircher concentro su energía (entre tantas otras cosas) fue el:

“Utilizar la idea barroca de la agudeza para explicar su manera de abordar el mundo natural...

“El experimento por analogía - cuya importancia es absolutamente fundamental – para entender a Kircher - debe interpretarse como una reducción de la metáfora barroca al ámbito del laboratorio.”⁴⁴²

El seguimiento que durante un año se hizo de los espacios del antiguo colegio jesuita nos permiten atestiguar que si bien, existe un manejo metafórico de fenómenos de luz y de sombras, este no es ajeno a una tradición milenaria de la iglesia católica y por lo mismo no es restrictivo del barroco novohispano. En estudios como el de *Cosmología de los jesuitas novohispanos*, se reconoce la existencia dentro de la misma comunidad jesuitas de grupos convencidos del esquema cosmológico encabezado por Galileo y Newton (sic) así como de grupos no partícipes del mismo. Entre los primeros se señala entre otros a los padres “Clavijero, Alegre y Abad”⁴⁴³. Lo que no se indica, en este texto, fue el nombre de la actividad o texto, que promovió en ellos esa convicción.

Este punto cobra especial importancia al reconocerse que desde su fundación la orden buscó a través de estudios sobre “el *De Coelo y la Meteorologica*, el funcionamiento de la mente, de la percepción y la

⁴⁴¹ *Los Jesuitas y la ciencia, Los límites de la razón*, Artes de México, No. 82,

⁴⁴² Carlos Ziller Camennietzki, *La ciencia barroca del padre Kircher*, Artes de México, No. 82, op cit. p.30

⁴⁴³ Elias Trabulse, *Cosmología de los jesuitas novohispanos, idem*, p. 39

cognición”.⁴⁴⁴. Varios autores reconocen los contactos e intercambios entre la comunidad y científicos “modernos” o “helicentristas” como Bernoulli, MacLaurin y Euler, entre otros. Sin embargo hemos de insistir que curiosamente, no se menciona en estas obras a la gnomónica. Este punto se señala y no hemos de ahondarlo.

Con respecto a la práctica en el interior del Colegio de Tepotzotlán, encontramos un reloj de sol (reconstruido) que se encuentra en la pared norte, con cara al sur, del patio de cocina y que se encuentra inmerso en una tradición que muchas veces es desconocida (figura 9.15).



Reloj de sol eciotérico (de sombras) del claustro de cocinas, Museo Nacional del Virreinato, antiguo Colegio de Tepotzotlán.

Figura 9.15

Menores en número, con respecto al convento franciscano de la Cruz, en Querétaro, los relojes de sol de sombra tienen, en Tepotzotlán, una presencia

⁴⁴⁴ Luce Girad, *La actividad científica en la primera Compañía*, *idem*, p. 9

viva. Esto ya ha sido señalado al mencionar la coincidencia entre los espacios arquitectónicos y las sombras, al mismo tiempo que es patente el uso de una emblemática que solamente es valorada, en una justa dimensión, al momento de retomar una historia de la ciencia y una catequesis.

Siendo un reloj de sol en sí mismo un instrumento, es el objeto que permite la medición del tiempo, en ese patio de cocina de Tepetzotlán, a partir del trayecto aparente del sol en la bóveda celeste. Ese lugar que lo abriga le permite su función y le da, simultáneamente, su sentido.

Constituido por una pared vertical este reloj de sol está dentro de la tradición de los relojes de sol verticales y ecuatoriales. Hoy en día se denomina ecuatorial al reloj cuyo gnomon, estilete o varilla, con el cual se produce la sombra que indica el transcurrir del tiempo, sobre la pared de registro, tiene con respecto a la vertical (del registro), una inclinación semejante a la latitud del lugar. El gnomon, estilete o varilla con su sombra sobre la pared del reloj, permite identificar el transcurso del recorrido aparente del sol en la bóveda celeste. Con esta inclinación el gnomon se encuentra así, en Tepetzotlán, en paralelo al eje terrestre (19 grados 42'45.15" N, 99 grados 13'18.06"O, 2287m altitud GPS).

Como se señaló, anteriormente, un reloj de sol requiere para su construcción de conocimientos de geometría, astronomía y matemáticas, entre otros. Hace pocos años, en el sur de la ciudad de México, se encontró, en el centro ceremonial de Cuicuilco (1999), otro reloj de sol. Ese reloj de sol, producto de pueblos precolombinos, asentados en el mismo altiplano, cientos de años antes, permite así identificar a los relojes de sol (instrumentos), dentro de una tradición que es inherente al ser humano en su esfuerzo por

comprender su entorno para así, posteriormente, actuar en él. Los relojes de sol se muestran así, en el espacio mismo de la conurbación metropolitana y en franca yuxtaposición, más no contraviniéndose, como inclusivos de la naturaleza humana en su aspecto cognitivo. Son resultado del deseo de comprender. Distinta, más no por ello ajena entre ellos, la semejanza de los relojes de sol, que se encuentran en todo el mundo, se da en el hecho de que en el transcurso del tiempo, prehistórico o histórico, el estudio de la observación del trayecto aparente del sol sobre el plano humano, ha producido el avance mismo del conocimiento en diversas áreas. No sólo en relojes de sol eclesiotéricos Tepotzotlán tiene semejantes, veremos, más adelante, que eso también sucede en otro tipo de relojes.

Observando en las azoteas del antiguo colegio se nos muestran, hasta nuestros días, restos de esas actividades. En ellas encontramos: en el mismo patio de cocina, junto al reloj de sol mencionado, otro reloj de sol vertical, posiblemente más antiguo y a pocos metros, con deterioro avanzado de su registro. También se ubicó la base de un reloj de sol ecuatorial y de hemicírculo, en la techumbre del templo y, frente a la terraza sur del conjunto, la base del que pudo ser otro reloj de sol de hemicírculo. La localización (exposición sur) y características de esta última base permiten así suponerlo. Todo lo anterior nos permite confirmar la práctica del estudio de la gnomónica eclesiotérica, de sombra, en esos espacios.

Sin cuestionar la redondez de la tierra, es la bóveda celeste, la esfera perceptual del cielo, la que abriga al ser humano. Como ya se señaló, en el estudio de la bóveda celeste la tradición europea encontró, desde el siglo XIII, en la obra de Ioannis de Sacrobosco (1195?.1256), *Textvs de esphaera* (1537)

un estudio que habría de inspirar al pensamiento y que curiosamente habría de posibilitar autores como Tycho Brahe o Copérnico. La emblemática de la esfera aún se muestra en los retratos de los habitantes del colegio recordándonos su vinculación.

Altamente reconocido, por su esfuerzo didáctico y su rigor expositivo, Sacrobosco inicia su obra en la exposición con la definición de Esfera, dada por Euclídes, en el siglo III a.c, en el libro IX de los Elementos, integrando en ella elementos, más en la línea de Platón que en el seguimiento de Aristóteles⁴⁴⁵ Texto obligado para el desarrollo del conocimiento matemático y astronómico, en más de 5 centurias, inspiró, como ya se dijo a autores como Christopher Clavius o Atanasius kircher y, a través de ellos, a pensadores novohispanos de la talla de D. Carlos de Sigüenza y Góngora.

En el texto que se tiene en el Archivo Histórico de Minería, de Clavius, Cristophorus (1537-1612), *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius. Nunc quartò ab ipso Auctore recognitus, et plerisque in locis locupletatus* se lee:

Ms. en la portada: "[...] de Vega", y en la contraguarda posterior: "en 16 de Octubre de 1693 años me volvió el Br. D. Carlos de Sigüenza este libro. Y se lo presté el mes de abril de 71 y lo tuvo 22 años"⁴⁴⁶.

Lo anterior nos permite suponer, sin lugar a duda el estudio de la obra para quienes en los siglos coloniales se adentraron en el estudio de la observación astronómica, los movimientos de la tierra (incluido el de precesión) o como Sigüenza, en el punto vernal. Con Sacrobosco se consolidó, en una gran parte de Europa, esa asociación emblemática, que identifica, hasta la

⁴⁴⁵ - Philippe Dutarte, *Les instruments de l' astronomie ancienne, de l' antiquité a la renaissance*, Vuibert, Paris, 2006, 290p. p. 15

⁴⁴⁶ Clavius, Cristophorus (1537-1612), *In Sphaeram Ioannis de Sacro Bosco, op cit.*

fecha, a la esfera armilar (símbolo de la astronomía) como el distintivo de los estudiosos de la misma. Recordar a Sacrobosco cuando hablamos del reloj de sol de San Martín Tepetzotlán, implica insertar a este objeto-instrumento, dentro de una tradición milenaria, que incluye a la orden jesuita.

La Compañía de Jesús, fundada por Ignacio de Loyola (1491-1556) oriundo de pueblos de navegantes y astrónomos, en la hoy Vizcaya, España, surge en el momento en el que: el renacimiento, los descubrimientos, geográficos y astronómicos y la reforma protestante, trastocaban el conocimiento de la época, al mismo tiempo que eran producto de ello.

Si bien el trabajo de Clavius se diversifica, a los ojos de hoy, entre las matemáticas, específicamente la geometría euclidiana⁴⁴⁷ y los instrumentos de la época, el frontispicio de su obra *Opera Mathematica*, como hemos señalado, nos da la pauta del por qué de la presencia del reloj de sol en Tepetzotlán

Los distintos elementos de infraestructura (aljibes y cañerías) fueron, en el caso del patio de los aljibes, los elementos visuales que, como referentes físicos, nos permitieron identificar ese movimiento aparente del sol que en el transcurso de un año. Esa observación vinculó no sólo al estudio de las estaciones, sino a la explicación visual de todos aquellos elementos conceptuales que se requieren para la comprensión de los relojes de sol: latitud, longitud, declinación, azimut y demás implícitos. En el patio de aljibes se integraban también aquellos elementos (hidráulicos) que dan constancia de la inserción de los saberes presentes en el estudio de la gnomónica.

⁴⁴⁷ Sabine Rommevaux, *Clavius une clé pour Euclide au XVI siècle*, Mathesis, Librairie Philosophique, J.VRIN, Paris, 2005, 313 p
Antonella Romano, *Clavius: el surgimiento de la disciplina matemática, Los jesuitas y la ciencia, Los límites de la razón*, Artes de México, No.82, 2005, pp. 22-27.

Finiquita en la infraestructura de la cocina, con su reloj, estancias refrigerantes y dotación de agua, todo un saber matemático-astronómico que llama la atención por su complejidad de diseño y desarrollo tecnológico (figura 9.15). A pocos kilómetros de distancia encontramos aún el acueducto de Los Arcos (figura 9.16), mudo testimonio de una infraestructura hidráulica que desembocaba en esa fuente octagonal

Es así como, de modo simbólico, y esta es nuestra propuesta, específica para el patio de cocina, como el cielo y tierra se hermanan. El octágono, forma de la fuente, se nos dará así como testimonio de un saber en el que, un octante y un cuadrado geométrico, nos remiten a una historia de las matemáticas, pasando por el conocimiento de la gnomónica y de los instrumentos que se encontraban, ayer igual que hoy, en permanente construcción



Figura 9.16

9.3 Relojes catrópticos: Jesuitas y franciscanos

En el caso de los relojes catrópticos hemos de puntualizar nuevamente a partir de dos elementos altamente significativos:

- La catróptica incide en su tema de estudio, en una de las áreas más significativas del nuevo modelo científico: la óptica
- La vinculación de la (óptica) catróptica con la gnomónica es quizá una de las áreas de dicho saber, que mas rápidamente se diluyó en el tiempo diferenciándose de los demás componentes de la práctica.

Asimismo, hemos reconocido que la práctica de la gnomónica no quedo restringida a orden religiosa alguna, si bien jesuitas y franciscanos, por su labor educativa habrían de tener ahí un papel a resaltar. Al igual que órdenes como la de la Merced o la de los carmelitas, un elemento aparece como común en este acercamiento de ambas órdenes: su interés por el cercano oriente.

Independientemente del evidente nexo dado por los componentes de algunas de las creencias, los componentes de aquello que aún en el siglo XV, todavía se denominaba la nueva ciencia, principalmente matemáticas, explican ese acercamiento. Del nexo arte-religión-ciencia, tenemos bastos testimonios y aquí presentaremos algunos.

Como hemos dicho con anterioridad, llega la gnomónica proveniente de España, desde los viajes mismos del descubrimiento, al territorio nacional. Esta se dio como resultado de una construcción de conocimiento que en el espacio territorial hispano contenía elementos provenientes tanto de la cultura musulmana, la judía, específicamente la sefardí, como de recursos

constitutivos del mundo religioso cristiano y del desarrollo de la misma practica en diversos gremios.

Junto a los contenidos científicos específicos a la práctica de la gnomónica catóptrica, hemos de señalar algunos elementos a considerar para su cabal comprensión.

1. Las discrepancias religiosas que se manifestaron primeramente a lo largo de los concilios españoles, toledanos por ejemplo, y posteriormente de concilios como los lateranos, que fueron ahondando la diferenciación y estigmatización religiosa entre las tres religiones monoteístas que durante siglos cohabitaron en el suelo de la península ibérica, más no impidieron la convivencia de las mismas.

2. El distanciamiento entre los grupos religiosos, a partir de los siglos XI y XII que habría de ser, en algunos casos, promovido por intereses particulares o poder político y que sin embargo, muchas veces fue matizado a lo largo de los siglos XII a XIV e incluso subsanado al interior de algunas ordenes⁴⁴⁸.

Visto lo anterior y encontrando en la gnomónica un espacio en el que coincidieron, en el territorio colonial novohispano, elementos propios de tradiciones religiosas así como componentes de la práctica y la formalización del conocimiento, llamado científico, nos es menester principalmente para la comprensión de las muestras de la gnomónica catóptrica, desgranar un aparente constructo en el que ciencia y religiones se hermanaron. Los aportes musulmanes (herramental y textos), las contribuciones judías, en términos de

⁴⁴⁸ Como ya dijimos, prueba de esto ultimo se dio en el espacio de las llamadas Escuelas de Traductores, (Toledo-Troyes-Nuremberg) donde coincidían especialistas de las tres religiones a fin de promover la traducción de los clásicos griegos y romanos que habrían de fecundar, más adelante el espacio renacentista. En este punto destaca, en lo referente a la contribución árabe, el trabajo de Juan Vernet, *Lo que Europa debe al Islam de España*, El Acantilado, Barcelona, 1999, 560 p, p. 31,32 y 167

ritual y calendarización, e incluso emblemática, así como las contribuciones cristianas a través de la praxis de las diferentes órdenes religiosas y organizaciones civiles, dieron por resultado un hacer y un pensar que ha de ser cuidadosamente comprendido y resaltado.

La gnomónica, como se ha dicho, proviene de una tradición milenaria, en el espacio colonial tuvo que integrar el conocimiento de los relojes de sol, su estudio y producción, a la problemática de los siglos XV a XVIII europeos y posiblemente con los mismos propósitos de evangelización. La gnomónica catróptica específicamente, integró en sí, no sólo el estudio del movimiento aparente del sol, sino también el estudio de la luz y aquellos implementos necesarios para su conocimiento.

Dada su temporalidad, su trascendencia europea, su íntima conexión con la conformación (es nuestro punto de vista) con numerosos aspectos de la identidad nacional y el escaso tratamiento del tema, la expulsión judía del territorio español tiene elementos a resaltar, a propósito del tema que nos ocupa: la gnomónica catóptrica y sus manifestaciones en el territorio nacional, a raíz del reconocimiento de la migración de cristianos nuevos a las colonias.

Los componentes hebreos, a través de emblemáticas y prácticas calendáricas, permitirán comprender no solo el papel de la religión judía en la ciencia sino también y particularmente en la construcción de la reforma gregoriana, al promover este un calendario luno-solar, entre otros. Siendo al interior de esta reforma que la obra del jesuita Clavius adquiere relevancia, para este tema, por constituir la visión "oficial" de la ciencia de la gnomónica el impacto de las tradiciones hebreas, aunado a los aspectos cripto-judíos que en

el tema se encuentran, enfatizar los vínculos encontrados nos podría ser necesario.

Ya circunscrito al objeto estudio específico de la llegada de la gnomónica a nuestro territorio, el estudio de esta, la luz y el sol en lo general, estará inmerso en problemáticas que lo mismo tocan a sistemas cosmográficos (Clavius-Galileo), como a las entidades nacionales productoras de la ciencias (Snell-Descartes) o a los movimientos de los polos del saber dados a partir de la expulsión judía primero en España y posteriormente en Portugal, así como a con la constitución de un imperio español que bajo la corona de los Habsburgo inmiscuiría a Flandes y a los Países bajos.

Altamente significativo en el estudio de la historia de la gnomónica, en especial la catróptica, resulta el seguimiento de las redes sociales que a ella se abocaron o bien aquellas que en su momento las desconocieron. Fue Oxford el establecimiento medieval donde el estudio de la luz se entronizó. La orden franciscana ahí tuvo una fuerte influencia alrededor del siglo 13, mientras que Paris siguió más de cerca los principios aristotélicos y se deslindó de ese estudio⁴⁴⁹. Junto con lo anterior hemos de recordar que entre los siglos XIII a XVI parece haber habido principalmente un olvido de lo referente a la óptica árabe, salvo el hecho, de acuerdo a Michel Serres que “ciertos grupos quien sabe como tenían acceso a esa información”⁴⁵⁰. Para nuestro tema también nos resulta primordial reconocer que en el ámbito árabe la ley de la refracción tiene una incipiente formulación alrededor del siglo X, sin continuarse en ello⁴⁵¹(sic)

⁴⁴⁹ Serres *op cit* pag 301

⁴⁵⁰ Serres, *idem*

⁴⁵¹ *Idem*

Ante la información que se extrae en el hecho de que ante la ley de la refracción (en su acepción moderna) se encuentre una doble autoría, Snell-Descartes, así como ante el hecho que en los respectivos diccionarios inglés-francés se omita a uno u otro, según la referencia, y ante la convivencia del primero con la comunidad sefardí reconversa al judaísmo en Ámsterdam, y la formación escolar de Descartes dentro de establecimientos jesuitas como el Colegio de La Fleche, se nos pone sobre la mesa una problemática que en nuestra opinión afecta al quehacer científico de la gnomónica. El reconocimiento de la formulación de una entidad nacional a partir del quehacer científico puede permitir concluir también que la adopción y difusión de un determinado esquema científico, nos confronta a una problemática de ámbito político y no sólo al cuestionamiento a un paradigma científico en cuestión.

Ya que nuestro trabajo se concentra en la realidad novohispana y la gnomónica, y en este apartado principalmente en los relojes de sol catróticos, estos señalamientos nos son relevantes al incorporar específicamente a las órdenes franciscanas (de mayor tradición neoplatónica) y la orden jesuita (acusada incluso de hebraizante), con el reconocimiento de una expulsión judía y la confrontación del recién imperio español, a la problemática religiosa al integrarse en el reinado de Carlos V los territorios de Flandes. Estos espacios así como su cercanía con Ámsterdam y la problemática de la gnomónica catrótica, primero en Europa y de ahí a la Nueva España, con los descubrimientos que Snell, o Huygens, entre otros, van a impedir, a nuestro parecer, que la gnomónica catrótica se formalizara.

El comentario de “Quien sabe como algunos sabían....” en la obra de Michel Serres y el reconocimiento, sugerido, de Frances Yates de que el

movimiento rosacruz pudiera vincularse con el pensamiento pitagórico y la obra de Euclídes⁴⁵², así como su consecuente evolución en el espacio europeo, nos obliga a remarcar nuestra siguiente aseveración, Sin adentrarnos en ello.

La pervivencia de antiguas rutas de comercio y comunicación abiertas a raíz de las cruzadas, como el camino de peregrinación de Compostela, cuyo origen se encuentra en los antiguos caminos romanos de comercio y de extracción de mineral, reconocidos como centros de intercambio pluricultural y cuyo desarrollo se encontraba asimismo vinculado a los centros de traducción propios de la baja edad media (Toledo-troyes-Nuremberg), vinculó a las escuelas hebraístas de la península ibérica con las acusaciones posteriores a los grupos de la Compañía de Jesús con su interés hebraísta o, a la orden franciscana con su callada tolerancia ante la conversión judía en las colonias españolas, ex profeso la nueva España.

Dada la confluencia cultural que se da en la península ibérica, algunas palabras pueden ayudarnos a nuestra re-construcción⁴⁵³.de la práctica Estas palabras, nos muestran, a nuestro entender, la confluencia intercultural española, la influencia árabe y hebrea en nuestro hablar que no se reducirá a ello sino que afectó actividades y pensamientos. Son hebraísmos: abad, abadía abuelo, alfa, alfabeto, amen, amigo, beta, delta, dos, edén, esfera, gama, israelita, Jehová, Jesús, judío, kappa, lambda, luna, mago, medida, misterio, vacuo, zafiro, amén, aleluya y hosanna entre otras⁴⁵⁴. Las palabras de origen árabe nos son más conocidas: algoritmo, hola, aljibe formaron parte de

⁴⁵² Frances A:Yates, *El iluminismo rosacruz*, Colección Popular, No. 209, FCE, México, 1981, 324p

⁴⁵³ J. Winiecki, *Hebraísmos españoles*, Vocabulario de raíces hebreas en la lengua castellana, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1959, 88 p. pp. 27-58

⁴⁵⁴ Idem..

nuestro acerbo cultural del bachillerato. Las palabras, no son solo sonido, son sobre todo el eco de un hacer y de un quehacer, e incluso, un pensar y un creer.

¿Que componentes árabes y judíos se encuentran en una ciencia, la gnomónica, y sobre todo la gnomónica catróptica, que se inserta en nuestro territorio nacional en el momento de una reconquista y una expulsión? Una nueva pregunta para no responder y solo proponer escuchar a las palabras.

¿Cómo llegan a la Nueva España los conocimientos de la gnomónica?, ¿Quiénes la realizaban? Otra respuesta para apenas esbozar: albañiles, carpinteros, marineros, abades y posteriormente, mineros y militares fueron algunos de los sectores que importaron directamente su práctica. Unos por creencia, otros por sobrevivencia, otros más en vivencia simple.

Con frecuencia se hace referencia a la influencia de pensadores como Averroes, Maimónides o Lulio en la elaboración del pensamiento medieval europeo. Poco se enfatiza, y es nuestra opinión, su labor como matemáticos, astrónomos, físicos o médicos expresamente. En la construcción de una cultura totalizadora como la renacentista, hombres con visiones y quehaceres hoy llamados holístico era requerida. Neo-platónicos, pitagóricos o alquimistas, su quehacer resultaría innovador. Su trabajo habría de impactar a pensadores y productores como Kepler y Galileo y, por que no, Clavius y Kircher. Cuando algunos iniciaron a mediados del siglo XIII el estudio de la luz, ¿A que luz se refieren? ¿Existió en esta problemática un iluminismo novohispano?

Reflexiones como la anterior nos permiten empezar a comprender como producto de la simbiosis de grupos de saber interreligiosos, tanto a emblemas, como a prácticas, que podrían haber cobijado la pluralidad y sobretodo,

garantizar la pervivencia, que lo mismo tocan temas religiosos, que de ciencia, que de convivencia.

Como muestra de lo antes dicho estarían, según nuestro entender y sólo a manera de ejemplo: la Cruz de Caravaca o Bastón de Jacobo⁴⁵⁵, las posadas en México y Portugal⁴⁵⁶, ligando estas a la aparición de la januquilla (derivada de la menora) y los procesos de guerras religiosas que habrían de desembocar en un criptojudaismo, o incluso el mismo culto guadalupano, cuyo origen en Cáceres pudiese estar inscrito en la profusión de vírgenes “negras” en España ó el reconocimiento religioso a las *madres* de la religión judía (figura 9.17).

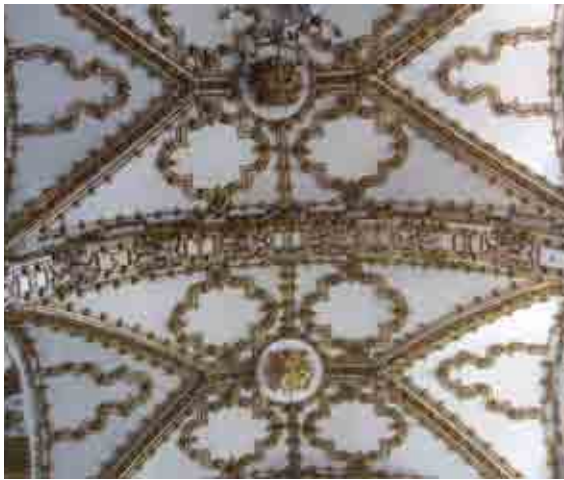


Figura 9.17



Figura 9.18

Ntra. Sra. de la Asunción, exconvento de San Francisco, Tlaxcala, Tlax.

Presentes en el techo de la nave principal de Catedral de Nuestra Señora de la Asunción anexa al antiguo convento de San Francisco en Tlaxcala⁴⁵⁷

⁴⁵⁵ Jacobeos en España

⁴⁵⁶ Rafael Solana, *Las posadas*, Artes de México, V. 13, No.72, 1966, p. 14 1 16

⁴⁵⁷ Aunque por extensión no se ha profundizado en este apartado, existe una bibliografía complementaria que permite establecer los pensamientos precedentes: José Amador de los Ríos, *Historia de los judíos de España y Portugal*, Tomo III, Desde Juan II hasta la dispersión, Turner, Madrid, 1988, 657p. Evelyne Kenia, *Historia de los judíos españoles hasta 1492*, ediciones Paídos, Barcelona, 1995, 164p, José Ramón Anega, *Los Judíos en el reino de Galicia*, Editora Nacional, Cultura y Sociedad, Madrid, 1981, 720p. José Jiménez Lozano,

Ocotlán se leen los nombres de dos de las “matriarcas” madres del pueblo judío”: Sara, Rebeca y Esther, unida al periodo persa y la fiesta de Purim y Judith, ligada a Macabeos y la fiesta de Januca, todo ello unido en Tlaxcala. Interpretar una presencia es posible en tanto se reconoce el contacto e intercambios que el pueblo hebreo mantuvo con los pueblos de oriente reconocidos por sus prácticas astronómicas y los pueblos griegos a los que heredaría un alfabeto. Ese mismo espacio, de la Catedral de Nuestra Señora de la Asunción no es ajeno a la influencia musulmana y tiene evidencia de la misma a través de muestras de arte mudéjar (figura 9.18)

No es tema de este trabajo el dilucidar sí es o no, la gnomónica, representativa de un paradigma determinado. Si es tema, a partir de la investigación el reconocer a la gnomónica en tanto participe de ese movimiento de transformación a partir de su estudio, su práctica y su instrumental.

Se acepta, sin discusión, que fue en torno a las matemáticas, la física y la astronomía donde se gestaron y desarrollaron los fundamentos de una visión llamada “científica”, y que fue en torno a personalidades como Rene Descartes e Isaac Newton que ese “cambio” se materializó. Circunscrito a nuestro tema una pregunta nos parece pertinente: ¿Conocían estos personajes a la gnomónica, sus métodos y objetivos? Es significativo para nosotros que ambos tuvieron aportes tanto en óptica, como en matemáticas.

Sobre judíos, moriscos y conversos, 2da. Edición, Ámbito ediciones, Valladolid, España, 1994, 143 p. Alicia Gojman Goldberg, *Los conversos en la Nueva España*, UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán, B'NAI B'RITH, Nuevos cuadernos de apoyo a la docencia No. 4, México, S/F, 230p. Yosef Kaplan, *Judíos nuevos en Ámsterdam*, Estudios sobre la historia social e intelectual del judaísmo sefardí en el siglo XVII, Gedisa editorial, Barcelona, 1996, 190p. Aaron Steinberg, *Los judíos en la edad moderna, siglos XV – XVIII*, editado por el Ejecutivo sudamericano del congreso judío mundial, Buenos Aires, 1970, 30p.

Sin habernos permitido en este trabajo, desarrollar una respuesta, el estudio mismo del contexto histórico de estos pensadores nos responde.

Entre los siglos XVI y XVIII, tienen lugar en Europa, las llamadas Guerras de religión, que habrían de matizarse dependiendo de la geografía y el momento mismo. Estas luchas si bien son reconocidas en torno a disputas dentro del pensamiento del cristianismo, tuvieron, en sí, un fuerte componente de problemática económico-político que no puede soslayarse. La medida en la que la ciencia, sus contenidos, sus instituciones e incluso sus métodos de trabajo, se vieron determinados por este contexto ha sido ya apuntado, sin embargo algunas consideraciones parecen escapar a esas reflexiones, como se constata en la investigación personal realizada. Junto con la llamada numeración arábica, fue desde la península ibérica que se difundió la traducción de *Los elementos* de Euclides y el *Almagesto* de Ptolomeo, primeramente al árabe y posteriormente al latín o al hebreo, hacia el resto del continente. Fue desde ahí, desde ese territorio peninsular donde la geometría y la astronomía griegas se difundieron, La trigonometría, la óptica, la cronometría, la ciencia de la agrimensura, entre otras, hicieron desde ahí, su aparición en el contexto europeo.

¿Quién es quien para la ciencia?. Nos parece inútil y estéril, ¿cómo se construye la ciencia?, eso es otro quehacer, ¿quienes la construyen?, no necesariamente nos parece atendido.

9.3.1 Los relojes de Tepetzotlán

A varios kilómetros del centro de la ciudad de México, y ya casi totalmente integrado a la mancha urbana, encontramos el Museo Nacional del Virreinato. El actual Museo se ubica en el antiguo Colegio y Casa de Probación de

Tepetzotlán (1585), y en el mismo sitio en el que ya existía el Colegio de San Martín de Tepetzotlán para niños indígenas. Después de algunos años de indefinición (ya que el noviciado migra a la ciudad de Puebla), a partir de 1606 y hasta 1767, fecha de su expulsión, será Tepetzotlán, la sede del noviciado de la orden jesuita.

La Compañía de Jesús, fundada por Ignacio de Loyola en 1540, tuvo a su cargo conformar, en el territorio colonial novohispano, una elite barroca, científica, que en ocasiones parece desligada de nuestro saber actual. No obstante, la historia de la ciencia nos presenta ahí un semillero de estudio y difusión del conocimiento.

Ya vimos que entre los muros del Antiguo Colegio se eleva al firmamento, hoy restaurado, un reloj de sol. Ese reloj de sol, es mudo testigo de un tiempo casi olvidado y una ciencia muchas veces metamorfoseada en el devenir del mismo. Como se ha dicho, la ciencia que se ocupaba de la construcción de los relojes de sol era la gnomónica. Dentro de ella sus variantes, relojes de sol de sombra, eccliotéricos, o de espejos, catrópticos, habrá de manifestársenos.

La gnomónica formó parte hasta el inicio del siglo XIX de una currícula reconocida como “matemáticas aplicadas”. Los conocimientos implícitos en la construcción de un reloj de sol, ya se ha mencionado, van desde astronomía, geometría, aritmética hasta conocimientos de hidráulica o navegación, entre otros, encontrándose ahí en Tepetzotlán una muestra de la aplicación de ese saber.

A fin de conseguir Identificar los elementos conceptuales y de disciplina o especialización, implícitos en la teoría y en la práctica, se ha procedido entre otros métodos, a la reconstrucción de los procesos de construcción de algunos

relojes y el seguimiento durante el lapso de un año de espacios arquitectónicos estrechamente vinculados a la práctica gnomonista. Sea en el norte, o en el centro y sur, asociados a misiones o colegios, de franciscanos y jesuitas, o a otras ordenes religiosas, los ejemplos que disponemos nos permiten reconstruir esa práctica.

Relojes verticales, horizontales, inclinados, en fuentes de agua, sobre paredes, en fachadas, en atrios, claustros, cornisas, de mañana-tarde, estacionales de dos o cuatro ejemplares, en canteras diversas, coloridos y originales gran parte de ellos. Los relojes se mostraban y demostraban.

Fue en establecimientos consolidados dentro de la actividad educativa, y esta es nuestra propuesta, que la práctica de la gnomónica encontró sus mayores ejemplos formales. La función pedagógica de los establecimientos y la estructura de la gnomónica, lo explican. Este es el caso Colegio de Tepotzotlán, de la Compañía de Jesús. Si bien la construcción del seminario se dio en los últimos años del siglo 17 y la expulsión de la orden acontece en la primera mitad del 18, la labor e influencia de la Compañía referida al tema de la gnomónica se extiende con anterioridad y posterioridad a esos años.

Como ya se señaló, dentro de los autores jesuitas de los siglos XVI y XVII expresamente relacionados con los relojes de sol encontramos a Clavius y Kircher. Ambos con obra expresa ubicada dentro de la gnomónica. *Gnomonices, libri octo* de Clavius y la *Gnomonicae Catoptrica* de Kircher y ya trabajados en esta investigación. En ambos autores encontramos la diferenciación de relojes de sol en: de sombra y catóptricos

En el estudio de los espacios de Tepotzotlán, se encuentra que el reloj de sol situado en el patio de cocinas del Colegio corresponde a un reloj de

sombra, mientras que los interiores de las instalaciones como la capilla de novicios, la Casa de Loreto o el Camarín de la Virgen están dentro de la acepción de los relojes de sol catóptricos.

Como ya se dijo, el mismo Kircher nos dice:

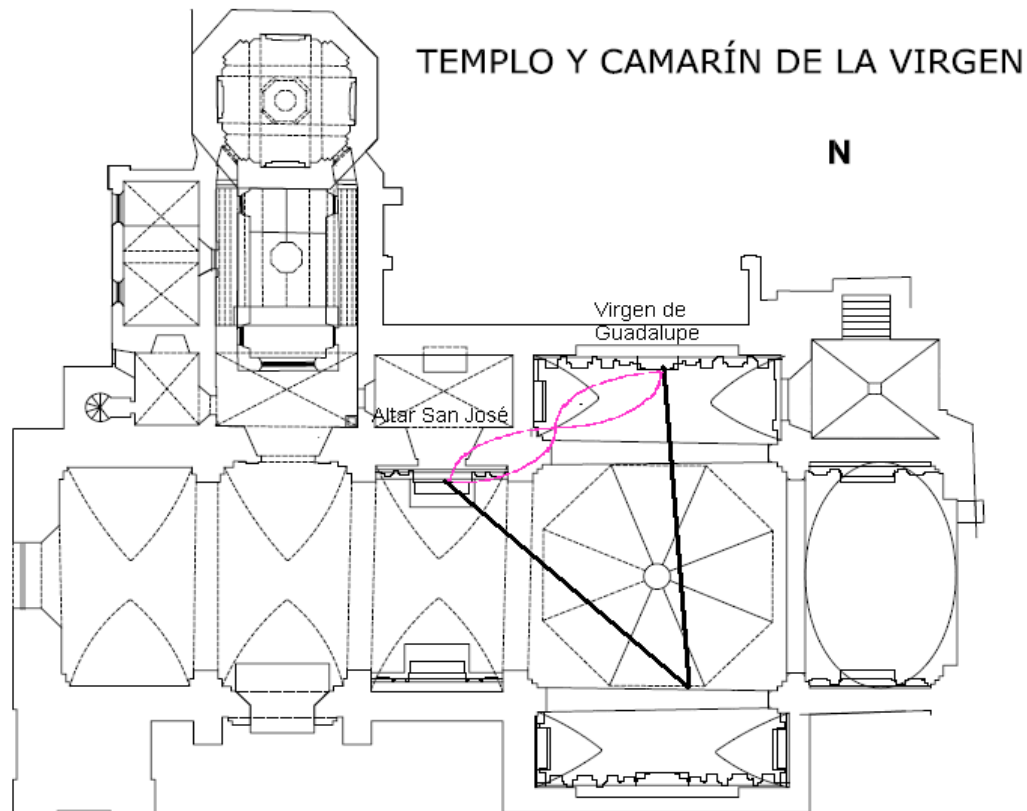
Difieren los Catóptricos de los esciotéricos [o de sombra], porque el reloj reflejo, o Catóptrico, no requiere necesariamente ni sitio determinado, ni elevación del polo, ni declinación del muro, o semejantes irregularidades, ni, lo máximo, la línea meridiana, como nosotros en algunas cosas manifiestamente lo hacemos; pero puesto en cualquier lugar, en cualquier declinación, inclinación, o elevación que el espejo fuera colocado (lo cual es muy digno de admiración) con un simple y único rayo reflejado, se puede construir el reloj, hacia cualesquiera superficies irregulares y discontinuas del solo instrumento que refleja y que suple con un auxiliar, con ausencia de todas aquellas cosas que se han dicho; así ciertamente, como el rayo reflejo del espejo desde un plano horizontal al vertical, de aquí al equinoccial, y de aquí al meridiano Oriental u Occidental, o al inclinado declinando y avanzando, produce tantos y diversos relojes cuantos planos se presentan, todo lo que atraviesa⁴⁵⁸.

La observación continua y con diversas iluminaciones naturales, a lo largo de un año, de los espacios de Tepotzotlán nos permite ubicar el funcionamiento de esos relojes catóptricos o catrópticos.

Referido expresamente a estos relojes y su construcción encontramos en la obra de Atanasius Kircher el estudio de las cónicas. Con él habrá de validarse el estudio simultáneo de la obra de Apolonio de Perga sobre la Díoptrica y las cónicas al interior de los estudios coloniales. En lo referente a los relojes de sol catrópticos, parábola, hipérbola y elipse ahí fueron estudiadas. Resaltar el significado actual del concepto de meridiano, como

⁴⁵⁸ Kircher, *op cit.*

aquella línea perpendicular a la línea del ecuador, difiere del proceso de identificar la meridiana “luminosa” o “de luz”, que en el interior del templo se produce y que sólo en la observación sistemática del espacio es posible reconocer a partir del conocimiento de una *horología catrónica* y los elementos de creencia en ella implícitos.



Meridiana luminosa al interior del ex - templo de San Francisco Javier (solsticio de invierno). Plano proporcionado Museo Nacional del Virreinato, Tepotzotlán. Edo de México.

Figura 9.19

Una meridiana “luminosa” (que como tal hemos denominado) en el contexto del ex – templo de San Francisco Javier, será aquel trayecto que en el curso de un día seguirá el haz de luz que, a través de la ventana sureste de la cúpula del crucero, ingresa al recinto para, principalmente en las fechas

cercanas al solsticio de invierno, iluminar la emblemática de San José y de la Virgen de Guadalupe ahí situadas y estableciendo así una simbiosis emblemática y de conocimiento que vincula a ambas imágenes (figura 9.19).

Trabajos realizados como el de María del Consuelo Maquivar, *Los retablos de Tepetzotlán*⁴⁵⁹, permite integrar, conceptualmente, la profunda adecuación que entre gnomónica, en este caso catóptrica, y hagiografía se da al interior de los espacios religiosos del antes colegio.

Estos aparentes efectos escenográficos han de ser considerados en el contexto de creencias que les produjo. Ejercicios como este se encuentran en franca concordancia con los trabajos de Bernini⁴⁶⁰ ubicados al interior mismo de una contrareforma y un quehacer jesuita, lo que nos permiten así su comprensión. Las definiciones anteriores de Athanasius Kircher, sobre los relojes catrópticos, dan paso a esta re-lectura. Trabajos como el de Heilbron, *Astronomie et églises*, nos permiten así decirlo.

Como ya hemos señalado, a lo largo de un año se hizo el seguimiento de los espacios interiores del antiguo colegio de Tepetzotlán con el fin de poder constatar en ellos, lo que a catróptica se refiere.

No hay un lugar, no hay un solo espacio en el que la gnomónica en el hoy Museo Nacional del Virreinato no este presente. En el caso de la gnomónica catróptica su evidencia se da solo en el espacio vivido y en el esfuerzo de una conceptualización.

A lo largo del año los espacios van mostrando el movimiento aparente del

⁴⁵⁹ María del Consuelo Maquivar, *Los retablos de Tepetzotlán*, INAH, Museo Nacional del Virreinato, Colección científica, catálogos y bibliografía, México, 1976,

⁴⁶⁰ Por ejemplo el diseño superior del obelisco situado en la Plaza del Monte Citorio y que permite a través de un orificio el ingreso de la luz a fin de construir la meridiana (en ese caso norte – sur) de y que se muestra previamente en este trabajo, en la ciudad de Roma.

sol en la iluminación primera que ahí se da. El conocimiento de los componentes básicos de la creencia católica, permiten identificar el vínculo entre espacio-iluminación y creencia. Esto se manifiesta incluso en ciertos momentos del año y con el énfasis de las representaciones ahí comprendidas (figura 9.20)



Primer rayo de sol, Solsticio de invierno, Templo de San Francisco Javier, Tepetzotlán.

Iluminación primera del templo de San Francisco Javier, Tepetzotlán., Solsticio de invierno



Camerin de la Virgen, Equinoccio de Primavera, Casa de Loreto. Tepetzotlán

Capilla de Novicios, Equinoccio de Primavera, Tepetzotlán

Figura 9.20

También como ejemplo de lo anterior está el retablo en el que se muestra la imagen de la Virgen de Guadalupe. En este caso, la iluminación se da en torno del solsticio de invierno y se enfatiza hacia mediados de diciembre. En esa época un primer rayo se introduce por el orificio que se encuentra en la pared sur del templo, inicia en el retablo de San José para finalizar en el de la Virgen de Guadalupe. En el camino, la forma de un corazón ha de aparecer. Efecto óptico auxiliado de conocimientos geométricos, nos recuerdan el norte astronómico para no perder el rumbo.

La proyección del haz de luz que a través del orificio de la ventana sureste corre durante el día, del altar de San José hacia el retablo de fundadores, el efecto de corazón, que es dado por el ángulo de los pilares, queda proyectado hacia el norte (figura 9.21)



Orificio de la ventana sureste de la cúpula del crucero, ex templo de San Francisco Javier, Tepotzotlan



Reflejo sobre la imagen de Santa María de Guadalupe emulando la jaculatoria, Puerta del cielo.



El estado del cristal, dividido en dos partes, no permite que el fenómeno se complete.



Corazón, efecto luminoso, solsticio de invierno

Figura 9.21

El efecto del corazón, logrado mediante el haz de luz, parece encontrarse íntimamente ligado a la emblemática de la época y encuentra sus semejantes, en nuestra opinión, tanto a nivel pictórico como arquitectónico en diversos ejemplos⁴⁶¹(figura 9.22), como el presentado con anterioridad, en este trabajo, del Sagrado Corazón de Andrés López o la emblemática del Sagrado Corazón del Convento del Desierto de los Leones que con su localización, en la esquina de los corredores, indica el norte astronómico del lugar.



Sagrado Corazón, Andrés López, óleo sobre lamina de cobre, siglo XVIII, Museo Nacional del Virreinato

Emblemática del Sagrado Corazón, Convento del Desierto de los Leones.

Figura 9.22

⁴⁶¹ Hemos considerado que el estudio particular de este caso de *horologia catoptrica*, merece un mayor abundamiento técnico que se encuentra aun en realización.



Camerin de la Virgen, equinoccio de primavera, Tepotzotlán,



Camerin de la Virgen, basílica de Ocotlan, Tlaxcala.



Interior de la Casita de Loreto
Equinoccio de Primavera



Sagrario del ex templo de San Francisco Javier, Solsticio de verano



Capilla domestica (de novicios) al alba y 9am equinoccio de primavera.



Figura 9.23

Estos efectos se reproducen lo mismo al interior del templo que en las capillas anexas y encuentra símiles en algunas construcciones franciscanas como la basílica de Ocotlán en la ciudad de Tlaxcala.

Las imágenes lumínicas, producto de los reflejos y haces de luz, se sucederán a lo largo del año dentro de las construcciones de culto, aunque conviene resaltar que se enfatizan, en una simbiosis creencial – científica, en los momentos estacionales mas significativos del año. El estudio de los elementos aparentemente decorativos, cobra justificación a partir de la práctica de los relojes y su consabida muestra de relojes catrópticos.

Los distintos retablos por ejemplo Virgen de la luz, Cruz de Caravaca, San José, Virgen de Guadalupe, cobran su sentido en la aplicación de un conocimiento que no solo era creencia, sino también ciencia aplicada e historia religiosa (figura 9.23).

9.3.2 Los relojes catrópticos franciscanos, Nuestra Señora de Ocotlán

Si bien la construcción del santuario de Ocotlán, se da en el siglo XVIII, esta no puede desvincularse de una tradición local de la gnomónica y de la que dan cuenta los relojes del convento de Tlaxcala, así como de la influencia de las comunidades de nuevos cristianos que habrían de movilizarse en el siglo XVII hacia el norte del territorio colonial.

Al igual que los espacios de Tepetzotlán, la basílica de Nuestra señora de Ocotlán, estará vinculada tanto al culto mariano como al culto del Sagrado Corazón de Jesús.⁴⁶²

⁴⁶² *Historia de la Milagrosísima imagen de Nuestra Señora de Ocotlán*, edición facsimilar, Instituto Tlaxcalteca de Cultura, 2008, 148p.

El caso del santuario de la imagen de Nuestra Señora de Ocotlán en Tlaxcala nos dota elementos de lectura de algunos de los espacios religiosos coloniales de los siglos XVII y XVIII a la luz, tanto de información proveniente de elementos de una cultura judeo-cristiana, como del desarrollo de la ciencia. Estos espacios, como respuesta de redes sociales a las reformas borbónicas, en el espacio colonial nacional nos proveen de consideraciones que a nuestro juicio ejemplifican la práctica de la gnomónica.

La presencia de comunidades judaizantes en Tlaxcala quedó constatada en el juicio establecido en contra de Jerónimo Farfán, de oficio pintor y que habitaba dicha localidad⁴⁶³. Varios elementos nos permiten suponer la participación de conversos en la iconografía del templo mismo, aunado esto a la práctica de la gnomónica catróptica:

El diseño de la cuadrícula de la parrilla de San Lorenzo que evoca tanto el cuadrado de Aarón (también presente en Tepetzotlán en el pectoral de Melquisedec), como la distribución temporal de las estaciones del ciclo anual, o los 12 meses del año trópico, los arcos que se encuentran en la nave del templo a los cuales ya nos hemos referido y la selección misma del santo patrón, San Lorenzo, reconocido como protector de joyeros y cuyo oficio ha de ser asociado a prácticas añejas para la observación y el estudio de la luz.

Destaca la basílica de Ocotlán por contar en su interior, igual que en la Casa de Loreto de Tepetzotlán, de un Camerín de la Virgen octogonal (ochavado). Estas edificaciones se asemejan no solo por forma sino por latitud y curiosamente se complementan. Ambos se sitúan arriba de los 19 grados norte

⁴⁶³ Solange, *op cit.*

Mayor puntualización requieren a nuestro juicio los arcos en la nave de la basílica de Nuestra Señora de Ocotlán y que ostentan los nombres de las matriarcas del pueblo hebreo: Sara, Rebeca, Esther, unida al periodo persa y la fiesta de la Pascua del cordero, y el de Judith ligado a Januca y el libro de Macabeos.

“Israel celebró su primer *Shabat HaGadal* en Egipto, en el décimo día de Nisán, cinco días antes de su redención. En aquel *Shabat*, los Hijos de Israel recibieron su primera *mitzva* (precepto) que rigió únicamente por ese momento y no para las futuras generaciones. En el décimo día de este mes (Nisán)... tomará cada uno un cordero por casa paterna, uno por familia. (Éxodo 12:3) Esta *mitzva* de preparar un cordero para el sacrificio de *g*cuatro días antes de realizar la ofrenda fue especificada solo en relación con aquel primer *Pesaj* en Egipto,... sin embargo, el pueblo de Israel la siguió cumpliendo, dedicando estos días al examen de sus corderos, verificando que no tuvieran ningún defecto que los pudiera invalidar para ser sacrificados.”⁴⁶⁴

El Libro de Esther recuerda el cautiverio de los judíos en Babilonia y sus esfuerzos de sobrevivencia. Así pues, por precepto, el pueblo judío debía leer la *Hagadah* o Libro de Esther y este era difícil tenerlo en América sin levantar sospechas⁴⁶⁵.

La cuenta del tiempo altamente determinante para la salvación del pueblo de Israel, ya que la última plaga habría de llevarse a cabo en día 10 de Nisán, está también vinculada con el equinoccio de primavera (Nisán) y la bendición de los árboles, festividad que también tiene lugar en dicho mes. De igual manera se mantiene hasta la actualidad la bendición del sol o *Birkat Hajama*,

⁴⁶⁴ Kitov, *op cit.* v 1 p 37.

⁴⁶⁵ Gojman, *op cit.* p 81-82

que puede ser recitado únicamente en Nisán y cada 28 años⁴⁶⁶ (años hebreos y por consiguiente luno-solares), esto es al comienzo de cada ciclo solar o *tekufa*⁴⁶⁷. Los puntos estacionales son así reconocidos dentro del ritual hebreo como: Tekufat Tamuz (solsticio de verano), Tekufat Tevet (solsticio de invierno), Tekufat Nisán (equinoccio de primavera) y Tekufat Tishrei (equinoccio de otoño).⁴⁶⁸

La fiesta de Purim, asociada al nombre de Esther como el Ayuno de Esther, se desarrolla a partir del 13 Adar, último mes del año (luno-solar) judío. Es el recordatorio de aquellos elementos como el encubrimiento, el disfraz y la solidaridad, permitieron a lo largo del tiempo, y en específico durante el periodo persa, la pervivencia del pueblo judío⁴⁶⁹.

Por otra parte, el nombre de Judith se encuentra ligado a la festividad de Januca, la cual se realiza durante 8 días y comienza a partir del 25 de Kislev, en cada una de las noches se encienden velas.

⁴⁶⁶ Este periodo esta determinado por la precesión de los equinoccios.

⁴⁶⁷ “El comienzo del ciclo solar siempre tiene lugar en el mes de Nisán, y en el mismo día de la semana (martes por la noche), aunque no siempre en el mismo día del mes. A veces ocurre al principio del mes, otras en la mitad, y otras hacia el final del mes. Solo una vez cada 541 años el ciclo comienza en el mismo día del mes tal como ocurrió en la Creación. Sin embargo, este hecho no es relevante para la recitación del *Birkat Hajarámá*, pues el cálculo de los días del mes depende únicamente (del ciclo) de la luna, mientras que el sol sólo determina las horas, los días y los años. Por lo tanto, una vez transcurridos 28 años, ha comenzado un nuevo ciclo solar, y es nuestro deber alabar al creador como si hoy mismo lo hubiera creado” en Eliahu Kitov, *Nosotros en el Tiempo, El calendario judío y sus días especiales*, Editorial Lubavitch sudamericana, 2V, Buenos Aires, 2002, v 2 p. 21-22

⁴⁶⁸ *Idem*, v. II p. 20

⁴⁶⁹ El libro de Esther es una novela más verdadera que muchos libros de historia. Pues si bien se cuentan acontecimientos ficticios, en ellos se expresan las angustias, los rencores y las esperanzas de los judíos dispersos y a veces perseguidos. Miedo a los paganos, desprecio a los que no conocen a Dios, esfuerzo constante para conciliarse el favor de las autoridades, súplicas insistentes a Dios, que no puede permitir que desaparezca su pueblo... Las dos versiones de Esther: El libro de Ester contiene en la Biblia griega trozos importantes – los más hermosos – que no están en la Biblia hebraica. Algunas personas creen que estos trozos fueron añadidos en la Biblia griega. Otros piensan, al revés, que el texto griego se acerca más al escrito primitivo, pero que, después se cortaron para la Biblia hebraica trozos que parecían demasiado largos o que no interesaban a los judíos de Palestina”. Biblia Latinoamericana, *op cit.* p. 1070

Siendo Kislev el noveno mes después de Nisán, simplificando la cuenta, coincide, en lo general, con el periodo cercano al solsticio de invierno aunque la festividad no da cuenta de ello. El encendido de las velas se realiza, aún hoy en día, inmediatamente con la salida de las estrellas⁴⁷⁰ y el ritual se prolonga durante ocho días. Presente ya en las enseñanzas de Maimónides, este señala la importancia del ritual a un nivel semejante a los requerimientos de Shabat (Leyes de Januca, 4-12)⁴⁷¹.

A diferencia de la menorá de 7 luces, emblemática del pueblo hebreo ampliamente reconocido y difundido en el Arco del Triunfo de Tito Livio en Roma, (s.I dc), la menorá de Januca (también conocida como *Janukiá*, hoy Januquilla)) tiene 9 brazos. Es en este tenor que hemos aventurado la hipótesis de vinculación entre la festividad de Januca y las posadas, aparecidas estas últimas, tanto en la Nueva España como en Portugal a mediados del siglo XVI.

La menorá de 7 luces que aparece temprano en la historia del pueblo hebreo tiene un origen ligado a la época babilónica y por ende esta ligado a la observación astronómica y está vinculada con la vegetación con la planta que lleva su nombre⁴⁷². El Museo de Jerusalén posee una menorá del siglo XII en las que llama la atención la integración de la emblemática judía con la representación de la virgen y el niño propios de la religión cristiana⁴⁷³.

Como ya se dijo, será hasta finales del siglo XVI que se ve aparecer el candelabro de las 9 nueve velas⁴⁷⁴, januquilla, y que será coincidente con el

⁴⁷⁰ *Idem*, v. I p. 275

⁴⁷¹ *Idem*, v.1, p. 278

⁴⁷² Yael Israelí, *In the Light of the Menorah, Store of a Symbol*, The Israel Museum, Jerusalem, 212p 38-39

⁴⁷³ Miniatura del siglo XII, La virgen con el niño en menorá, Escuela de Esmirna, en *In the Light*, p.115.

⁴⁷⁴ *Idem* p. 129

número de días de las llamadas “posadas”. Estas fiestas son semejantes en el acto del encendido de una vela, en este caso procesionalmente a los rituales de Januca que evoca Judith en la nave de la basílica de Ocotlán y que requieren el encendido de una vela diaria durante 8 días. El símil dado por el número de velas 9 encendidas una a una durante ocho días y a partir de una novena, queda recogido en las nueve u ocho posadas (según la tradición) que concluyen en el noveno día que es el 24 de diciembre.

Dado el éxodo judío a raíz de la expulsión de 1492 a Portugal o a Flandes, por la evidente cercanía cultural, la aparición de estas festividades podría ser considerada en tanto procesos sincréticos de aculturación.

La proporcionalidad de los candelabros de la menorá en torno a π permiten una mayor comprensión tanto del estudio que de la geometría se hacía alrededor del siglo XVI y XVII, como de los requerimientos de la observación astronómica. Su nomenclatura ratificará la aculturación helenizante del conocimiento hebreo.

Dado que la construcción de estos candelabros, (menora y januquilla) en la relación de sus partes, nos permite incluso adentrarnos al desarrollo mismo de las matemáticas estableciendo incluso equivalencias geométricas para algunos números irracionales como π en tanto $= a \frac{22}{7}^{475}$, esto nos aporta, según nuestra opinión elementos para reconocer el binomio ciencia-religión aquí inscrito y que permite integrar elementos hebraizantes para la comprensión del espacio religioso colonial.

El cambio del calendario solar juliano hacia un calendario luno-solar, con la reforma gregoriana, necesariamente llevó a un mayor acercamiento entre las

⁴⁷⁵ *Idem* p. 28

comunidades religiosas. Las especificidades de una cuenta luno-solar necesariamente obligo a un intercambio de modos y métodos, sobre todo al considerar las precisiones dadas en la búsqueda de los momentos de coincidencia de ambos astros: el número áureo.

Específicamente en la menora y su regulación, la circunferencia y su estudio puede ser seguida por el estudio de uno de los polígonos que mayor ilustra nuestras aseveraciones: el hexágono. Esta figura tiene entre sus características las siguientes:

- Es la única figura geométrica cuyo lado es igual al radio del círculo que lo circunscribe, facilitando con ello el cálculo del área que comprende.

- El arco comprendido por cada uno de sus lados es igual a 60 grados, por lo que es un acercamiento, familiar dentro del ritual hebraico, al sistema sexagesimal o base 60.

- Asociado a la cultura hebraica, en específico, el hexágono se encuentra circunscribiendo al Magen David, representativo del pueblo judío y que simboliza el recorrido del mismo durante los 40 años en el desierto que narra el libro de Éxodo.

- Referido al hexágono, y en particular a la figura resultante de la observación de la sombra en los relojes ecsiotéricos a lo largo de un año y en la búsqueda del norte por sombras hay que señalar que dependiendo de la latitud, esta se asemeja (en la búsqueda del norte astronómico por sombras) en el ecuador y durante los equinoccios a la Estrella de David (en hebreo Magen David o Mogen Dovid en Hebreo Ashkenazi). Este emblema también es llamado escudo de David o sello de Salomón, y constituye desde la Edad

Media un elemento emblemático del pueblo judío y solo hasta el siglo XIX parece haberse “oficializado”.

- La catedral de Burgos en España en su rosetón de entrada, es representativa en la enorme difusión del símbolo hexagonal que ahí se encuentra, estando éste asociado a un Magen David y a las 24 segmentos (horas) que en él se muestran.

- Son frecuentes, aún, en el territorio nacional los templos coloniales que nos muestran un ventanal hexagonal que pudiese ser asociado, de modo emblemático y instrumental (por su orientación) a la práctica de la gnomónica novohispana.

Todos estos elementos más los propios de la catóptrica, espejos, ventanales, etc, se encuentran presentes, algunos matizados, en el templo de Ocotlán.

9.4 Referentes visuales de la gnomónica

Junto con los relojes de sol, de sombra y catrópticos, a lo largo de la investigación encontramos algunos referentes visuales necesarios, para construcciones más elaboradas dentro del conocimiento de la gnomónica, que hemos considerado rescatar para futuras investigaciones.

En el caso del señalamiento de la eclíptica, (reloj estacional) dentro de un reloj de sol hemos de recordar que la historia de la gnomónica deja su nombre en el tiempo a través del zodiaco. Junto con las constelaciones que han constituido los referentes visuales para el estudio del movimiento aparente del sol, 48 en tiempo de Ptolomeo (figura 9.24), hasta las 88 oficiales reconocidas según las reglas de la IAU (Unión Astronómica Internacional). Cada constelación debe tener su nombre oficial en latín, así como una abreviatura de

tres letras indicativas. Entre los nombres de las constelaciones actuales, los instrumentos hacen su aparición: *Horologium solarium*. Algunas otras ya desaparecidas como *Quadrans Muralis*: constelación junto a *Bootes* creada para conmemorar el gran cuadrante usado por Tycho Brahe para sus observaciones en Uraniborg. Muy popular en su tiempo, todavía perdura hoy en el nombre de la lluvia de meteoros *cuadrántidas*.

O C T O E T Q U A D R A G I N T A I M A G I N V M		
cælestium nomina sunt hæc:		
Draco	Anguis ophiuchi	Capricornus, Aegoceros
Elice, Vrsa maior	Ophiuchus, Anguifer	Aquarius
Cynofura, Vrsa minor	Sagitta	Pisces
Bootes, Arctophylax, Arcturus	Aquila	Cetus, Pistrix
Corona	Delphin	Eridanus
Anguis	Pegasus, Equus alatus.	Lepus
Engonafis, Genu nixus	Deltoton, Triangulus	Orion, Iugulæ
Lyra, Fidicula	Aries	Canicula, Sirius, Canis maior
Cygnus, Holor	Taurus	Procyon, Canis minor
Circulus, Iunonius	Gemini	Argo, Nautis
Cepheus	Cancer, Carcinus	Phillyrides, Chiron
Calliopeia	Leo	Ara
Andromeda	Virgo, Erigone	Hydra
Perseus	Libra, Chele	Cyphus
Caput Medusæ	Scorpius, Nepa	Coruus
Heniochus, Erichthonius, Auriga	Sagittarius, Chiron	Piscis notius.

Constelaciones de Sacrobosco op cit

Figura 9.24

La correlación de las 48 constelaciones de Ptolomeo y la emblemática gnomonista de la época, quedará de manifiesto en imágenes como las que encontramos en el antiguo baptisterio (El Pocito) de la basílica de Guadalupe, en la ciudad de México (figura 9.25), o en la misma simbología jesuita (figura 9.26), al asumir los rayos de sol como referentes de la observación astronómica misma. Sutil manera de enseñar a contar de uno en uno o trabajar conceptos como duplo y cuadrante.



Emblemática del Espíritu Santo,
Templo El Pocito, ciudad de México
(48)

Figura 9.25



Escudo Jesuita,
Plaza de Santo Domingo, ciudad de
México (96)

Figura 9.26

En algunas ocasiones fueron los mismos relojes de sol, los que se constituyeron como un referente instrumental y emblemático visual que, provisto de información permite su posterior consulta. Como ejemplo de esto está el reloj realizado hacia el año 1740 en la Catedral de Aguascalientes y que presenta en su base como coordenadas: $20^{\circ} 22' N$, mismas que no se encuentran cercanas a su medición con GPS $21^{\circ}52'51.39'' N 102^{\circ}17'48.48''$ por lo que su cambio de sitio se evidencia.

El recurso mismo del reloj de sol y del concepto de *Biblia Pauperum*, en donde la piedra misma es testimonio y página permanente de un constructo creencial, queda manifiesto en la misma Catedral de Aguascalientes, con la advocación a la Asunción de María. El reloj se presenta en la esquina del atrio.



Reloj de sol, atrio de la Catedral de Aguascalientes

Figura 9.27

Como hemos señalado en el apartado de los relojes de Tepetzotlán, el señalamiento del norte astronómico parece haber sido frecuente a través de emblemáticas específicas tal como se mostró con el caso del Sagrado Corazón.

En la misma ciudad de Aguascalientes se encuentra otro de los referentes visuales que encontramos ligado a la gnomónica y que se encuentra en distintos puntos del territorio nacional. Ahí encontramos que siendo que el arcángel san Miguel señala con frecuencia el sur astronómico, en la misma catedral el arcángel se encuentra coronando la piedra clave de la puerta principal de cara al sur (figura 9.28) y nos recuerda que esta misma asociación se encuentra en recintos como el del convento franciscano de Tlaxcala que hemos presentado en el curso de esta investigación (figura 9.29)

La difusión del culto a este arcángel queda manifiesta en el gran número de representaciones que de él se hizo durante la colonia. San Miguel, reconocido por su lucha contra Lucifer “el que lleva la luz”. El padre Nieremberg escribió sobre el patrocinio del arcángel San Miguel y “al señalar el lugar tan importante que tiene, lo hace valiéndose de una metáfora, estrella máxima y

lucero que acompaña al sol, porque después de Cristo que es el superior, sigue la santísima Virgen que es la luna y San Miguel es como lucero que resplandece más santidad y hermosura espiritual⁴⁷⁶. La identificación con el punto cardinal sur encuentra su referente desde el Antiguo Testamento.



Arcángel San Miguel. Piedra clave de la puerta de entrada principal, basílica de la Asunción, Ags, Ags (cara sur). S XVIII

Figura 9.28



Imagen del Arcángel San Miguel, Muro cara sur entrada al interior del convento franciscano, (cara sur) Tlax, Tlax. S.XVI

Figura 9.29

Otro elemento a rescatar en una futura investigación a propósito de la vinculación de la gnomónica y elementos emblemáticos significativos dentro de la obra artística novohispana está dada por la representación de la espiral.

La imagen de la espiral está presente dentro de la obra pictórica del ex – convento de San Francisco, en Tlaxcala , en el lienzo *El bautizo de los cuatro señores de Tlaxcala*, autor anónimo. Esta imagen reconoce la importancia del evento y eso originó que el mismo Hernán Cortés figurara entre los padrinos. Estos últimos, destacan por encontrarse invertidos (en imagen especular) lo

⁴⁷⁶ Eduardo Báez Macías, *El arcángel San Miguel, su patrocinio, la ermita en el santo desierto de Cuajimalpa y el santuario de Tlaxcala*, UNAM, México, 1979, p. 9

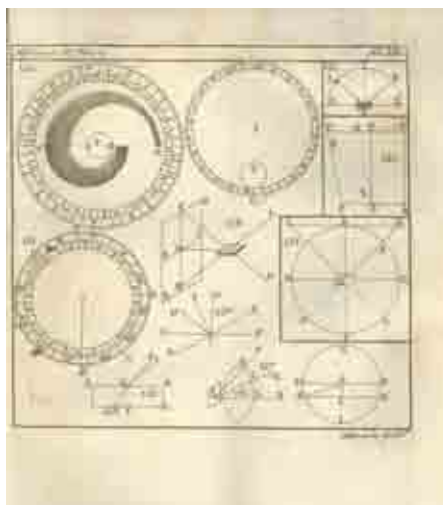
cual pudiese ser asociado al fenómeno mismo de la reflexión, o incluso, pudiese extrapolarse al identificar a dichos personajes como pertenecientes al antiguo Testamento e incluso recuperarse la información que vincula, según la tradición, a la antigua casa de Aarón y la herencia babilónica con la familia de la virgen. Llama nuestra atención al identificar los nombres de José y María y los de Joaquín y Ana referenciados a cada uno de dichos señores (figura 9.30). En estas imágenes destaca el cintillo que acompaña el escudo ya que recuerda el elemento espiral que asociado a la eclíptica, aparece en la portada de la catedral de Chartres y que muestra su uso con antelación en el territorio europeo al mismo tiempo que nos relaciona al concepto del tiempo.



Los cuatro señores de Tlaxcala, óleo.

Figura 9.30

Lo anterior cobra especial importancia al poderse asociar esta forma (espiral) a aquella que resulta de la observación misma del tiempo a través de sus referentes astronómicos. Lo anterior necesariamente llevara tanto a la conceptualización de la espiral de Arquímedes, o con mayor precisión a la construcción de la espiral logarítmica como lo muestran manuales de la época (figura 9.31)



Tosca, op cit. imágenes.

Figura 9.31

Elementos adicionales para analizar a través de la información de la gnomónica están dados por las formas resultantes del trabajo de dibujo técnico que ahí se da, por ejemplo, polígonos o espirales, o aquellas que resulten. En los espacios estudiados están estas formas, tal como lo muestra por ejemplo el recinto de Tepotzotlán donde Identificar el norte astronómico, la hoy *Polaris*, siguiendo la línea de distribución de los aljibes es un primer paso. Reconocer en la pared norte, la infraestructura hidráulica que nos muestra el referencial físico con el que ha de medirse la movilidad del tiempo, en la observación de

las sombras que en el se dibujan, es el segundo instante (figura 9.32). Para finalizar en el reloj de sol, ubicado en el patio de la cocina que nos remite a autores, prácticas y pensamientos de los siglos XVII e inicios del XVIII que son parte fundamental del desarrollo de la historia de la ciencia. El reloj de sol del patio de cocina, en Tepotzotlán, al igual que los aquí presentados, se vincula, a conocimientos astronómicos, matemáticos, hidráulicos, litúrgicos, hagiográficos y bíblicos entre otros. Su comprensión implica un acercamiento, tanto a la hagiografía, como a la emblemática jesuita, con la que los simbolismos se ven así enriquecidos.



Figura 9.32



Figura 9.33

CONCLUSIONES

Como se señaló al inicio, la presente investigación surgió del desconocimiento que, en lo general, se observaba sobre un tema en particular: relojes de sol y el área del saber que los comprendía: la gnomónica. A partir de lo anterior y en el deseo de contribuir a un conocimiento cabal, del saber y de la actividad, se estableció como objetivo general de este trabajo el analizar los componentes teóricos, prácticos e instrumentales de la gnomónica, a fin de posibilitar la mejor comprensión de ella, principalmente en el terreno conceptual y práctico, en el territorio nacional durante la época colonial.

El análisis del desarrollo histórico de la construcción de los relojes de sol en el lapso de tiempo estudiado abarcó la identificación de los grupos sociales que a ella se avocaron, así como el instrumental científico, la emblemática, los componentes culturales, los usos y las costumbres asociados a esta práctica en la Nueva España. A partir de ello se pudo concluir que:

- La organización temporal de la práctica de la gnomónica en los tres momentos, fijados para nuestro estudio, permite establecer tanto las características, las transformaciones y la continuidad de la misma.
- En el primer momento temporal analizado (hasta 1582), la gnomónica corresponde tanto a lo que llamamos relojes primitivos, como al instrumental inherente a la navegación de descubrimiento y colonización. Esto nos permite aseverar que la práctica de los relojes de sol en particular y la gnomónica en lo general, estuvieron vinculados a un desarrollo cultural previo.

- El análisis del segundo momento temporal (hasta 1767) estableció la estrecha vinculación entre la reforma gregoriana, los textos del tema editados por el Colegio Romano y el estudio y difusión de la gnomónica y los relojes de sol.
- La investigación centrada en el tercer momento temporal reconocido a partir de la expulsión de los jesuitas, permitió identificar las transformaciones que se dan en la gnomónica a partir de modelos disciplinares.
- La identificación de los elementos instrumentales, de diseño y construcción de la práctica, permite aseverar que este estudio y fabricación de los relojes de sol conformaron una práctica y un método de investigación científica.
- A partir de los textos del Colegio Romano se pudo establecer la definición de la gnomónica como la ciencia de la construcción de los relojes de sol, al mismo tiempo que implicaba la introducción al conocimiento astronómico y matemático de la época.
- Los mismos textos del Colegio Romano permitieron la diferenciación entre los relojes eccliotéricos y los relojes catrópticos, los primeros basados en indicadores de sombras y los segundos en reflejos y espejos.
- La evolución de la gnomónica durante el periodo de estudio implicó un proceso de multitud de intercambios científicos y culturales, no sólo entre la Nueva España y España, sino también con otros países europeos que a la vez recogieron las influencias de Oriente. Estos intercambios incidieron en aspectos diversos como: el desarrollo del pensamiento orgánico del humanismo y de la ciencia renacentista, a los que se suman los elementos de ciencia de origen semita, y más adelante la aparición de las

metodologías y las formalizaciones matemáticas del barroco y de la ilustración. Dichos procesos de aculturación encontraron en el territorio nacional durante la colonia una manifestación propia y personal.

- De lo anterior deriva entre otros el hecho de que no es posible concebir a la gnomónica colonial novohispana ajena a procesos europeos tales como: la consolidación de los estados nacionales y las guerras de religión.
- Reconociendo que los relojes de sol tuvieron desde los siglos XV y XVI un papel operativo, nada despreciable, en los viajes de descubrimiento y colonización, se observó que como quehacer los relojes de sol no estuvieron restringidos al ámbito religioso y encontraron en áreas como la construcción, la navegación o la carpintería una aplicabilidad, no necesariamente considerada y menos reconocida.
- La investigación ha permitido ubicar a la gnomónica a partir de su definición en el final del siglo XVI, en espacios que cubren lo mismo a la cronometría, la óptica, la trigonometría plana o esférica, la teoría del número, la astronomía de posición o a la cartografía entre otras áreas del conocimiento. Esto es, áreas de saber especializado.
- Si bien en lo religioso, y en lo general, la construcción de los relojes de sol, quedó inscrita principalmente en la comprensión y organización del tiempo litúrgico, ya que, el reloj de sol permitía establecer, la fecha de la pascua dentro del ritual romano y a partir de ella, las subsecuentes, no solo corresponde dicha fecha a un valor religioso o ritual, sino que se ubica como un referente temporal para reconocer el equinoccio de primavera necesario, entre otros para una sociedad preponderantemente agrícola o

para la identificación de la latitud en lo que a la navegación se refiere.

- Si bien la gnomónica y los relojes de sol, se integraban ya desde el siglo XVI y hasta el siglo XVIII, como parte, tanto del instrumental náutico o de rituales religiosos, en este estudio se ha mostrado como centro rector del desarrollo y comprensión de conceptos de naturaleza abstracta o concreta, teológicos, geográficos, geométricos, astronómicos, numéricos, físicos o incluso retóricos. Si esto no ha sido reconocido, en su justa dimensión, obedece posiblemente a factores no considerados en esta investigación.
- Sólo integrando las consideraciones anteriores en la comprensión del martirologio católico, la presencia de la gnomónica al interior del espacio del templo puede ser reconocida en su valor emblemático.
- El conjunto de símbolos, figuras y signos derivados e inherentes a la práctica de la construcción de los relojes de sol, que son producto, tanto de la práctica misma, como de los componentes teóricos o de creencia que la explicitan en el tiempo, como símbolos gnomónicos. Estos últimos son comprendidos en tanto sus componentes de creencias o religión y su función dentro de una nemotecnia visual de construcción del conocimiento.
- Dentro de los espacios religiosos se encontraron asociaciones emblemáticas, (sol, luna, estrella, Purísima Concepción, Sagrado Corazón de Jesús, etc.) que en el territorio nacional se mostraron en asociaciones a cultos locales diferenciados y determinados por el marco colonial (San José--Santa María de Guadalupe-Virgen de Ocotlán). Lo anterior remite a un valor emblemático adicional que puede ser considerado al estudiarse el espacio colonial novohispano.

Para finalizar hemos de reconocer que relojes de sol, eccliotéricos o catrópticos, franciscanos o jesuitas, todos ellos nos dan cuenta de una historia enterrada, quizá solo silenciada, que clama desde el mural sur de la Biblioteca Central en Ciudad Universitaria por poder erigirse como guía adicional, en el estudio de la ciencia en el territorio novohispano. En ese proceso habremos no sólo de observar sombras y reflejos, también hemos de recordando al Doctor O'Gorman desenterrar a las mismas sombras, esperando eso sí, no encandilarnos con los destellos de los reflejos o el susurro del conocimiento ahí encerrado.

Fuentes documentales y primarias

Bails Benito, *Principios de Matemáticas, donde se enseña la especulativa con su aplicación a la dinámica, hidrodinámica, óptica, astronomía, geografía, gnomónica, arquitectura, perspectiva y al calendario, en diversas ediciones que van de 1790 a 1828*, 3 vol.,

Bails Benito, *Elementos de Matemáticas* en ediciones que van de 1779 a 1781, 6 vol.

Bails Benito, *Tablas de Logaritmos de todos los números naturales desde 1 hasta 2000*, posiblemente parte de sus Elementos, ediciones 1787 y 1804.

Baptistae Benedicti, *De gnomonum umbrarum, solarium*, Nicolai Beuilaquae, MDLXXVIII,

Camorano Rodrigo, *Compendio del Arte de Navegar*, Cosmografo y Piloto mayor de su Majestad Catedratico de cosmografía en la Casa de la Contratación de las Indias, 1591, 62p.

Clavius Christoph, *In sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius*, Accessit Geometrica, atqve Vberima de Crepusculis Tractatio / Christophori Clavii Bambergensis ex Societate Iesv, Lvgdvni, Ex officina Q. Hvg. a Porta, svmp. Io. de Gabiano, 1607.

Clavius Christoph, *Operum mathematicorum*, Moguntiae : Sumptibus Antonii Hierat, 1611-12. 5 v.

Clavius Christoph, *Tabulae astronomicae nonnullae ad horologiorum constructionem* maxime vtilis et notae in novam horologiorum descriptionem, qua ad horologia extruenda plurimum etiam conducunt, Romae : Ex Typographia Alosij Zannetti, 1605.

Clavii Christophori, *Epitome arithmeticae practicae* nunc denuo ab ipso auctore recognita, Romae: Ex typographia Dominici Basae, 1585 Practicae nunc denuo ab ipso auctore recognita

Clavius Christoph, *Gnomonices libri octo* : in quibus non solum horologiorum solariu[m] sed aliarum quoq[ue] rerum, quae ex gnomonis umbra cognosci

possunt, descriptiones geometricae demonstrantur / auctore Christophoro Clauio... Societatis Iesu... Romae : Apud Franciscum Zanettum, 1581

Denoville Jean-Baptiste, *Livre de navigation contenant plusieurs manières de naviguer tres curieuses et meme necessaires a un piloto qui veut se rendre expert en son Art*, 1760, Manuscrit de la Bibliothèque municipale de Rouen, Association Sciences en Seine et Patrimoine, éditions point de vues, 2^e V edición facsimilar, 2008

Descartes René, *Geometría*, Espasa-Calpe, Argentina, 1947, 222 p.

Euclides, *Elementos de Euclides*. Los seis primeros libros de los elementos de Euclides. Traducidos de nuevo sobre la versión latina de Federico Comandino conforme a la fiel, y correctísima edición de ella publicada modernamente por Roberto Simson Profesor de Matemática en la Universidad de Glasgow e ilustrado con notas críticas y geométricas del mismo autor. Madrid, 1774, 360p.

Fine Oronce, *La composition et usage du Quatre geometrique*, par lequel on peut mesurer facilement toutes longueurs, hauteurs, et profondeurs tant accessibles, comme inaccessibles, que lon peut appercevoir a l'oeil, Lector matemático en la Universidad de París, París, 1556, 56p.

Fine Oronce, *De Mundi sphaera, sive, Cosmographia libri V: ab ipso auctore denuò castigati, & marginalibus (ut vocant) annotationibus recens illustrati : quibus tum prima astronomiae pars, tum geographiae, ac hydrographiae rudimenta pertractantur* Lutetia : Apud Michaëlem Vasconsanu, 1555.

Florencia Francisco de, *La casa peregrina, solar ilustre, en que nacio la Reyna de los Angeles, albergue soberano, en que se hospedo el Rey Eterno hecho hombre en tiempo: cielo abreviado, en que el sol de justicia puso su thalamo, para desposarse con la humana naturaleza* : la casa de Nazareth oy de Loreto, trasladada por ministerio de angeles, primero a Dalmacia, despves a Italia / copiada y sacada a luz de los escritores antiguos de ella por el Padre Francisco de Florencia de la Compañía de Jesus de la Provincia de Nueva España.. Lugar En México: en la Imprenta de Antuerpia de los Herederos de la Viuda de Bernardo Calderón, 1689.

Guadalaxara Tello, Diego de, *Advertencias y reflexiones varias conducentes al buen uso de los relojes grandes y pequeños, y su regulación, así mismo de algunos otros instrumentos, con metodo para su mejor conservación* : Papeles periodicos dedicados al Sr. D. Juan Manuel Gonzalez de Cossio Conde de la Torre de Cossio, Caballero profeso del orden de Calatrava, Coronel de regimiento provincial de infantería de blancos de Toluca, y actual consul antiguo del real tribunal del consulado de este reyno, / por D. Diego de Guadalaxara Tello. México: Editorial: Imprenta nueva madrileña de D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros.

Kircher, Athanasius, *Primitiae gnomonicae captoptricae, hoc est, Horologiographiae novae specvlaris in qua breuiter noua, certa, exacta, & facilis de monstatvr horologiorvm per reflexilvminis radivm constrvndorvm methodvs, item qva ratione praedicto reflexi lvminisradio in qvalibet qvantvmvis irregvlari mvri svperficie, in interioribvs domorvm, aliisque locis obscvris, & vmbrosis, cvm horologia omnis generis, tvn omnivm circvlorvm qvi in primo mobili considerari possvnt, proiectvrae, & cvrvae sectorvm conorvm lineae, processvs solis, & lvnae in planis indices, aliáqve plvrima scitv digna reprentari possint variè* / R. P. Athanasio Kircher Bvchonio è Societate lesv.

Lami, Bernardo, *Entretenimientos sobre las ciencias, modo de estudiarlas y servirse de ellas para consolidar el entendimiento y formar la rectitud del corazón*, escritos en francés por el R:P, Bernardo Lami, Presbítero del Oratorio, Traducido e ilustrados con Notas por Don Domingo Ugena, los publica corregidos Don Juan Manuel González y de Nieto, Interventor de la Administración del Real Peso de esta Villa y Corte, Tomo II, Madrid, 1800.

Loayzaga, Manuel, *Historia de la Milagrosissima imagen de Nuestra Señora de Ocotlán*, 1750, Tlaxcala, edición facsimilar, Instituto Tlaxcalteca de Cultura, 2008, 148p.

López de Arenas, Diego, *Breve compendio de la Carpintería de lo blanco de Tratado de Alarifes, con la conclusión de la Regla de Nicolas Tartaglia, y*

otras cosas tocantes a la Geometria, y Puntas del compas, Sevilla, 1727, 128p,16p. Diego Lopez de Arenas Maestro de dicho oficio y Alcalde Alarife.

Maurolyci, Francisci, Abatis Messanensis Mathematici celeberrimi. *Theoremata de Lumine, et Umbra*, ad perspectivam et radiorum incidentiam facientia., Diophanorum partes, sev Libri tres: In quórum primo, de pespicuis corporibus in fecunde, de Iride: in terio, de organi visualis structura conspicillorum formas agitar, Problemata ad perspectivam, Iriden Pertinentia. His accefferunt Christophori Clauy e Societate I es v inter authoris demonstrationes distincta.MDCIII, 104 p.

Milliet de Chales, Claude François, 1621-1678,*Cursus, seu, Mundus mathematicus*, Ed. altera ex manuscriptis authoris aucta & emendata / operâ & studio R.P. Amati Varcin Lugar, Lugduni : Apud Anissonios, Joan. Posuel, Claud. Rigaud., 1648-1730 Euclides Hypsicles Theodosius. de trípolis.

Montucla, J. F. *Histoire des mathématiques* dans laquelle on rend compte de leurs progrès depuis leur origine jusqu'à nos jours,, Institut National de France, Paris, año VII (1799-1802), 4 V, T, I,

Ovidio, *Metamorfosis*, Editorial Porrúa, Sepan cuantos, No. 316,4ª.Ed. LVIV, 233 p.

Ozana, *L'usage du compas de proportion*, expliqué et démontré d'une maniere courte & facile & augmenté d'un Traité de la division de Champs, Professeur en Mathematique, Chez estienne Michallet, premier Imprimeur du Roy, ruë Saint Jacques, a l'image S. Paul, MDCLXXXVIII, 1670

Ozanam, M., *Recreations mathématiques et physiques*, qui contiennent les problemas et les questions les plus remarquables, et les plus propres a piquer la curiosite, tant des Mathématiques que de la Physique; le tout traité de una maniere a la porté des Lecteurs qu i ont seulement vuelles connaissances legeres de ces sciences. M. Ozanam, de la Academie royales des Sciences, Tomo III, Paris, Chez Jombert, fils aine, Libraire de Roi, pour le Genie dans l'Artillerie., 1778, 502 p.

Picinello, Philippo, *Mundos Symbolicus*, in emblematum universitate, formatos, explicatus, at tam sacris, quam profanis eruditionibus ac sententiis illustratus, Lib. XXI,

Plinio El Viejo, El Cielo, Ediciones Siruela, sf, 184 p.

Rodriguez Gonzalez Ossorio, Pablo, Maestro del Noble Arte de Primeras Letras en CELAYA *El marinero instruido en el arte de navegacion especulativo y practico*, 1766.

Roiz, Pedro, *Tratado de Reloges*, 1575.

Sacro Bosco, Johannes, *Textvs de esphaera*: introdvctoria additione [quantum necessarium philosophiae parisiensis academia illustratus / Cum compositione annuli astronomici Boneti Latensis ; et geometria Euclidis Megarensis, Parisiis, Yaent ap. Simonem Colinaeum.

Schröter, Johann Samuel, *Lithologisches Real und Werhallexicon, in welchem nicht nur die Gnomonien der deutschen, lateinisschen, frnazösischen und holländischen Sprachen angeführt erläutert, sondern auch alle Steine un Wersteinerungen ausführlich beschrieben werden*, Erster Band, Francfort del Meno, 1779

Siguenza y Gongora, Carlos de, *Libra astronómica y filosófica*, Presentación de José Gaos, Edición de Bernabe Navarro, Centro de Estudios Filosóficos, Universidad Nacional Autonoma de México, México, 1959, 252 p.

Tosca, Thomas Vicente, *Compendio Matemático*, en que se contienen todas las materias mas principales de las Ciencias que tratan de la Cantidad, Presbitero de la Congregación del Oratorio de San Felipe Neri de Valencia, Tercera impresión, corregida y enmendada de muchos yerros de Impresión y Laminas, como lo verá el curioso, Tomo IX, que comprende Gnomónica, Ordenación del tiempo y Astrología, en la Imprenta de Joseph Garcia, año de 1757, 480 p.

Ugena, Domingo, *Entretenimientos sobre las ciencias, modo de estudiarlas y servirse de ellas para consolidar el entendimiento y formar la rectitud del*

corazon, Escritos en francés por el R. Bernardo Lami, Presbitero del Oratorio, Tomo II, Madrid, 1800.

Vitruvius Pollio, *De architectura libri X / Vitruvii, Lugar Venetiis : Editorial per Simonem Papiensem dictum Bauilaquam*, 1497 (3 agosto) [62] h. Venecia,

Vitrubio Poli3n, Marco Lucio, *Los diez libros de Arquitectura*, Alianza Forma, 2da.reimp. 2000, 398 p.

Real Academia Espa3ola, *Diccionario de la lengua castellana*, Madrid. Imprenta de la Real Academia Espa3ola, ediciones de 1732 a 1817, Reproducido a partir de los ejemplares de la Biblioteca de la Real Academia Espa3ola. <http://www.rae.es/>

Bibliograf3a

Albani M and U Glessmer Die 'Sonnenuhr' aus Qumran." "An astronomical measuring instrument from Qumran," in: D. E. Ulrich (ed), *The Provo International Conference on the Dead Sea Scrolls. Technological Innovation, New Tests and Reformulated Issues* (STDJ 30; Leiden: Brill, 1999) 407-442.

Albani, M. et U. Glessmer, *Revista de la  cole biblique de Jérusalem*. RB 1997 T.104-1 (pp. 88-115), Informante: Adolfo Roitman, Director y curador del Museo del Libro y de los Rollos del Mar Muerto.

Alberro, Solange, *Inquisici3n y Sociedad en México 1571-1700*, FCE, 5ta reimp 2004.

Anega, José Ram3n, *Los Jud3os en el reino de Galicia*, Editora Nacional, Cultura y Sociedad, Madrid, 1981, 720p.

Ankersmit, F. R., *Historia y tropolog3a, Ascenso y ca3da de la metáfora*, FCE, Breviarios del Fondo de Cultura Econ3mica, No. 516, México 2004, 470p.

Arnheim, Rudolf, *El Pensamiento Visual*, Paideia Est tica No.7;

-----*Arte y percepci3n visual*, Alianza forma, 5^a. Ed. 1984, 554p.

-----*Nuevos ensayos sobre la psicolog3a del arte*, Alianza forma, Madrid, 1989, 320p., Consideraciones sobre la educaci3n art3stica, Paid3s Est tica 22, Ediciones Paid3s, Barcelona, 1993, 98 p.

Aumont, Jacques, *La imagen*, Paid3s, 48, Espa3a, 336 p.

Báez Mac3as, Eduardo, *El arcángel San Miguel, su patrocini3, la ermita en el santo desierto de Cuajimalpa y el santuario de Tlaxcala*, UNAM, México, 1979, p. 9

- Barthes, Roland, *El susurro del lenguaje, Más allá de la palabra y de la escritura*, Ediciones Paidós, Barcelona, 1987, 357 p.
- Bataillon, Marcel, 1937, *Erasmus y España, estudios sobre la historia espiritual del siglo XVI*, FCE, 6ª ed. 2007, 921p.
- Bell, E. T., *Historia de las matemáticas*, FCE, 6ta reimp, 2002, 656p
- Biémont, Émile, *Rythmes du temps, Astronomie et calendries*, DrBoeck, Belgique, 2000, 394p.
- Braudel, Fernand, *La Historia y las ciencias sociales*. Alianza Editorial, España,
- Calvet, Louis-Jean, *Historia de la Escritura, De Mesopotamia a nuestros días*, Paidós, Barcelona, 2001, 264 p.
- Cassirer, Ernest, *Las formas simbólicas, Fenomenología del reconocimiento*, V III, FCE, México, 2da ed, 1998, 558 p.
- Chartier, Roger, *Pluma de ganso, libro de letras, ojo viajero*. Universidad Iberoamericano, Departamento de Historia, México, 1997, 116p.
- *El mundo como representación*, Estudios sobre historia cultural, Serie Ciencias Sociales /Historia, Gedisa Editorial, 1996, 276p.
- Chomsky, Noam, *El conocimiento del lenguaje. Su naturaleza, origen y uso*, Alianza Universidad, España, 1989, 325p.
- De Certeau, Michel, *La invención de lo cotidiano*, Universidad Iberoamericano, Departamento de Historia, ITESO, Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, México, 1996, 230 p.,
- *Historia y psicoanálisis entre ciencia y ficción*, Universidad Iberoamericana, Departamento de Historia, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, 2da ed., en español, México, 1998, 160p.
- Courant, Richard y Herbert Robbins, *¿Qué son las matemáticas?, Conceptos y métodos fundamentales*, Prefacio y avances recientes, Ian Stewart, FCE, Sección de obras de Ciencia y Tecnología, 2002, 222p.
- Dampier, William Cecil, *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*, Madrid, 4ta. Edición, 2008, 570p.
- Descartes, *La geometría*, Espasa-Calpe, Argentina, 1947, 221p
- Dewey, John, *Como pensamos, Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*, Cognición y Desarrollo Humano No. 18, Ediciones Paidós, Barcelona, 1989, 249 p.
- Díaz, José Luis, *El ábaco, la lira y la rosa, Las Regiones del conocimiento*, SEP FCE, la ciencia para todos, 152, México, 1997, 268 p.
- Dijk, Teun A. Van, *Texto y contexto: semántica y pragmática del discurso*, Madrid, Cátedra, 1980, 357 p.
- Duby, Georges, *La época de las catedrales, Arte y sociedad. 980-1420*, Cátedra, Arte, Grandes Temas, 3era ed, 1997, 312 p.

- Durero, Alberto, *Instituciones de Geometría*, traducido del latín al español y con introducción de Jesús Yhmooff Cabrera, Instituto de Investigaciones Bibliográficas, UNAM, 1987, 254p,
- Dutarte, Philippe, *Les instruments de l'astronomie ancienne, de l'antiquité a la renaissance*, Vuibert, Paris, 2006, 290p.
- Escuela Nacional Preparatoria, "*Programa de estudios de la asignatura de Cosmografía*", Área I, Colegio de Geografía y Cosmografía, 1996, UNAM.
- Estrugo, José M., *Los sefardíes*, México, 2007, 144p.
- Embacher Franz, *Teoría y construcción, Relojes de sol*, 2da ed. española, Sevilla 1992, 117p
- Eco, Humberto, *La definición del arte*, Ediciones Martínez Roca, 2da. Ed. 1972, Barcelona, 285p.
- *La estructura ausente, Introducción a la semiótica*, Editorial Lumen, 4a. ed., España, 1989, 446 p.
- *Los límites de la interpretación, Palabras en el tiempo*, Lumen, 2da. ed. Barcelona, 1998, 214p.
- Foucault, Michel, *Las palabras y las cosas, una arqueología de las ciencias humanas*, Siglo XXI editores, 22 ed. México, 1993, 376p.
- García Gutiérrez, Oscar Armando, *Una capilla abierta franciscana del siglo XVI, espacio y representación, Capilla baja del Convento de la Asunción de Nuestra Señora, Tlaxcala*, Tesis doctoral en Historia del Arte, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2002, p 65
- Gimate-Welsh, Adrián S., "*Los estudios semióticos en México*", Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa (México) en *Sigma*, Revista de la Asociación Española de Semiótica, No.7, Año 1998. Nota No.94.
- Girad, Luce, "*La actividad científica en la primera Compañía*", *Artes de México*, No. 82
- Girbau Badó, Joan, *Estudio introductorio al "Libro de los Reloges Solares de Pedro Roiz, publicado en Valencia en 1575"*, *La Gaceta de la Real Sociedad Matemática Española*. V 3 No. 1 154 p enero-abril 2000 p.1
- Gojman Golberg, Alicia, *Los conversos en la Nueva España*, UNAM, Acatlán, Nuevos cuadernos de apoyo a la docencia, 4, México, sf, 235 p.
- Gombrich, E. H., *Ideales e Ídolos, Ensayos sobre los valores en la historia y el arte*, GG Arte, 1981, 281 p.
- *La imagen y el ojo*, Nuevos estudios sobre la psicología de la representación pictórica, Alianza Forma 1a. reimp. 1991, 320 p.
- *Norma y forma*, Alianza Forma 39, Madrid, 1985, 318 p.
- *Nuevas visiones de viejos maestros*, Alianza Forma 62, Madrid, 1987, 190 p.

- *Imágenes Simbólicas*, Alianza Forma 65, Madrid, 1994, 344 p.
- *El legado de Apeles*, Alianza Forma 23, Madrid, 1993, 264 p.
- *Arte, percepción y realidad*, Paidós Estética, 2da. ed., Barcelona, 1993, 176p.
- *Freud y la psicología del arte, Estilo, forma y estructura a la luz del psicoanálisis*, Barrel Editores, Barcelona, 1971, 134p.
- Ignacio Gómez de Liaño, *Athanasius Kircher. Itinerario del éxtasis o las imágenes de un saber universal*, Ediciones Siruela, Madrid, 2001, 462p
- *Filósofos Griegos, videntes judíos*, Biblioteca de ensayo Siruela, ediciones Siruela, 2da ed, 1994, 380p.
- Heródoto de Halicarnaso, *Los nueve libros de la Historia*, V.I, Editorial Iberia, Barcelona, 1968, 354p.
- Heibron, John L., *Astronomie et églises*, Editions Bélin-Pour la science, Collection Bibliotheque scientifique, 2003, 367p.
- Hernández Torres, Héctor Manuel, “*Semblanza de la Villa de Nombre de Dios, Durango*”, Voluntariado Cultural, 1994, En Nombre de Dios, Durango, marzo 2008 (mecanuscrito)
- Hofstadter, Douglas, *Gödel, Escher, Bach, un Eterno y Grácil Bucle*, Metatemáticas 14, Libros para pensar la ciencia, Tusquets editores & CONACYT, Barcelona, 7ª ed. 2001, 882 p.
- Ibrah, Georges, *Historia Universal de las Cifras*, La inteligencia de la humanidad contada por los números y el cálculo, 4ª ed. Madrid, 2001, 1996 p.
- Israelí, Yael, *In the Light of the Menorah, Store of a Symbol*, The Israel Museum, Jerusalem, 212 p.
- Izquierdo, José Joaquín, *La primera casa de las ciencias en México, El Real Seminario de Minería (1792-1811)*, Profesor de Fisiología experimental en la Facultad de Medicina de la Universidad de México, Miembro de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, Miembro fundador de la Sociedad Mexicana de matemáticas, Miembro honorario de la American Association of the History of Medicine, Miembro efectivo de la Academia Internacional de Historia de las ciencias, de The History of science society y de otras academias y sociedades, ediciones Ciencia, México, 1958, 271p.
- Kaplan, Yosef, *Judíos nuevos en Ámsterdam, Estudios sobre la historia social e intelectual del judaísmo sefardí en el siglo XVII*, Gedisa editorial, Barcelona, 1996, 190 p.
- Kenia, Evelyne, *Historia de los judíos españoles hasta 1492*, ediciones Paidós, Barcelona, 1995, 164 p,
- Khun, T.S., *La estructura de las revoluciones científicas*, Breviarios, FCE, 213,320 p,

- Koestler, Arthur, *Los sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 1981, 598 p.
- Koyré, Alexandre, *Pensar la ciencia*, Introducción de Carlos Solis, Paidós, Barcelona, 1994, 145p.
- Jedin, Hubert, *Manual de Historia de la Iglesia*, T III, Barcelona, Editorial Herder, 1987, 758 p,
- Jiménez Lozano, José, *Sobre judíos, moriscos y conversos*, 2da. Edición, Ámbito ediciones, Valladolid, España, 1994, 143 p.
- Johnson-Laird, Philip, *El ordenador y la mente*, Introducción a la ciencia cognitiva, Cognición y desarrollo humano, Paidós, Barcelona, 1990, 407 p.
- Johnson, Paul, *La historia de los judíos*, Vergara, Grupo Zeta, Barcelona, 2004, 771p,
- Jung, Carl Gustav, *Los arquetipos y lo inconsciente colectivo*, Obra completa, 9 V, Editorial Trota, Madrid, 2002, V. I y II
- *El hombre y sus símbolos*, 1995, Paidós, 320 p.
- Kitov, Eliahu, *Nosotros en el Tiempo, El calendario judío y sus días especiales*, Editorial Lubavitch sudamericana, 2V, Buenos Aires, 2002, v 2 p. 21-22
- Leonard, Irving A., *Los libros del Conquistador*, Lengua y estudios Literarios, Fondo de Cultura Económica, reimpresión, 1996, 399 p.
- Lindberg, David C., *Los inicios de la ciencia occidental, La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a.c. hasta 1450)*, Paidós, Barcelona, 2002, 530 p.
- Livio, Mario, *La proporción áurea, La historia de phi, el número más enigmático del mundo*, Ariel, Barcelona, 2006, 302p.
- Maimónides, *Obras filosóficas y Morales*, Ediciones Obelisco, Colección Biblioteca Alef, Traduc. Rabino Aryeh Nashan, Barcelona, 2006, 380 p.
- Maquivar, María del Consuelo, *Los retablos de Tepotzotlán*, INAH, Museo Nacional del Virreinato, Colección científica, catálogos y bibliografía, México, 1976
- Merleau-Ponty, Maurice, *Fenomenología de la Percepción*, Península, Historia, ciencia, sociedad, 121, Ediciones Península, 5ª ed, Barcelona, 2000, 464p.
- Morin, Edgar, *El método, El conocimiento del conocimiento*, Colección Teorema, Serie Mayor, Ediciones Cátedra, 1996, 264 p.
- *El paradigma perdido, Ensayo de bioantropología*, editorial Kairos, 6ª ed. Barcelona, 2000, 264 p.
- Newton, Isaac y Gottfried Leibniz, *La polémica sobre la invención del cálculo infinitesimal*, Escritos y documentos, Crítica Barcelona y Fundación Iberdrola, 2006, 264 p.
- Onega, José Ramón, *Los judíos en el reino de Galicia*, Editora Nacional, Cultura y sociedad, Madrid, 1981, 722 p,

- Pavanello, Gian Carlo y Aldo Trincherio, *Relojes de sol, Historia, funcionamiento y construcción*, Editorial de Vecchi, Barcelona, 1998, 189p.
- Pedersen, Olaf, *The first universities, Studium Generale and the Origins of University Education in Europe*, Cambridge University Press, 1997, 310 p,
- Piaget, Jean, *Seis estudios de Psicología*, Colección Ariel 3, Editorial Planeta, México, 1996, 228 p.
- , *La toma de Conciencia*, Ed. Morata, 3ª ed. Madrid, 1976, 284 p.
- Piña Garza, Eduardo, "Atanasio Kircher en Puebla y la relojería del siglo XVII", en *El tiempo, Antología conmemorativa*, Asociación Interamericana sobre Estudios del Tiempo A.C y Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, UNAM, 2003, 138 p.
- Puig Pla, Carlos, *Física, Técnica e Ilustración en Cataluña, La cultura de la utilidad: asimilar, divulgar, aprovechar*, Tesis doctoral, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona, Historia de las Ciencias, Centro de Estudios de Historia de las Ciencias, (CEHIC), 2v, 2006 p. 13
- Pérez Rioja, J. A., *Diccionario de Símbolos y Mitos, Las ciencias y las artes en su expresión figurada*, Tecnos, 5ª. Edición, Madrid, 1997, 434p.
- Piaget, Jean, *Seis estudios de Psicología*, Colección Ariel 3, Editorial Planeta, México, 1996, 228 p.
- *La toma de Conciencia*, Ed. Morata, 3ª.ed. Madrid, 1976, 284p.
- Putnam, Hilary, *Representación y realidad, Un balance crítico del funcionalismo*, Gedisa editorial, Ciencias Cognitivas, Barcelona, 2da. ed. 1995, 206 p.
- Rey Pastor, Julio, *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, 3ª ed. Espasa Calpe Argentina, 1951.
- Riccoeur, Paul, *Del Texto a la acción* (Ensayos de Hermenéutica II), Filosofía, FCE, 2004, 380 p.
- Richardson, W. Mark, Robert Johnn Russe, Philip Clayton and Kira Welter-McNelly, *Science and the Spiritual Ouest*, New Essays by leading scientists, editado por Routledge, London and New York, 2002, 264 p.
- Ríos, José Amador de los, *Historia de los judíos de España y Portugal*, Ediciones Turner, 3T, Madrid, 1984., T III Desde Juan II hasta la dispersión.
- Romano, Antonella, "Clavius: el surgimiento de la disciplina matemática, Los jesuitas y la ciencia", *Los límites de la razón*, Artes de México, No.82, 2005, pp. 22-27.
- Rodríguez, Vicente, *Cosas de Frailes*, Imprenta Franciscana, Celaya, Guanajuato, 1992, 434 p.

- Rommevaux, Sabine, *Clavius une clé pour Euclide au XVI siècle*, Mathesis, Librairie Philosophique, J.VRIN, Paris, 2005, 313 p.
- Sacchi, Paolo, *Historia del Judaísmo en la época del Segundo Templo*, Editorial Trotta, Madrid, 2004,
- “*Idue calendari del Libro dell’Astronomia*” en *L’apocaliptica giudaica e la sua storia*, Paideia, Brescia, 1990.
- Saranyana, Josep-Ignasi, *La filosofía medieval*, Colección de pensamiento medieval y renacentista, EUNSA, 2da.ed. 2007, 530p p. 442
- Saussure, Ferdinand de, *Curso de lingüística general*, Ed. Losada, Buenos Aires, 1969, 378p.
- Serres, Michel et al, *Elements d’ Histoire des Sciences*, Bordas, Cultures, France, 1991, 576 p.
- *Historia de las ciencias*, Cátedra, Teorema, 2da ed, Madrid, 1998, 650p.
- Serres, Michel, *La légende des anges*, Champs, Flammarion, France, 1999, 254p
- *El nacimiento de la Física en el texto de Lucrecio, Caudales y Turbulencias*, Pre-Textos, Valencia, 1994, 228 p.
- *Statues*, Le second livre des fondations, Editions Francois Bourin, Paris, 1987, 346p.
- *Les origines de la géométrie*, Tires livre des fondations, Flammarion, 1993, France, 338p.
- *Le systema de Leibniz et ses modeles mathematiques*, Epimethée, PUF, 4^a ed. 2001, 834 p.
- *Los cinco sentidos*, Taurus, Pensamiento, 2002, México, 472p
- Sescosse, Federico, *El colegio de Guadalupe de Zacatecas, Escuela de misioneros y semillero de mártires, 1706-1993*, Multiva grupo financiero, Fondo cultural Bancen, 175 p.
- Smith, David Eugene, *History of mathematics*, V.1 580 p.
- Solana, Rafael, “*Las posadas*”, *Artes de México*, V. 13, No.72, 1966, p. 14-16
- Steinberg, Aaron, *Los judíos en la edad moderna, siglos XV – XVIII*, editado por el Ejecutivo sudamericano del congreso judío mundial, Buenos Aires, 1970, 30 p.
- Theillard de Chardin, Pierre, *El fenómeno humano*, Taurus Ediciones, S.A,1986, México, 384p
- Soler Galla, Rafael, *Diseño y construcción de relojes de sol, Prontuario para la construcción de relojes de sol con la justificación de los métodos y fórmulas, Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos, Demarcación de*

- Baleares*, Colección de Ciencias, Humanidades e ingeniería No.29, Madrid, 1989, 379 p.
- Thiede, Carsten Meter, *Los Rollos del Mar Muerto y los orígenes judíos del cristianismo*, Océano, México, 2008, 235p
- Tom, René, *Esbozo de una semiofísica, Física Aristotélica y teoría de las Catástrofes*, Colección Límites de la Ciencia, Vol. 14, Gedisa, Barcelona, 1990, 230p.
- Trabulse, Elías, *Historia de la ciencia en México*, CONACYT, FCE, 3a. reimpresión, México, 2003, .5V.
- *Historia de la ciencia en México*, (versión abreviada), FCE, México, 1997, 542 p.
- *Historia de la ciencia en México*, Versión abreviada, CONACYT, Fondo de Cultura Económica, México, 1994, 528 p.
- *La ciencia y la técnica en el México Colonial*, México, 1982, 80 p.
- *El Círculo Roto*, Estudios Históricos sobre la ciencia en México, México, SEP., 1982, XVII, México, Fondo de Cultura Económica, 1985, 248 p.
- *Los orígenes de la ciencia moderna en México*, (1630-1680), México, Fondo de Cultura Económica, 1994, 296 p.
- *Ciencia y tecnología en el Nuevo Mundo*, México, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, Fideicomiso Historia de las Americas, 1994, 184 p.
- *Arte y Ciencia en la Historia de México*, Fomento Cultural Banamex, 1996, 280 p.
- *En busca de la Historia Perdida, La ciencia y la tecnología en el pasado de México*. Ensayo Bibliográfico. El Colegio de México, 2001
- “*Cosmología de los jesuitas novohispanos*”, *Artes de México*, No. 82
- *Arte y ciencia en la historia de México*, Grupo financiero Banamex – Accival, S:A de C.V, Fomento cultural Banamex, 1995, 269 p.
- Valle Rodríguez, Carlos del, “*Nebrija en su faceta de hebraísta*”, *Cuadernos de Filología Clásica*, Instituto de Filología del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) en Madrid, Estudios Latinos, 2000, 18, pp 323-334.
- Vernet, Juan, *Lo que Europa debe al Islam de España*, El acantilado, Barcelona, 1999, 560 p.
- Vygotsky, Lev S., *Pensamiento y Lenguaje, Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*, Ediciones Quinto Sol, Editorial Alfa y Omega, México, s/f, 220p,

- Winiecki, J., *Hebraismos españoles, Vocabulario de raíces hebreas en la lengua castellana*, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 1959, 88 p
- Wittgenstein, Ludwig, *Tractatus Lógico Philosophicus*, Filosofía y Pensamiento, Alianza Editorial, España, 2000, 215 p.
- Yates, Frances A., *El iluminismo rosacruz*, Colección Popular, No. 209, FCE, México, 1981, 324 p
- *Giordano Bruno y la tradición hermética*, Ariel Filosofía, Editorial Ariel, Barcelona, reimpresión 1994, 529 p.
- *Ensayos reunidos I, Lulio y Bruno*, (reimpr. 1996), FCE, México, 398p.
- *Ensayos reunidos III, Ideas e ideales del renacimiento en el norte de Europa*, FCE, colección popular 493, México, 2002, 508p.
- Ziller Camennietzki, Carlos, *La ciencia barroca del padre Kircher*, *Artes de México*, No. 82.