HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA EN MÉXICO

Autor: MANUEL ÁLVAREZ/ BART J. BOK/ JOHANNA BRODA/ JOAQUÍN GALLO SARLAT/ STANISLAW IWANISZEWSKI/ MIGUEL LEÓN-PORTILLA/ EDUARDO LÓPEZ/ LUCRECIA MAUPOMÉ/ MARCO A. MORENO/ ROBERTO MORENO/ DAVID PIÑERA/ PARIS PIŞMIŞ/ LUIS F RODRÍGUEZ. MARCO ARTURO MORENO CORRAL (COMPILADOR)

- COMITÉ DE SELECCIÓN
- EDICIONES
- PRESENTACIÓN
- PARTICIPANTES
- I. ASTRONOMÍA Y CULTURA EN MESOAMÉRICA
- II. RESEÑA DE LAS EVIDENCIAS DE LA ACTIVIDAD ASTRONÓMICA EN LA AMÉRICA ANTIGUA
- III. ARQUEOASTRONOMÍA Y DESARROLLO DE LAS CIENCIAS EN EL MÉXICO PREHISPÁNICO
- IV. MITOLOGÍA Y ARQUEOASTRONOMÍA
- V. ASTRONOMÍA MEXICANA DEL SIGLO XVIII
- VI. SONDEO HISTORIOGRÁFICO SOBRE LA ASTRONOMÍA EN BAJA CALIFORNIA
- VII. VIAJE DE LA COMISIÓN MEXICANA A JAPÓN PARA LA OBSERVACIÓN DEL TRÁNSITO DE VENUS DE 1874
- VIII. ENTRE ECLIPSES Y COMETAS: REMINISCENCIAS DE LA VIDA DE JOAQUÍN GALLO
- IX. ASTRONOMÍA MEXICANA 1930-1950*1
- X. EL AMANECER DE LA ASTROFÍSICA EN MÉXICO
- XI. UNA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA IMPORTANCIA INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA MEXICANA
- XII. LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL

- OTROS TÍTULOS DE ASTRONOMÍA EN LA CIENCIA DESDE MÉXICO
- COLOFÓN
- CONTRAPORTADA

COMITÉ DE SELECCIÓN

Dr. Antonio Alonso

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Jorge Flores

Dr. Leopoldo García-Colín

Dr. Tomás Garza

Dr. Gonzalo Halffter

Dr. Guillermo Haro †

Dr. Jaime Martuscelli

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Juan José Rivaud

Dr. Emilio Rosenblueth †

Dr. José Sarukhán

Dr. Guillermo Soberón

Coordinadora Fundadora:

Física Alejandra Jaidar †

Coordinadora:

María del Carmen Farías.

Indice

la

ciencia/4

desde méxico

Primera edición, 1986

Segunda edición, 1995

La Ciencia desde México es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Subsecretaría de Educación e Investigación científica de la SEP y el Colegio Nacional de Ciencia y Tecnología.

D. R. © 1986, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S. A. de C. V.

D. R. © 1986, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA.

Carretera Picacho Ajusco 277; 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-2391-6 (1a. edición)

ISBN 968-16-4808-0 (2a. edición)

Impreso en México

Indice

PRESENTACIÓN

La astronomía ha sido cultivada en México mucho antes del descubnmiento de América, por lo que el estudio cuidadoso y sistemático de las diferentes concepciones astronómicas que han tenido los habitantes de nuestro país a lo largo de siglos (¿milenios?), seguramente ha ayudado y ayudará a comprender mejor el legado cultural que nos han dejado y que estamos obligados a cuidar y acrecentar.

Este volumen contiene los trabajos presentados por astrónomos e historiadores durante el desarrollo del Simposio de Historia de la Astronomía en México, organizado por los Institutos de Astronomía y de Investigaciones Históricas de la UNAM y llevado a cabo en Ensenada, Baja California, los días 12, 13 y 14 de abril de 1982.

La exposición de trabajos se hizo de acuerdo a los tres grandes periodos en que se ha dividido la astronomía mexicana; el día 12 se presentaron las ponencias sobre la astronomía prehispánica, el día 13 se habló de la astronomía durante la Colonia y el siglo XIX y finalmente, el día 14 se trató el desarrollo de la astronomía mexicana durante el presente siglo.

Se creyó conveniente agregar a este libro dos trabajos que, aunque no fueron presentados durante la celebración del Simposio, dan una visión más completa sobre el desarrollo de la astronomía en nuestro país durante el presente siglo. Estos son: "Entre eclipses y cometas", biografia del doctor Joaquín Gallo Monterrubio, director del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya de 1914 a 1945. Este trabajo fue presentado por el señor Joaquín Gallo Sarlat durante el simposio Vida y Obra de Joaquín Gallo, organizado por el Instituto de Astronomía de la UNAM para celebrar el Centenario del nacimiento de Gallo.

El doctor Bart J. Bok,* profesor emérito de la Universidad de Arizona, ha sido un apoyo para los astrónomos mexicanos desde los años treinta. Las experiencias nacidas de su trato con los renovadores de nuestra astronomía las ha narrado en un trabajo que presentó durante la cena de clausura del simposio en honor de Guillermo Haro, realizado en la ciudad de México durante los días 24, 25 y 26 de febrero de 1983. Este trabajo, intitulado "Astronomía mexicana, 1930-1950", fue amablemente proporcionado por el profesor Bok para su inclusión en este libro

* Recientemente fallecido, a la edad de 77 años.

El editor ha tratado en todo momento hacer el mínimo de cambios. Cuando se han hecho modificaciones, ha sido con la intención de dar claridad y uniformidad al material aquí presentado.

Deseo agradecer a la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el generoso apoyo económico brindado para la impresión de este texto, asimismo, y de manera muy especial, quiero reconocer y agradecer el excelente trabajo mecanográfico realizado por la señora Christine Harris.

MARCO ARTURO MORENO CORRAL

Indice

PARTICIPANTES

Manuel Alvarez Pérez-Duarte.....Observatorio Astronómico Nacional, Instituto de Astronomía, UNAM

Bart Jan Bok* .....Universidad de Arizona

Johanna Broda.....Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM

Joaquín Gallo Sarlat*.....DomicilioParticular: Cerrada Presa Escolta 185, San Jerónimo, C.P. 10200 México, D.F.

Stanislaw Iwaniszewski.....Instituto de Investigaciones Antropológicas, Museo Estatal de Arqueología, Varsovia. .....Actualmente en el Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM

Miguel León-Portilla..... Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM

Eduardo López Ángeles.....Observatorio Astronómico Nacional, Instituto de Astronomía, UNAM

Lucrecia Maupomé.....Instituto de Astronomía, UNAM

Marco Arturo Moreno Corral.....Observatorio Astronómico Nacional, Instituto de Astronomía, UNAM

Roberto Moreno de los Arcos.....Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM

David Piñera Ramírez.....Centro de Investigaciones Históricas, UNAM-UABC

París Pismis.....Instituto de Astronomía, UNAM.

Luis Felipe Rodriguez Jorge.....Instituto de Astronomía, UNAM

* No participaron en el simposio, sus trabajos fueron agregados posteriormente.

Indice

I. ASTRONOMÍA Y CULTURA EN MESOAMÉRICA

MIGUEL LEÓN-PORTILLA

LAS INVESTIGACIONES contemporáneas sobre arqueoastronomía han puesto de relieve —ahora más que nunca— el grande y sostenido interés de los pueblos mesoamericanos por observar, conocer y medir los movimientos y los ciclos de un cierto número de cuerpos celestes. De ese interés dan testimonio múltiples inscripciones, algunas que provienen es de el periodo preclásico y otras a todo lo largo de la evolución cultural de Mesoamérica. Tienen asimismo especial significación las representaciones y registros de fenómenos astronómicos en los códices que se conservan (mayas, mixtecas y del altiplano central), algunos con información de tan gran importancia como la que puede inferirse de las tablas de eclipses incluidas en el *Códice de Dresde.* A tales testimonios deben sumarse los que forman parte de la documentación escrita ya con el alfabeto, en lenguas indígenas (náhuatl, maya-yucateco, mayaquiché...), a raíz de la Conquista, y también las noticias que, sobre conocimientos astronómicos del hombre indígena, proporcionan algunas crónicas e historias de autores españoles sobre todo del siglo XVI.

El análisis de estos testimonios ha permitido a distintos investigadores elaborar varios géneros de trabajos: unos, de índole descriptiva, de los cuerpos celestes, sus ciclos, etcétera, que conocieron los mesoamericanos; otros, de carácter más especulativo, dirigidos a correlacionar datos de la astronomía europea con diversas formas de cómputos mesoamericanos, en función de los cuales se busca inferir que también en el mundo prehispánico se llegó a tales o cuales conocimientos astronómicos. Tomando en cuenta la existencia de estos géneros de trabajos, creo pertinente formular aquí la siguiente pregunta que se dirige a situar la comprensión del interés astronómico en su correspondiente ámbito cultural: ¿Cuáles fueron las principales motivaciones que despertaron y mantuvieron viva una "preocupación astronómica" en Mesoamérica? Inquirir en torno a esta cuestión ayudará a esclarecer dos puntos que considero básicos:

1. ¿Qué sentido tuvo lo que hoy llamamos "astronomía mesoamericana" en el contexto de su visión del mundo, religión, organización social, política y económica y, en una palabra, en su "todo social y cultural", es decir, en función de la suma de sus elementos y factores dinámicos, desde sus modos de producción hasta su arte, literatura, derecho y religión? De la respuesta o respuestas que puedan darse a esta primera cuestión habrá de derivarse una comprensión mucho más adecuada de esa "preocupación mesoamericana", entendida en su relación con la propia cultura prehispánica. La segunda cuestión, muy ligada con la anterior, es ésta:

2. ¿Qué sentido tiene, con base en inferencias a partir de cómputos sobre todo de índole calendárica en códices o inscripciones, o, apoyándose en los datos obtenidos acerca de las orientaciones de determinados edificios prehispánicos, encaminarse a "descubrir" que los mesoamericanos abarcaron en su preocupación astronómica un gran número de ciclos o fenómenos celestes que obviamente el investigador conoce con anterioridad gracias a las aportaciones de la astronomía desarrollada en la cultura occidental? Para dar un ejemplo, pienso en quienes sostienen que los mesoamericanos conocían los ciclos de varios planetas, además del de la "estrella grande" o Venus. Otras afirmaciones respecto de otros cuerpos celestes o ciclos de los mismos —como la citada acerca de los planetas— tienen en común que se formulan partiendo sobre todo de inferencias matemáticas, pero desligadas de lo que, a través de las fuentes, sabemos que interesaba específicamente a los mesoamericanos en sus observaciones celestes.

En esta breve nota que resume una exposición más amplia, en vez de ocuparme en hacer una evaluación crítica de este último género de trabajos, opto por señalar; al menos en forma general, cuáles son los principales elementos de la visión del mundo, pensamiento religioso e intereses primordiales en la vida social, política y económica de estos pueblos, que deben tomarse en cuenta si se quiere situar debidamente en su correspondiente "todo social y cultural" esta preocupación astronómica. Citaré, en primer lugar; un texto traducido del náhuatl, bastante elocuente en esta materia. Su interés está en que precisamente hace descripción de los "astrónomos" nahuas, situándolos entre quienes tienen a su cargo el culto de los dioses,

los sacrificios, la formulación de los discursos, el estudio de los libros de pinturas, el de las cuentas de los días y de los años. Todos ellos, como lo expresa el testimonio indígena, son "quienes nos guían, nos gobiernan, nos llevan a cuestas...". El texto dice así:

Hay quienes nos guían, acerca de cómo deben ser adorados nuestros dioses, cuyos servidores somos como la cola y el ala. Los que hacen las ofrendas, los que ofrecen *copal* los llamados sacerdotes de Quetzalcóatl. También los sabios de la palabra, los que tienen obligación, se ocupan día y noche, de poner el *copal* de su ofrecimiento, de las espinas para sangrarse.

Los que ven, los que se dedican a observar el curso y el proceder ordenado del cielo, cómo se divide la noche. Los que están mirando [leyendo], los que cuentan [o refieren lo que leen]. Los que vuelven ruidosamente las hojas de los códices. Los que tienen en su poder la tinta negra y roja [la sabiduría] y lo pintado.

Ellos nos llevan, nos guían, nos dicen el camino. Quienes ordenan cómo cae un año, cómo siguen su camino la cuenta de los destinos y los días y cada una de las veintenas [los meses]. De esto se ocupan, a ellos les toca hablar de los dioses. [1]

Obvio es que "los que se dedican a observar el curso y el proceder ordenado del cielo" son personas que lo hacen en relación con sus creencias religiosas y en función de las instituciones políticas y socioeconómicas, en este caso de México Tenochtitlan. A la luz de dichas creencias y realidades se desarrolló un empeño astronómico que —no obstante variantes a través de los siglos o de carácter regional— mantuvo su enfoque siempre integrado a la raíz de la visión mesoamericana del mundo y a los intereses primordiales de un existir en el que la agricultura era elemento clave. Los cuerpos y fenómenos celestes que ese enfoque abarcó son, como es de suponerse, los que encontramos representados en los códices e inscripciones y a la vez los mismos que ocupan lugar prominente en los relatos, mitos y otros textos sagrados en varias lenguas mesoamericanas. Esos principales cuerpos y fenómenos celestes —cuyos símbolos y nombres se repiten muchas veces en los códices y textos— son el Sol, la "estrella grande" (Venus), la Luna *(Metztli)*, las Pléyades *(Ttanquizlh)* y otros conjuntos de estrellas (constelaciones), además de las *citialin pohpocah* (cometas). De enorme interés son asimismo los eclipses (*qualo in Tonatiuh*, "es comido el Sol [...]"), de los que existen tablas, como las ya referidas, en el *Códice de Dresde*.

En principio no debe olvidarse que para los mesoamericanos el universo guarda relación fundamental con el Sol. En muchas lenguas de esta área el concepto de sol se enuncia con un vocablo cuya raíz significa "luz-calor". En náhuatl, por ejemplo, *tonatiuh*, derivado de *tona*, "brillar; calentar", se relaciona con *tonalli*, que es "día, calor; destino". Por otra parte, *tonatiuh*, al referirse a los "soles" que han existido, significa "edad", "periodo cósmico".

El que hayan existido varias edades o "soles" que terminaron violentamente llevó a la persuasión de que el hombre vive en un universo presidido por el Sol, que es fuente de vida, es "Dador de la vida", pero está a la vez sujeto siempre al riesgo de debilitarse,' y sucumbir. El Sol es realidad divina pero no es el supremo dios dual, padre y madre de todos los dioses. Entre los mexicas, parece más vinculado a otras deidades como Huitzilopochtli. Proclama él en un himno: "Yo soy el que ha hecho salir el Sol[...]" [2]

El Sol presente puede perecer. Ello hace del mundo un escenario de tensiones. Para prevenir los destinos adversos, es vital conocer los ciclos del Sol y de todos los cuerpos celestes que, de un modo o de otro, se muestran en relación con él: la Luna, la gran estrella (Venus), *Tianquiztli* (las Pléyades), *Mamalhuaztli* (cinturón y espada de Orión), *Cólotl* (Escorpión), *Colotlixáyatl* ("rostro de Escorpión"), *Citlaxanecuilli* (¿Osa menor?), *Citlaltlachtli* ("juego de pelota de las estrellas") y otros cuerpos celestes identificados como distintas constelaciones.

Apoyándose en textos de los informantes de Sahagún, Johanna Broda ha puesto de relieve, por ejemplo, la significación de *Tianquiztli* (las Pléyades) dentro del ciclo de 52 años, cuando a la mitad de la noche

ocurría la renovación del fuego.3 Precisamente porque tal renovación era prueba de que el Sol iba a continuar alumbrando esta edad, por ello importaba conocer el ciclo de *Tianquiztli.*

En función de los ciclos solares —en maya-yucateco, kin es sol, día, edad cósmica, tiempo— el hombre mesoamericano organizó sus cómputos calendáricos, con toda la amplísima gama de connotaciones de los mismos. Estos abarcaban, entre otras cosas, las medidas y normas de los ciclos agrícolas, de las fiestas a lo largo de las trecenas y veintenas de días, la suma de los destinos en los momentos propicios, adversos o indiferentes para cualquier evento o proyecto de acción tenidos por importantes, desde el nacimiento hasta la muerte.

Amplio campo se abre a las investigaciones en los textos míticos, legendarios, religiosos y aun históricos, así como en las representaciones acompañadas de glifos en los códices, dirigidas a buscar las múltiples relaciones de *Tonatiuh (Kin)* con los otros cuerpos celestes que allí se mencionan o registran. Pensemos, por ejemplo, en lo que consignan los *Anales de Cuauhtitlán,* la *Leyenda de los Soles,* el *Códice de Dresde* y varios manuscritos del grupo Borgia, sobre "enfrentamientos" entre *Tonatiuh y Huey Citlalin* (Venus). Ponderemos siquiera lo relativamente poco que conocemos respecto de la Luna en el pensamiento mesoamericano, o las complejidades de *Quetzalcóatl-Xólotl* en relación con la "estrella de la mañana y de la tarde". Cuestión tampoco clara es la de *Mixcóatl,* entendido como "Serpiente de nubes", y su relación con la Vía Láctea.

A pesar de que una interpretación pan-astral o pan-babilónica que pretenda relacionar o identificar a los distintos dioses con otros tantos cuerpos celestes no parezca hoy aceptable, es cierto que tampoco puede desecharse a la ligera la vinculación entre unos y otros que, en algunos casos, ponen de manifiesto las fuentes. Inquirir acerca de esto podrá revelar aspectos de enorme interés en la visión mesoamericana del mundo. Como en otro lugar lo manifesté, el afán de los cómputos y las medidas de los ciclos sería ciencia pura si no estuviera tan entretejido con las creencias hasta dar por resultado una compleja y admirable forma de "mitología matematizada".4

En modo alguno pienso que deba minimizarse la importancia de los cómputos, ni de cualquier otro elemento medible o calculable en Mesoamérica. Conviene repetirlo: lo extraordinario de "la ástronomía", "el calendario" y "la matemática" en esta área cultural es su rigor extremo, pero no como saber por sí mismo, sino en función plena de los requerimientos de su visión del mundo y de sus necesidades de subsistencia. Tomar esto en cuenta en cualquier estudio sobre la "preocupación astronómica" de los mesoamericanos difiere radicalmente de la postura de quienes inquieren desde la mira de los conocimientos astronómicos de la cultura occidental y, haciendo malabarismos, tratan de acomodar en los cómputos prehispánicos, ciclos y correlaciones que dan lugar a "descubrimientos" que nada tienen que ver con lo que de verdad interesó al hombre de Mesoamérica, empeñado a lo largo de milenios, por motivos muy distintos, en "observar el curso y el proceder ordenado del cielo [...] " 5

NOTAS

1 *Libro de los Colloquios* (preservado en la Biblioteca Vaticana en Un "Códice misceláneo", Gabinete 1, Vol. 91). Texto original en náhuatl, recogido y revisado por fray Bernardino de Sahagún, fol. 34 v.

2 *Códice Florentino,* Manuscrito 2l8-220 de la Colección Palatina, de la Biblioteca Medicea Laurenziana. Vol. I fol. 137 r.

3 Johanna Broda, "La fiesta azteca del fuego nuevo y el culto de las Pléyades", *Lateinamerika Studien,* Universität Erlangen-Nürnrnberg, Wilhelm Fink Verlag, Munich, 1982, Vol. 10, pp. 129-157.

4 Miguel León-Portilla, *Tiempo y realidad en el pensamiento maya,* prólogo de J. Eric S. Thompson, Apéndice de Alfonso Villa Rojas, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, 1968, PP. 108-

109.

5 Veánse el texto completo y su referencia documental en la nota 2.

II. RESEÑA DE LAS EVIDENCIAS DE LA ACTIVIDAD ASTRONÓMICA EN LA AMÉRICA ANTIGUA

LUCRECIA MAUPOMÉ

Pueblo que contaba sus días como diamantes. **MIGUEL ÁNGEL ASTURIAS**

EL TRANSCURRIR del tiempo fue registrado en la antigua América en calendarios excepcionales; su vigencia actual demuestra la maestría con la que fueron calculados. El ciclo de 260 días en el que se basan y los valores enteros de los ciclos planetarios que los estructuran son únicos y son originales de aquella civilización. Estos ciclos y las correcciones periódicas ya descifradas, que se llevaban a cabo para ajustarlos a la duración fraccionaria de los movimientos reales de los astros, son la síntesis de los conocimientos astronómicos indígenas de este continente.

Estos conocimientos deben de haber sido adquiridos durante milenios de meticulosas observaciones, de registros y de análisis de datos. Su precisión es comparable a la exactitud obtenida actualmente y revela los extraordinarios cálculos que efectuaban.

Recopilar las evidencias de la actividad astronómica de la América indígena requiere de un recorrido a través de la obra admirable llevada a cabo por los americanistas desde el momento mismo de la Conquista hasta hoy. Sus descubrimientos, a los que dedicaron la devoción y el trabajo de vidas enteras, han permitido reconstruir el contexto indispensable para conferir su verdadero significado a cada una de las evidencias halladas. Aisladas, se reducía su valor; carecían de su importancia real, se disminuía la trascendencia de haberlas encontrado.

Aproximarse a esta cultura con el más profundo respeto permite llegar hasta las últimas consecuencias implicadas en sus deslumbrantes vestigios. El pensamiento náhuatl está cifrado por los calendarios, dice Séjourné en su libro más reciente (1981); título que es una proposición rigurosamente válida, también desde el punto de vista astronómico. En esta obra se encuentra el contexto que le da sentido a todo lo que se ha descifrado hasta hoy.

León-Portilla (1961) traduce bellamente el antiguo texto en el que se describe la actividad de los astrónomos de la América nuestra y que hace evidente la dignidad de dioses que tenían los periodos naturales en los que se divide el tiempo:

Quienes ordenan cómo cae un año, cómo siguen su camino la cuenta de los días y cada una de sus veintenas, de esto se ocupan, a ellos les toca hablar de los dioses.

Seler y Thompson (en Séjourné, 1981) han establecido la identidad qué existe entre el calendario náhuatl en el *Códice Borgia* y el calendario maya en el *Códice de Dresde.* Son expresión del acervo cultural común a todos los pueblos que crearon la civilización de este continente. Cada conocimiento nuevo que se establece acerca de la estructura del calendario y de la validez y equivalencia de todas sus versiones confirma, una y otra vez, esta comunidad de los conocimientos. Aquí se aportan nuevas pruebas originales (Maupomé, 1983); el calendario americano es sólo uno.

En regiones de Chiapas y de Guatemala, los sobrevivientes cuentan todavía el tiempo utilizando el calendario de 260 días originario de América. En la frontera entre Honduras y Guatemala, el inicio del año ocurre el 8 de febrero (Girard, 1966). Esta persistencia en el uso de los calendarios antiguos confirma su exactitud y es un testimonio más de la herencia cultural indígena, cuya presencia ha permanecido delicadamente viva en este continente. Hay evidencias de que las razones por las cuales todavía se inicia el año el 8 de febrero son de índole astronómica, ya que se relacionan con las fases de Venus (Maupomé,

1983).

Las diferentes formas de calendario están estructuradas a partir de los valores enteros del año: 360, 364 y 365 días; combinados con el número 20, el número 260 y los valores enteros del periodo sinódico de Venus que se utilizaban: 584 y 585 días. Conocían a la perfección los valores reales, fraccionarios, del año trópico, 365.2422 días, y el periodo sinódico de Venus, 583.92 días.

Venus es Quetzalcóatl, el símbolo más hermoso de América.[1] En las figuras 1, 2 y 3 se muestra a Quetzalcóatl-Venus como Señor de la Aurora en Teotihuacán; a los lados del Sol en otro fresco teotihuacano, y en el *Códice de Dresde.*

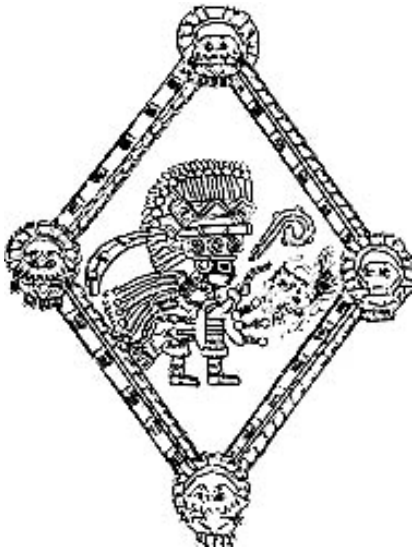


Figura 1. Quetzalcóatl, el Señor de la Aurora, en un fresco teotihuacano. (Séjourné, 1957.)

Figura 2. El jeroglífico de Venus a los lados del glifo del Sol. Fresco de Teotihuacán. (Séjourné, 1971.)

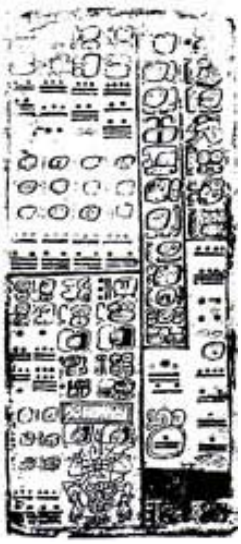


Figura 3. El glifo de Venus es la cabeza del Dios descendiente. (Pág. 58, Códice de

Dresde.)

Las divisiones del periodo sinódico de Venus se encuentran en el *Códice Borgia* estudiado por Seler (1904) y en el *Códice de Dresde.* Förstemann fue el primero en comunicar (1886) que son tablas de Venus muchas de las páginas de este códice maya.

Ludendorff (1931) ha propuesto que en el *Dresde* existen evidencias de que se conocían los periodos siderales de los planetas; el conocimiento de los periodos siderales implicaría que se conocían los movimientos heliocéntricos en el Sistema Solar.

El periodo sideral de Venus, tomado como 224 o como 225 días, se encuentra implícito en la relación 13:8:5

13x225= 5x585

8x365= 5x584

8 x 364= 13x224

y da origen al periodo de 8 años; una de las unidades fundamentales en las que se dividía el tiempo, que relaciona los números 13, 8 y 5; todos de gran importancia.

El tiempo es tema central del pensamiento americano; Cóatl quiere decir también tiempo, dice Castellanos (1912). El símbolo del Chicomoztoc o Tullan Tlapallan —la región del negro y del rojo, el Oriente— es una cabeza de Cóatl: el tiempo. Se muestra en la figura 4. Las figuras 5a y 5b, tomadas también del estudio de Castellanos, presentan el mismo símbolo del tiempo que se encuentra, por ejemplo, como tocado en la maravillosa pieza teotihuacana exhibida en Viena y en la crestería del Templo de las Mariposas en Teotihuacán.

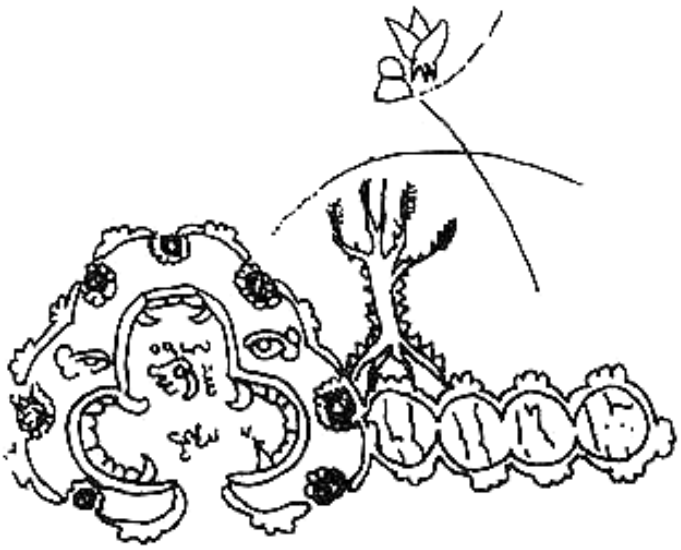


Figura 4. El símbolo de Chicomoztoc. (Castellanos, 1912.)

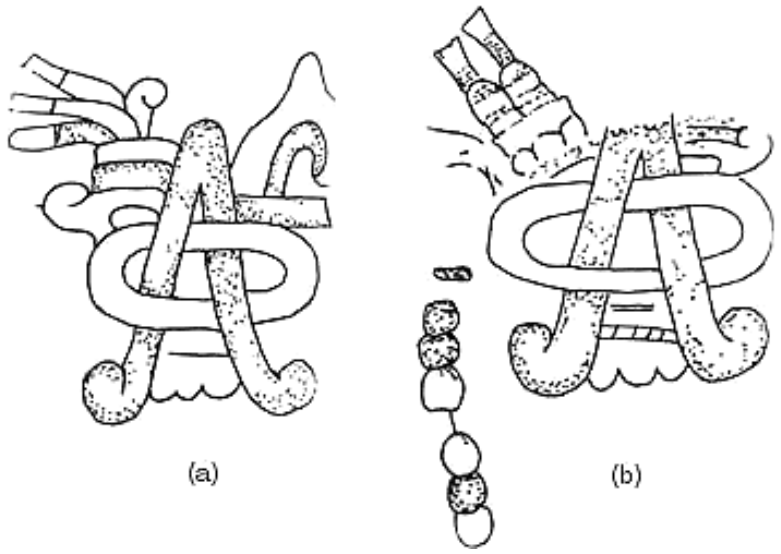


Figura 5a . y 5b. Glifo simbólico de los Tiempos, el Rayo de luz [...] 50 cabezas del templo; cada una representaba un ciclo de 260 años (Castellanos, 1912). Página primera del *Códice Colombino.*

León-Portilla (1961) habla de la "....forma de preservar el recuerdo de su pasado":

Entonces inventaron la cuenta de los destinos, los anales y la cuenta de los años, el libro de los sueños lo ordenaron como se ha guardado, y como se ha seguido el tiempo que duró el señorío de los toltecas, el señorío de los tecpanecas, el señorío de los mexicas y todos los señoríos chichimecas.

Robelo (1910) dice que el calendario nació en Coatlán, estado de Morelos, y cita a Durán, quien menciona que el calendario nació en Cuernavaca, nombre que era de toda la región que circunda esta ciudad. Chavero (en Robelo, 1910) transcribe el mito:

Cuando los dioses crearon la estrella de la tarde hicieron a un hombre y a una mujer[2] y luego formaron los días. Después fueron creados los cielos y los dioses de los muertos y al fin, los hombres macehuales.

Registro del tiempo son las fechas de algunos códices; las inscripciones que en estelas, monumentos y templos pueblan las selvas y los valles; lo son también algunas pirámides como la de Tajín y el Castillo de Chichén Itzá, que tiene 4 escalinatas de 91 peldaños cada una, con pasamanos que terminaban en cabeza de serpiente y que miraban a los puntos solsticiales del orto y el ocaso, los 4 ángulos del cielo. Guía segura para determinar la duración exacta del año (Martínez Hernández, 1912). Tiene 9 terrazas separadas en dos partes, los 18 meses del año, y en las 4 fachadas hay 52 paneles, los años del siglo antiguo (Rodríguez, 1975). El singular efecto de la luz en los equinoccios se muestra en la figura 6: Quetzalcóatl desciende a la Tierra. Quetzalcóatl es el centro del pensamiento antiguo. La unión de lo divino y lo humano, del espíritu y la materia (Séjourné, 1962).

Figura 6. La serpiente de luz durante los equinoccios en Chichen Itzá. (Arochi, 1977.)

Entre los mayas existía la "cuenta larga", recuento ininterrumpido del transcurso de los días; es un sistema de referencia temporal que permite adentrarse en el tiempo hacia el pasado y el futuro; al infinito lo concebían sin principio ni final (Thompson, 1959). Las fechas más antiguas descifradas se remontan a miles de años antes de nuestra era (Morley, 1915, y Calderón, 1982). Sus cálculos abarcaban millones de años (Thompson, 1959). El *Xiuhmolpilli* del *Amatl* de la Peregrinación antes de emprender la marcha está atado al aire; es decir; al tiempo pasado, interpreta Castellanos.

En Quiriguá, en Piedras Negras y en Palenque está registrada la fecha 13.0.0.0.0, 4 *Ahau*, 8 *Cumkú*, que es la fecha inicial de la "cuenta larga" y es el principio de la era en que vivimos (figuras 7 y 8). Fue precedida por otras 4 edades (Thompson, 1969) que terminaron en la "fecha inicial" de la quinta edad. 13.0.0.0.0 es un lapso de 1 872 000 días expresado con el sistema de numeración que se utilizaba casi exclusivamente en las inscripciones: se muestra en la figura 9. Se creía, hasta hoy, que sólo existía este número entre los mayas; pero Maupomé (1983) encuentra aquí que en el símbolo del Chicomoztoc (mostrado anteriormente en la figura 4) Castellanos atribuye 1040 años a cada una de las 4 piedras que forman el cuerpo de Cóatl y 1040 años al árbol viejo que está sobre ellas; así, propone que los cinco glifos representan 5 x 1040 años = 5200 años. Tomados estos años de 360 días cada uno, son 5200 x 360 = 1 872 000 días. A partir de este glifo se encuentra la misma duración de la época, que se conocía sólo en el área maya (Maupomé, 1983). Castellanos sólo menciona los 5200 años en su trabajo, que es extraordinario desde todos los puntos de vista. La forma trilobada de la cabeza de Cóatl está también en el área maya, y en Chacaltzingo, área olmeca, aparece como una figura humana en el vientre de la Tierra. Lo rodean nubes y lluvias (Valderrama, 1983).

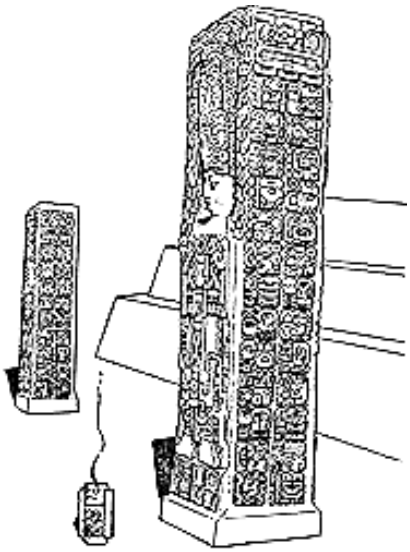


Figura 7. Estela de Quiriguá. En el lado se encuentra la fecha

13.0.0.0.0, 4 *Ahau,* 8 *Cumkú,* que corresponde al 12 de Agosto del año 3113 antes de Cristo (Thompson, 1959). (Este autor, en 1974, propone que la "fecha inicial" es el 10 y no el 12 de agosto del año 3113 a.c.).

Figura 8. La "fecha inicial" 13.0.0.0.0, 4 Ahau, 8 Cumkú en Palenque y en Piedras negras. (Morley,1915.)

Goodman (1905), Martínez Hernández (1932), Teeple (1931) y Thompson (1959) han correlacionado la fecha maya 13.0.0.0.0, 4 *Ahau*, 8 *Cumkú* con el calendario gregoriano y se ha propuesto que corresponde al 12 de agosto del año 3113 a.C. Esta correlación se hace a través de la constante sincronológica GMT (de Goodman, Martínez Hernández y Thompson) igual a 584 284 días (lapso transcurrido, contado en días, entre el principio de la presente era maya y la fecha establecida en el siglo XVI en Europa para empezar el recuento del número de día juliano, *Explanatory Supplement of the American Ephemeris and Nautical Almanac, 1967).* Este número de día juliano fue propuesto por Scaliger; estudioso de cronologías, que fijó como inicio el primero de enero del año 4713 a.C; los astrónomos lo usan actualmente para contar los días y relacionar fechas de eventos astronómicos, independientemente del calendario que se use. Como concepto, la cuenta larga lo antecede en milenios (Maupomé, 1983). Es interesante notar que 584 284 es mil veces el periodo sinódico de Venus más 364 días: 583 920 + 364 = 584 284 (Maupomé, 1983).

El valor 584 284 de la constante GMT y la "fecha inicial" 12 de agosto del año 3113 a.C. son las más aceptadas actualmente en relación con la cuenta larga; pero Spinden, Wilson, Escalona Ramos y Calderón proponen otros valores para la constante. Diversos autores proponen otras fechas iniciales; Martínez Hernández la fija en 3133 a.C. (en Teeple, 1931). Los investigadores soviéticos (Liustiberg, 1981) la fijan en el año 3373 a.C. fecha que también fue propuesta por Spinden (1913). Calderón (1982) da el año 8239 a.C. para el principio de la cuenta larga y el 15 de octubre de 3166 a.C. para el inicio del periodo; fija también otro valor de la constante sincronológica: 584 316. Más adelante en este trabajo se analizarán la constante GMT; la fecha inicial maya, 12 de agosto de 3113 a.C. 13.0.0.0.0, 4 *Ahau,* 8 *Cumkú;* y la duración de la presente época: 1 872 000 días = 5 x 1040 años x 360 días = 13.0.0.0.0.

Figura 9. Los 13 ciclos *(baktunes)* = 1 872 000 días. (Morley, 1915.)

Morley (1915) ha demostrado que las correcciones que se aplican al calendario maya para ajustarlo periódicamente a la duración real de los movimientos lo hacen un diezmilésimo de día más exacto que el calendario gregoriano que utilizamos actualmente, calendario que fue propuesto hace 400 años, después de que Copérnico publicó su trascendental obra.

Thompson y Martínez Hernández (en Teeple, 1931) establecen que en el calendario nunca han ocurrido faltas de continuidad y que las correcciones se hacían automáticamente, con base en instrucciones precisas que se dan, por ejemplo, en la página introductoria del *Dresde* (figura 10).

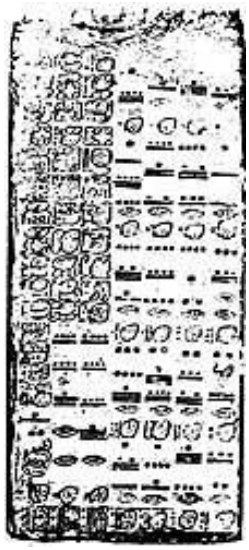


Figura 10. Las fechas 9.9.16.0.0, y 9.9.9.16.0 en la página 24 del *Códice de Dresde.* El cero en los códices es siempre rojo. (Morley, 1915.).

Castellanos menciona otras correcciones: "... en cada trecena de ciclos se mueve un ciclo de 52 años (una Rueda del Calendario) [...] siguiendo por su orden riguroso, en 13 520 años ni un solo año se ha equivocado."

Bowditch (1906) dice que los mayas añadían 26 días al final del ciclo de 104 años y que los mexicanos insertaban 13 días cada 52 años. Garcés (1982) da un glifo que representa estas inserciones de días. Fernández de Echeverría y Veytia (1907) menciona que se añadía una "semana de trece días al final de los 52 años". García Cubas (1912) refiere correcciones a las fechas de peregrinación. (Los itinerantes

iniciaban sus viajes según las fases de Venus [Séjourné, 1981].)

León-Portilla (1961) establece que Tlacaelel rehizo la historia en la época de Moctezuma llhuicamina y el *Códice Telleriano* registra que el final del ciclo, "..... el año Uno Conejo, en que ataban los años, año de 1506 [...] lo cambió Moctezuma (Xocoyotzin) a 1507".

Teeple (1931) da los valores de los ajustes que se hacían en diversas ciudades y la precisión que con ellos se lograba para los valores de la lunación y para los periodos de eclipses, que predecían con exactitud asombrosa. Tomaban 17 lunaciones cada 502 días (Morley, 1915), lo que implica 29.5294 días para cada periodo sinódico de la Luna.

Existía la "cuenta de los días" llamada *Tonalpohualli*, que tenía 260 días; entre los mayas es el *Tzolkín*, entre los nahuas es el *Tonalámatl*. El año de 360 días, llamado *tún* "piedra preciosa" en yucateco y el *Xicupohulli*, "cuenta de los años" de 365 días, que es llamado *haab* entre los mayas. Se dividían en grupos de 20 días cada uno; al año de 18 meses de 20 días le añadían 5 días nefastos -*nemontemi*- (figura 11); el *uayeb* de 5 días mayas. Sahagún y Durán recogen que cada 4 años se añadían 6 días *nemontemi*, lo que equivale exactamente a la corrección gregoriana del año bisiesto y que implica el conocimiento de la duración fraccionaria, real, del año trópico.

Figura 11. Los 18 meses de 20 días cada uno y los 5 días nefastos. Fernández de Echeverría y Veytia, 1907.)

El *Xiuhmolpilli* es la combinación de los dos ciclos, el de 260 días y el de 365 días; combinación que forma el periodo de 52 años; uno de los "siglos", *la Rueda del Calendario*, del que Sahagún dice ser más importante que el año mismo.

La diferencia entre los 52 años de 365 días cada uno y los 52 años de 360 días, es de 260 días exactamente; así se puede llevar el cálculo de sus coincidencias a través de ciclos de 260 días, ya que 18 980 = 73 x 260; 18 720 = 72 x 260; 72 x 73 = 9 x 584 (Maupomé, 1983).

Había otros ciclos mayores: el de 104 años llamado *Huehuetiliztli*, el de 208 años (Boturini, en Fernández de Echeverría y Veytia 1907), el de 312 años iguales a los 4 *tlalpilli;* las fiestas movibles del Sol, dice González (1911) en su estudio del calendario azteca. Calderón (1982) dice que este ciclo de 312 años es el módulo del calendario maya. El ciclo de 416 años igual a 4 ciclos de 104 años de 365 días, equivale a 584 días x 260, que ajusta de nuevo los periodos del año y el de Venus con el número 260; aquí aparece como número de periodos de Venus (Maupomé, 1983). Existían periodos de 676 años *(Anales de Cuauhtitlán 1945)* y el gran ciclo de 1040 años simbolizado por el árbol viejo (figura 4). Goodman (1905) propone que existía el gran ciclo formado por 73 ciclos menores y Bowditch (1906) da la fecha 10.2.0.0.0.0, 2 *Ahau*, 3 *Uayeb* como principio del tiempo; 10 grandes ciclos en el pasado, de 13 ciclos menores cada uno.

Todos estos grandes periodos se formaban tanto por años de 360 días como por años de 365 días. Y por años trópicos de valor fraccionario, ya que los fuegos nuevos se celebraban cada 52 y 104 años reales (figura 18). En la estructura del calendario formado por años de 360 días cada uno, siempre se encuentra asociado el valor de 585 días para el periodo sinódico de Venus; cuando el calendario se basa en años de 365 días cada uno, entonces se toma 584 como valor del periodo sinódico de Venus; en ambos casos el 20 y el 260 son los números fundamentales que también los estructuran. Los números 9.9.16.0.0 = 1 366 560 días (figura 10) y 2.7.9.0.0 = 341 640 días, estudiados por Förstemann (1904), Morley (1915), Thompson (1959), Lounsbury (1976; en Aveni, 1982) y Calderón (1982), al ser múltiplos de 20, 260, 360, 365 y 584, deben serlo también de 585. Maupomé (1983) demuestra que, en efecto, son encuentros de estas dos formas del calendario, fechas en las que coinciden ambos recuentos, además de que son registros de diversos eventos astronómicos que se detallan más adelante en este trabajo; 72 x 73 x 260 = 1 366 560 = 9 x 365 x 4 x 104 = 365 x 3 744 = 1248 x 3 x 365. De hecho, 341 640 = 584 x 585.

Los códices *Vaticano, Borbónico y Aubin* son tres de los siete calendarios originales que existen: en los tres se combinan los calendarios de 260 días y de 365 días (Séjourné, 1981).

El centro simbólico del calendario americano es el número 20; las 20 posiciones en el mes tenían su nombre y su representación. Estos 20 jeroglíficos se repiten en sucesión invariable dentro del calendario de 260 días y dentro del calendario anual. El 20 existe como base del sistema de numeración vigesimal: 20 es el *cempoalli* (León-Portilla, 1961). Fuera del contexto temporal, es el número de dioses (Séjourné, 1981), idéntico en toda la antigua América.

El sistema de numeración americano se basa en el número 20; tiene valor posicional, con 20 signos en cada lugar; y utiliza el cero muchos siglos antes que el sistema indo-arábigo (Teeple, 1931; Garcés, 1982). Infinidad de glifos que representan el cero han sido recuperados por Morley y Thompson. El cero es también glifo de acabamiento, de terminación; la fecha 13.0.0.0.0 se escribe también como 0.0.0.0.0 (Bowditch, 1906). Este autor dice que en esta fecha termina la edad anterior y se inicia la actual. En la figura 12, el personaje del glifo de Palenque lleva como adorno los símbolos trílobados que representan final (Morley, 1915; Séjourné, 1971), símbolos que se aprecian también en las figuras 7 y 9. El cero guardando la posición está en las fechas del *Dresde* de la figura 10, por ejemplo.

Figura 12. El personaje de Palenque lleva el glifo cero, terminación o final en el brazo. (Calca del original. Nicolette Rouy.)

Hay dos formas del sistema vigesimal de numeración: la utilizada en los cálculos de la vida diaria y la calendárica, que difiere al usar solamente 18 símbolos en la posición de los meses, lo que le da un valor de 360 a la tercera posición, 7 200 a la cuarta, 144 000 a la quinta (Morley, 1915). Este autor ha mostrado que existen coeficientes mayores que 13 para la posición del gran ciclo: el 14 y el 17 de Palenque y de Copán

(los muestra en: la figura 57, pag.110 de su libro: La Civilización Maya). Bowditch (1906) señala que, en la quinta posición, sólo se escribía hasta el número 13, como sugiere para el caso de la fecha 10.2.0.0.0.0, 2 *Ahau*, 3 *Uayeb.*

Cada posición calendárica tiene su nombre: *kin* para los días, *uayeb* para los meses, *tún* para los años, *katún* para 20 años de 360 días cada uno. Sahagún y Durán demuestran y aceptan que los mismos 20 jeroglíficos de los días integran el calendario sagrado de 260 días, el año de 365 días y el ciclo de 52 años (figuras 13 y 14).

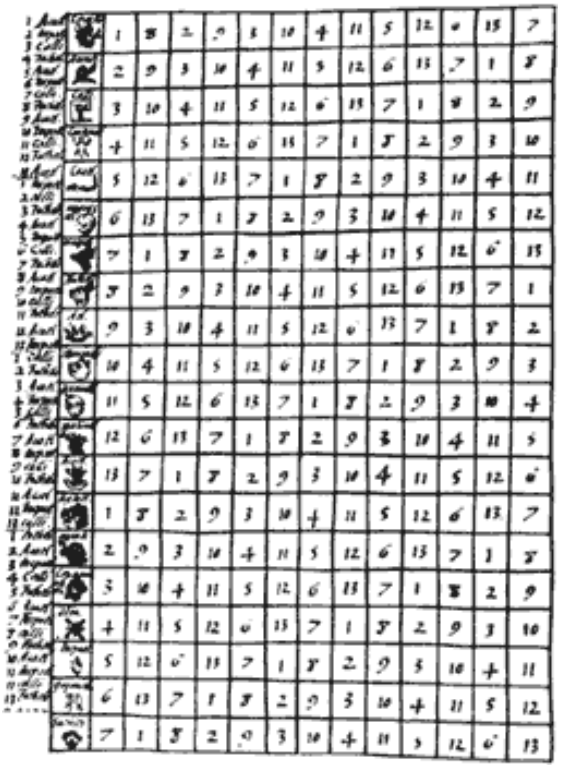


Figura 13. El Calendario de 260 días. Los 20 días y los 13 números. (Sahagún, 1946.)

Figura 14. Los 52 años y los cuatro rumbos. La Rueda del Calendario (Durán, 1951) es la matematización del espacio y del tiempo.

Los 20 días se transforman, mediante los 13 números, en el calendario artificial de 260 días, único de

América. 13 es divisor de algunos de los valores enteros que se utilizaban para los periodos sinódicos de los planetas: 117 (Mercurio), 585 (Venus), 780 (Marte), 377 (Saturno). Divide a 364 días, a los 52 años y a los 104 años. 13 es divisor de periodos de eclipses, de los valores de la lunación y de periodos siderales de la Luna y de Venus. Aparece, al igual que todos los otros números de América, como valor de días, de años y de ciclos; como multiplicando y como divisor. Es el número de *baktunes* que integran la época: 13 x 144 000 = 1 872 000. "Las 50 cabezas del Templo, cada una representa 260 años..." (Castellanos, 1912) = 50 x 260 = 13 000 años de 360 días son 18 720 x 250 días (Maupomé, 1983) que integran la época del glifo simbólico de los tiempos en la figura 5. Nutall (1905) refiere que los mexicanos asignaban un origen astronómico a los 260 días. Apenes (1936) y Malmström (1978) proponen que este calendario debe su origen al lapso que transcurre entre dos pasos sucesivos del Sol por el cenit en las latitudes de Copán e Izapa.

260 días es aproximadamente el periodo de gestación del ser humano; 8 meses de 29 días más un mes de 28 días. Séjourné (1981) dice que los 260 días tienen coincidencia con las fases de Venus; cada instante cifrado del año solar coincide con los instantes de Venus. El calendario anual tiene como eje al Sol, el calendario de 260 días tiene como eje al hombre; 260 días es la duración de la órbita del ser humano, que transformado en astro se integra al Universo, dice la gran americanista.

Seler ha demostrado que el periodo sinódico de Venus unido a los 260 días y al valor del año integra los ciclos de 52 y 104 años: estos tres periodos se expresaban y se combinaban de manera elegantísima:

$$365 = 5 \times 73;\ 584 = 8 \times 73;\ 260 = 20 \times 13$$

$$(5 + 8) \times 73 \times 20 = 13 \times 73 \times 20 = 18\,980$$

$$5 \times 8 \times 13 \times 73 = 37\,960$$

$$\frac{18980}{5 \times 73} = 52 \qquad \frac{37\,960}{5 \times 73} = 104$$

Estos dos periodos se formaban también a partir de los valores 260, 360 y 585 días de las órbitas; en este caso, 52 años de 360 días son 18 720 días; 104 años de 360 días son 37 440 días. 18 980 x 360 = 18 720 x 365 (Teeple, 1931).

La cuenta de los años, el *Xiuhmolpilli* de 18 980 días —en los que no hay repetición en todo el ciclo— es una unidad de tiempo numerada y nombrada, transformada en un trozo de historia por la actividad social que implica; es la duración de la existencia social del hombre (Séjourné, 1981).

Cada 104 años, las tres órbitas alcanzarán el mismo *lubay*, lugar de descanso (Thompson, 1959). Esta conjunción ocurría después del solsticio de invierno con una posición al sur del planeta; 5 revoluciones de Venus y 8 del Sol llegan y comparten el mismo *lubay* cada 8 años terrestres = 2 920 días. Después de este lapso de 8 años, se repiten, aproximadamente, las mismas fases de Venus. En la realidad se repiten cada 1 247 años trópicos de 365.2422 días. Brosche (1982): 1 247 x 365.2422 = 583.92 x 779.999. (Este periodo incluye los valores reales del Sol y Venus y el valor del periodo sinódico de Marte, con 0.059 días de diferencia.)

La fecha de la página 24 del *Códice de Dresde* (figura 10), 9.9.16.0.0 = 1 366 560 días, es un lapso de 3 744 x 365 días (Thompson, 1959). Maupomé (1983) encuentra que 3 744 = 1 248 x 3; un razonamiento análogo al que relaciona 1 508 x 365 = 1 507 x 365.2422, Teeple (1931) muestra (Maupomé, 1983) que 1 248 x 365 = 584 x 780 (y 1 508 - 1 248 = 260 años). Los 1 366 560 días = 9.9.16.0.0, añadidos al número de día juliano de la constante GMT, llevan a febrero del año 629; la fecha de la misma página del Dresde, 9.9.9.16.0, corresponde a enero del año 623, fecha de un eclipse anular de Sol visible en el territorio mesoamericano (días antes de un orto helíaco de Venus [Aveni, 1980]) en un año en el que debió ocurrir una celebración de fuego nuevo (1 507 - 623 = 884 = 17 x 52 años). Este número de días, 9.9.9.16.0 = 1

364 360, es también final de 3 619 periodos sinódicos de Saturno de 377 días, con 3 días de diferencia (Maupomé, 1983).

Los años eran nombrados por 4 de los 20 signos de los días; se iniciaba el ciclo de 52 años en el año Uno Conejo (*Códice Borbónico*, figura 19. Véase más adelante.); al avanzar 365 días se llega al año " Dos Caña" (Caso, 1967); otro año solar más lleva al año "Tres Casa" y el cuarto año solar lleva al año "Cuatro Pedernal". Sólo 4 de los 20 jeroglíficos ocurren en los días iniciales de años. El *Xiuhmolpilli* está así dividido en 4 partes, de 13 años cada una, dirigidas a los 4 puntos cardinales: los 13 años Caña son el Rumbo de la Luz, el oriente; los años Pedernal, el Rumbo de los Muertos, el norte. Los 13 años Casa, el Rumbo de las Mujeres, son el poniente, y los años Conejo, Rumbo de las Espinas, son el sur.

El ciclo de los 52 años se ordena automáticamente con los puntos cardinales; es la concordancia entre el tiempo y el espacio (comparar anterior figura 14 con figuras 15 y 16).

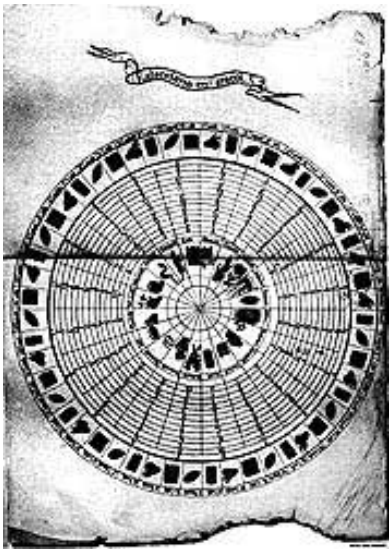


Figura 15. Calendario en caracol. Los 260 días (13 lugares de 20 días) y los 52 años repartidos en 4 grupos de 13 cada uno. (Fernández de Echeverría y Veytia, 1907.)

Figura 16. Calendario Boban. Los meses mayas-mexicanos. De 1116 a 1687 de nuestra era. (Fernández de Echeverría y Veytia. 1907.)

¿Cuál ceremonia del fuego nuevo iniciaba a la vez el ciclo de 104 años y el primero de los dos ciclos de 52

años en que se divide el *Huehuetiliztli?* ¿Cuál fase de Venus está relacionada con el fin y principio de la "duración vieja" de 104 años? ¿Qué posición de Venus principia el segundo *Xiuhmolpilli* de 52 años? Estas preguntas de Séjourné (1981) tomadas como hipótesis de trabajo han mostrado ser herramienta poderosísima para comprender la estructura del calendario americano (Maupomé *et al,* 1983; Maupomé, 1983).

Años recientes son 1817, 1923 y 1975 en los que debieron celebrarse -si es que se celebraron sin que lo sepamos- fuegos nuevos para los cuales se tienen datos astronómicos con nuestra precisión actual, día por día. El último fuego nuevo celebrado antes de la invasión fue el de 1507 (Sahagún, 1946; figura 17c). Martínez Hernández (1932) y Palacios (1932) establecen que se celebró el fuego nuevo del *Huizachtépetl* el 25-26 de julio de 1507 (día del paso del Sol por el cenit de Teotihuacán, nota de la autora). El fin del ciclo ocurrió el año 13 Casa, y el principio del nuevo ciclo, el año Uno Conejo, 1506 (Séjourné, 1981; figuras 17a y b). De la figura 18 se desprende que Moctezuma debió de cambiarlo a 1507 (*Códice Telleriano*) para ajustar la celebración a las fechas de fuegos nuevos anteriores. León-Portilla (1962) refiere los hechos históricos relacionados con los ciclos desde 1402 a 1453, 1454 a 1505 y 1506 a 1557, del *Códice en Cruz.* En la *Tira de la Peregrinación* y en los códices *Azcatitlán y Mexicano,* "al lado de cada aura se indica la fecha en que tuvo lugar lo que allí se describe". Estas ceremonias podían efectuarse dentro de los dos años siguientes al fin del ciclo; eran el bautismo del siglo que se iniciaba. Su principio era el 2 de febrero, registra Sahagún; Caso lo confirma pero Durán discrepa. El principio del ciclo era el año Uno Conejo (*Códice Borbónico;* figura 19).

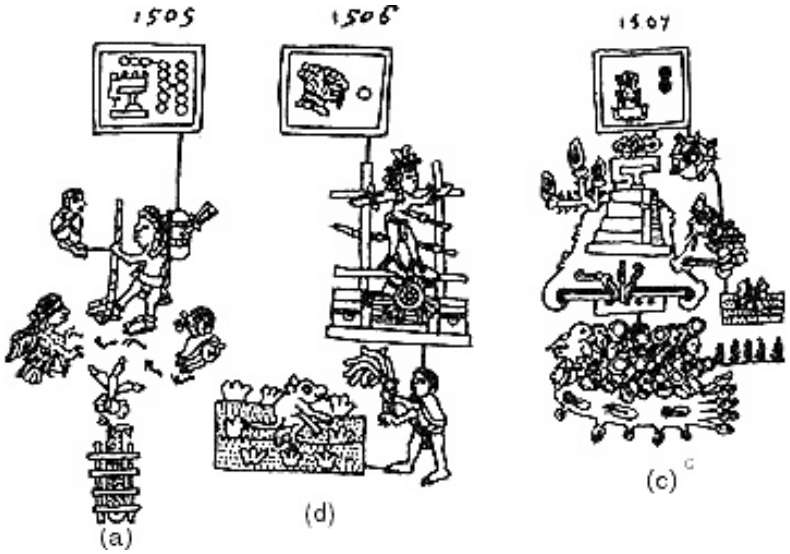


Figura 17a,b,c, Los años Trece Casa (1505), Uno Conejo (1506) y Dos Caña (1507). (Séjourné, 1981).

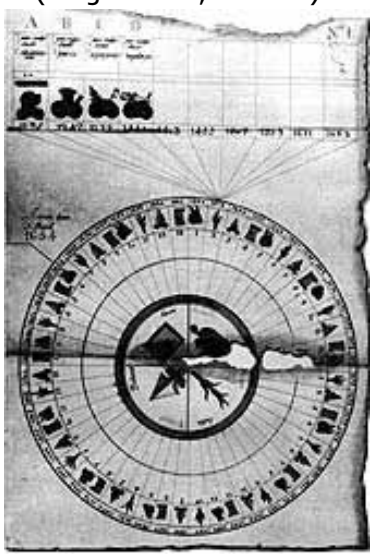


Figura 18. Calendario de 52 años, dividido en 4 indicciones de 13 años cada una. Registra los fuegos nuevos celebrados los años Dos Caña, desde 1195 d.c. hasta 1663 d.c. (Fernández de Echeverría y Veytia, 1907.

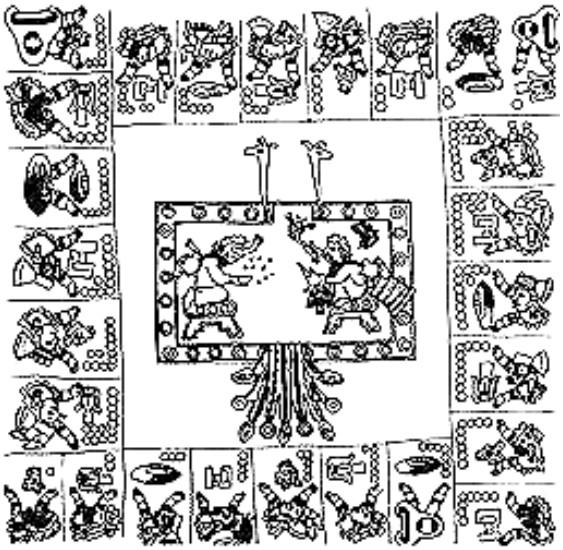


Figura 19. El año Uno Conejo como principio de siglo de 52 años. *(Códice Borbónico)*

De los datos recientes de las posiciones de Venus se encuentra (Maupomé, 1983) que cada 4 años ocurre una conjunción de Venus con el Sol en fecha similar del año. (Cada 104 años, un mismo tipo de conjunción de Venus con el Sol se retrasa cerca de 30 días.) Estas conjunciones se alternan: hubo conjunción inferior el 23 de febrero de 1870, conjunción superior el 8 de febrero de 1922 y conjunción inferior el 23 de enero de 1974. Debido a que 52 años no es divisible entre 8 años y 104 sí lo es, a este ciclo mayor y al primero de 52 años les corresponde una conjunción distinta de la que está relacionada con el segundo ciclo de 52 años. Así se encuentra que hay dos series de fuegos nuevos: los de 1507, 1403, 1299, 1195 y el de 1923 estarían relacionados con conjunción superior. En 1923 ocurrió un eclipse de Sol visible como total en el territorio mexicano el 10 de septiembre, un día después de la conjunción superior de Venus con el Sol; el día del eclipse debió de contemplarse en el cielo oscurecido un espectáculo extraordinario: Mercurio, Marte, Júpiter; Saturno; Antares en un horizonte y Orión en el opuesto, Canopo, Sirio, Cástor y Pólux, Proción, Régulo, α y B del Centauro, α y β de la Cruz del Sur; Arturo.

Las otras fechas de fuego nuevo históricas, 1559,1455, 1351, 1247, corresponderían a la serie a la que pertenecen 1871 y 1975; ya que cada 8 años se repite aproximadamente la misma configuración Sol-Venus-Tierra, el fin del ciclo debe de haber sido semejante a las fases de Venus de 1981-1982. Durante julio de 1983 el planeta alcanzó su brillo máximo antes de la conjunción inferior de agosto; después de ocho años, el 11 de julio de 1991, ocurrió un eclipse total de Sol visible en la ciudad de México. Aun cuando ni 1983 ni 1991 correspondían a fuegos nuevos, las fases de Venus en esos años sí correspondieron a las de dichas celebraciones.

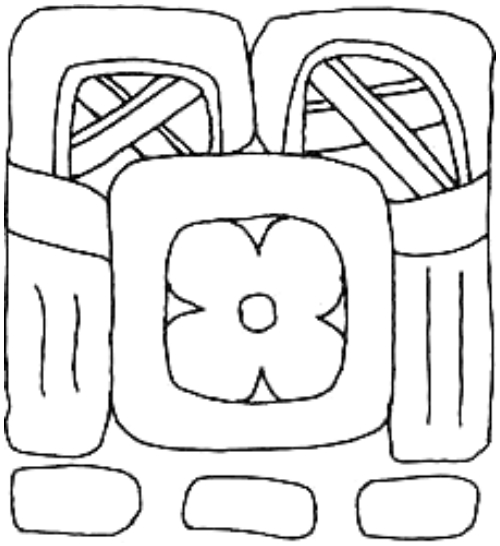


Figura 20. Glifo de eclipse. (Palacios y Mendizábal, 1926.)

Aveni (1980) menciona que en 1039 y en 623 de nuestra era ocurrieron ortos helíacos de Venus y dice que en el periodo de 931 a 943 hubo gran actividad en Yucatán observando a Venus. Estas tres fechas corresponderían también a fuegos nuevos de la serie de 1871 y 1975. En junio de 1040 ocurrió un tránsito de Venus por el disco del Sol, que es una conjunción inferior. El disco de Filadelfia (figura 21) registra tránsitos de Venus (Garcés, 1982). Para establecer con precisión las fechas deben tenerse en cuenta las correcciones efectuadas al calendario; las posiciones de Venus en esas épocas permitirán conocer cuándo ocurrieron los fines de los ciclos relacionados con el sur; el solsticio de invierno y con los brillos máximos del planeta (Séjourné, 1981). La mayoría de los americanistas aceptan que la fase más importante era el primer orto helíaco después de la conjunción inferior; pero Martínez Hernández lo niega. Seler menciona la importancia de la desaparición superior; que llama el viaje de Venus por el infierno; al vencer las tinieblas, Quetzalcóatl surge en el Oeste como estrella vespertina.

Figura 21. Disco de Filadelfia. Calendario astronómico que registra tránsitos de Venus por el disco del Sol, los valores 360 y 364 del año, el ciclo de 405 lunaciones y los movimientos de Venus y de Marte. Garcés (1982) menciona los estudios que realizó Noriega (1959) en diversos monumentos astronómicos circulares esculpidos en piedra u otros materiales. (Figura, cortesía del Planetario L. E. Erro del Instituto Politécnico Nacional.)

Los códices *Dresde y Grolier* (maya-tolteca) (Coe, 1977) dividen el periodo sinódico de Venus de 584

días en:

236 días como estrella matutina 90 días de desaparición superior 250 días como lucero vespertino 8 días de desaparición inferior

El Códice Borgia divide este periodo en:

243 días como lucero de la mañana 77 días de desaparición superior 252 días como estrella vespertina 12 días de desaparición inferior

13.0 = 260	**13 x 20**
13.0.0 = 260 x 18	**13 x 360**
13.0.0.0 = 260 x 360	**13 x 7 200**
13.0.0.0.0 = 260 x 7 200	**13 x 144 000**

1.0 = 20 = 1 mes, *uayeb*

1.0.0 =	360 =	1 año, *tún*
1.0.0.0 =	7 200 =	20 años, *katún*
1.0.0.0.0 =	144 000 =	400 años, *baktún*

Esta discrepancia puede deberse a que sean sistematizaciones distintas de los datos, ya que al final de la presente época, Maupomé (1983) encuentra que arribas divisiones llevan al inicio de la *desaparición superior del planeta.* El calendario de este continente se basa en las fases de Venus, en la apariencia que en el cielo tenía la gran estrella, no solamente en su periodo sinódico completo.

García Cubas (1912) menciona diversos ajustes hechos al calendario en las fechas de las peregrinaciones, que sólo podían iniciar cada 52 años; estas correcciones se llevaban a cabo para ajustar los valores enteros de los periodos a la duración real de los movimientos de los astros. Los números siempre enteros utilizados en la América indígena (Maupomé, 1983) encierran en sus combinaciones los múltiplos enteros de los valores fraccionarios precisos de los periodos; ninguno de estos números es casual, todos adquieren significado astronómico calendárico al ser utilizados como lapsos de días, de años; como número de periodos o de ciclos, son múltiplos y divisores. El sistema de numeración calendárica permite escribirlos con gran elegancia y sencillez:

En el *Códice de Dresde* hay tablas de múltiplos de 260, 364, 584, 78, 780, y los valores de los periodos sinódicos de Mercurio, Júpiter y Saturno. Existía entre los mayas el periodo de 819 días que es 117 x 7 = 91 x 9 = 7 x 13 x 9, los 9 señores de la noche, los 7 señores de la Tierra, los 13 señores de los días (Thompson, 1959). Encuentra aquí Maupomé (1983) que 819 x 260 = 585 x 364.

Lounsbury (en Gingerich, 1982) describe en detalle las fechas en los frescos de Bonampak; de veinte fechas históricas, catorce coinciden con fases de Venus; Murray *(ibid.)* comunica que en Piedra de la Mula, Nuevo León, hay marcas en la roca que coinciden con las tablas lunares del *Dresde.* Estas tablas registran eclipses relacionados con el 260 y los 11 960 días se dividen en series de 177 y 148 días en los que pueden ocurrir eclipses. Este intervalo de eclipses del Dresde, 11 958 días (Ludendorff dice 11 960 días), puede estar registrado en la fecha de la Estatuilla de Tuxtla: 8.6.21.14.17 (año 162 d.C; Morley, 1947) igual a 1 196 017 días a partir de la fecha inicial; aquí encuentra Maupomé (1983) que es cien veces 11 960 más 17 días. Un glifo de eclipse solar (figura 20) fue encontrado en Poco Uinic por Palacios y Mendizábal (1926). 2 x 260 días = 3 medios años de eclipses (de 173 días cada uno). Los 502 días (Morley, 1915) son 17 lunaciones de 177 + 177 + 148 días en total. El calendario azteca según Noriega (s.f.) registra cálculos luni-solares, eclipses y otros datos de Venus.

Las representaciones de observatorios y métodos astronómicos antiguos de los códices y los nombres y símbolos de estrellas y constelaciones son descritos por León-Portilla en este volumen de manera excelente, por lo que aquí se hace mención de estos aspectos de la astronomía.

Sánchez (1980) encontró en un fresco de Teotihuacán un glifo que interpreta como la representación de la luz zodiacal.

Estudios recientes (Carlson, 1975; Ticky, 1976; Malmström, 1976, 1979) sugieren que en América estaban familiarizados con el uso de la brújula; en San Lorenzo, al sur de Veracruz, se encontró una barra de magnetita del periodo olmeca formativo temprano. Tiene grabadas líneas finísimas, formando un ángulo entre ellas, dentro de una incisión hecha artificial y cuidadosamente. Coe y Carlson (1975) la han estudiado y propuesto como brújula, anterior a la china. Malmström, al estudiar las orientaciones en Izapa (1976), encontró que un monolito —una tortuga de roca— tiene propiedades magnéticas extraordinarias: una brújula colocada en diferentes posiciones alrededor de su contorno superior apunta siempre al pico de la tortuga. Puede ser que esta roca poseyera propiedades magnéticas o que se le haya inducido una magnetización artificial (Urrutia *et al.*, 1983). Malmström (1979) reporta dos monolitos más con forma humana en los que se habían incrustado trozos de magnetita en las sienes y en el ombligo.

Figura 22.

Todas estas evidencias de conocimientos del magnetismo en la antigua cultura condujeron a proponer que algunas ciudades, templos y edificios, fueran orientados magnéticamente. La cuestión de la orientación en América es campo de intensa investigación actualmente. Marquina y Ruiz (1932) propusieron que Teotihuacán, la primera ciudad urbanizada del mundo, sigue la orientación de la Pirámide del Sol hacia el punto del horizonte Oeste por donde se oculta el Sol el día de su paso por el cenit de esta ciudad maravillosa. Marquina demuestra también que diversas ciudades, *v.g.* Chichén Itzá, Labná, siguen la traza de Teotihuacán (1951). Otros estudios recientes muestran que la orientación de Teotihuacán es la directriz; en Casa Grande, Arizona (Hicks, 1976), la orientación coincide con la del Caracol en Chichén Itzá, estudiado por Morley (1947), quien demostró que este observatorio astronómico tiene ventanas orientadas hacia los puntos de salida y puesta de la Luna, de Venus y hacia el sur. Aveni (1980) continuó este estudio y descubrió, además, la orientación hacia puntos del horizonte relacionados con Venus del templo de Nohpat. Las cruces punteadas que Aveni *et al.* (1978) reportan haber encontrado desde el Trópico de Cáncer hasta Uaxactún, probablemente eran utilizadas para el trazado de plantas arquitectónicas; dos de ellas, en Teotihuacán, están sobre una línea que es perpendicular a la Calzada de los Muertos.

Los extraordinarios efectos de luz y sombra que se contemplan durante los equinoccios en Chichén Itzá, Cobán, Maní (Arochi, 1977; Rivard, 1970) y en la Piedra de Chalco (Séjourné, 1981); la luz del Sol en los templos de Palenque (Schele, 1977) y Chichen Itzá (Arochi, 1977) durante los solsticios de invierno y la

sombra del Templo II (Hartung, 1977), que asciende por la escalinata del Templo I en Tikal —donde se escuchan extrañas voces según refiere Miguel Angel Asturias—, son síntesis y registro de los conocimientos antiguos y demuestran el dominio de la arquitectura, de la astronomía y de la luz (Maupomé, 1983).

Aún cumplen el propósito con el que fueron diseñados en muy diversas épocas; deben de haber sido construidos para perdurar y conservar sus conocimientos, lo cual hace evidente que sabían que los puntos cardinales de los sitios del horizonte por donde salen y se ocultan los planetas, el Sol y la Luna, no cambian con el tiempo. Iwaniszewski (en este libro) y otros arqueoastrónomos estudian la unidad de medida americana.

Aveni (1980) y Broda (en este libro), entre otros estudiosos, han investigado la importancia que las Pléyades tenían en la cultura antigua y se han propuesto orientaciones con respecto a estas estrellas, en particular en Teotihuacán. Puede comentarse aquí que las Pléyades, debido al movimiento de precesión del eje terrestre, estaban a pocos grados del punto equinoccial —punto vernal— en la época del principio de la actual era, 12 de agosto del año 3113 a.C. (Maupomé, 1983).

Otros resultados encontrados por esta autora durante la preparación de este trabajo se mencionan aquí tanto para completar esta reseña como por la importancia de los conocimientos antiguos recuperados.

I. La duración de la presente quinta época, 1 872 000 días (iguales a 5 125.366 años trópicos), no ha sido analizada internamente; aquí se encuentra que se forma de la combinación de 20, 260, 360:

20 x 260 x 360 = 1 872 000

La importancia de estos tres números: 20, 260 y 360, le confiere al 1 872 000 un valor aún más significativo.

Este lapso es divisible entre los valores enteros de los periodos sinódicos de los planetas, el periodo sideral de Venus, el periodo de eclipses y entre diversos lapsos cuya importancia hemos discutido:

1 872 000	13 = 144 000	1 872 000	173 $^{1}/_{3}$
÷	20 = 93 600	÷	225 = 8 320
÷	30 = 62 400	÷	375 = 4 992
÷	52 = 36 000	÷	400 = 4 680
÷	65 = 28 800	÷	585 = 3 200
÷	72 = 26 000	÷	780 = 2 400
÷	104 = 18 000	÷	1 040 = 1 800
÷	117 = 16 000	÷	1 248 = 1 500
÷	144 = 13 000	÷	2 925 = 640

1 872 000 días está formado por cien Ruedas del Calendario de 52 años (de 360 días) = 18 720 días cada una:

1 872 000 ÷ 365.2422 = 5 125.366 años trópicos

1 872 000 ÷ 583.92 = 3 205.918 periodos sinódicos de Venus

3 206 X 583.92 = 1 872 047.52 días.

II. La presente quinta época se inició el 12 de agosto del año 3113 a.C., fecha a la que corresponde el número de día juliano 584 284 (la Constante GMT). Al añadir a este número de la fecha inicial la duración de la época presente:

584 282 + 1 872 000 = 2 456 284

se llega al número de día juliano 2 456 284 que corresponde al 22 de diciembre del año 2012 de nuestra era. Aceptando esta correlación con la fecha inicial y la constante GMT, el final de la edad presente será el día del solsticio de invierno de un año en el que habrá, el 5-6 de junio, un tránsito de Venus por el disco solar; que es una conjunción inferior del planeta. Ocurrirán un eclipse anular de Sol y uno de Luna en fechas cercanas a la des aparición y a la aparición de Venus en la invisibilidad inferior.

Martínez Hernández (en Palacios, 1932) propuso que el final de la épóca será en 1993 d.C., ya que si bien utilizó la constante GMT —de la cual es uno de los autores—, opuso otra fecha inicial, 20 años anterior a 3113 a.C. Este gran americanista demostró que cada uno de los 13 *baktunes* que forman la presente edad termina en un equinoccio, solsticio, equinoccio, sucesivamente. Garcés (1982) calcula que la fecha 12.19.19.0.0 del duodécimo *baktún* será el 29 de diciembre del año 2011 (los 360 días que le faltarían para ser igual a 13.0.0.0.0 completan la duración de la época de 1 872 000 días). Como Garcés acepta tanto la constante GMT como la fecha inicial 12 de agosto de 3113 a.C., aun cuando no menciona la fecha final de la era actual, sus cálculos coinciden con el de esta autora. Calderón propone que la fecha inicial de la cuenta larga es el año 8239 a.C.; aquí se encuentra que si a la fecha inicial se le restan los 5 125.366 años trópicos = 1 872 000 días, se llega al solsticio de invierno del año 8238 a.C. Sin que este autor lo mencione en su libro, su fecha inicial dista 1 872 000 días —una era— de la fecha inicial más aceptada.

III. Al final de la presente quinta edad —el día del solsticio de invierno del año 2012— habrán transcurrido 3 205 ciclos reales de Venus + 536.4 días. 47½ días después, terminará un ciclo astronómico venusino completo, *el día 8 de febrero del año 2013.* Para establecer cuál fase del planeta corresponde a este fin del ciclo, se parte aquí de la fecha astronómica del tránsito, el día 6 dejunio de 2012, conjunción inferior del planeta con el Sol, y siguiendo las divisiones del periodo sinódico de Venus del *Códice Borgia*, 6 días de invisibilidad inferior (la mitad de 12 días) más 243 días como estrella matutina, se llega al 11 de febrero de 2013 (29 de enero antiguo). Al seguir las divisiones del periodo sinódico del planeta, registradas en el *Códice de Dresde*, desde el día del tránsito astronómico se llega al 2 de febrero del año 2013. Ambos códices y la realidad astronómica de Venus indican que *al final de la época* Venus estará (en el solsticio de invierno) 47 días antes del final de un ciclo real que lleva al *principio de la invisibilidad superior* (viaje de Venus por el infierno) al desaparecer como estrella matutina. Los tres cálculos llevan a principios de febrero; el astronómico conduce al 8 de ese mes y los basados en los dos códices coinciden en la fase asociada con el *principio de la desaparición* superior los tres cálculos parten de la fecha del tránsito del 6 de junio de 2012; los dos códices se ajustan entre sí al final de la quinta edad.

IV. Martínez Hernández dice que la fecha inicial de la cuenta larga es eminentemente astronómica; no se ha establecido antes a cuál evento estaba asociada; aquí se propone que partiendo de fechas de tránsitos de Venus reales contemporáneos y calculando lapsos de coincidencias de periodos de Venus y el año astronómico verdadero, se llega a que la fecha *inicial corresponde al principio de la desaparición superior de Venus:*

(1 247 x 365.2422) x 4 = 1 821 828.09

1 821 828.09 + 584 284 = 2 406 112.09

Cuatro periodos de 1247 años trópicos 3 dan un lapso de 1 821 828 días; sumados a la fecha inicial, dan el número de día juliano del 12 de agosto de 1875. (Utilizando aquí un razonamiento análogo al que se siguió para establecer que la fecha 9.9.16.0.0 del *Dresde* es 3 veces 1248 años de 365 días). El 12 de agosto de 1875 es casi 39 días anteriores a la conjunción superior astronómica del planeta ese año (un medio de la invisibilidad superior según el *Códice Borgia*).

Restando al 8 de diciembre de 1874 —fecha de un tránsito de Venus 4, conjunción inferior del planeta —el mismo lapso de 1247 x 365.2422, se llega al 8 de diciembre del año 3114 a.C. Ya que 4 x 1247 años trópicos incluyen 3120 periodos sinódicos de Venus verdaderos de 583.92 días cada uno (menos 2.3 días) se puede proponer que el 8 de diciembre del año 3114 a.C. ocurrió una conjunción inferior de Venus con el Sol (que no fue tránsito por el disco solar). Desde este día hasta el 12 de agosto de 3113 a.C. transcurren 247 días; las divisiones del periodo sinódico de Venus de los códices indican que desde aquella conjunción inferior transcurrió la mitad de la invisibilidad inferior y un periodo completo de Venus en su fase de estrella matutina. Estas fases coinciden y aquí se han calculado de manera independiente con el cálculo astronómico, cálculo que indica que *en agosto de 3113 a.C. se inició la desaparición superior del planeta.*

V. Esta quinta época, la era actual, fue precedida por otras cuatro épocas, dice Thompson (1959) en su libro, fundamental para el estudio de la astronomía indígena. Toda la América antigua considera que ésta es la quinta edad.

Al postular en este trabajo que las cuatro épocas anteriores hayan tenido la misma duración (cada una) que la duración de la presente quinta edad, se llega de inmediato a la conclusión de que las cinco épocas abarcan la duración del periodo de precesión del eje terrestre:

1 872 000 X 5 = 9 360 000 = 26 000 años de 360 días
= 25 626.83 años trópicos
9 360 000 = 5 X 20 X 260

La precesión (luni-solar) actual dura 25 729.19 años trópicos y los 1 872 000 días x 5 son 25 626.83 años trópicos. Al restar 25 729.19 - 25 626.83 = 102.36 años trópicos = 37 386.19 días = 104 x 360 (menos 53 días), la diferencia es de 2 ciclos de 52 años de 360 días; dos ruedas del calendario. Las correcciones propuestas por Castellanos (1912) ya descritas ajustan esta diferencia; si añaden a los 1 872 000 x 5 = 9 360 000 días las dos ruedas del calendario, que según este autor debían girarse una cada "... 13 ciclos; con lo cual en 13 520 años ni un solo año se habían equivocado..."

(1 872 000 X 5) + (18 720 X 2) = 9 397 440 días

9 397 440 días ÷ 365.2422 25 729.337 *años trópicos*

25 729.19 — 25 729.337 = 53 días de diferencia con el valor calculado actualmente para la duración de este movimiento.

Se propone aquí 5 que se conocía el periodo de precesión del eje terrestre en la América antigua. Este periodo puede expresarse, aproximadamente, por la duración de las cinco edades; pero si se aplican las correcciones, se expresa con exactitud asombrosa como 502 x 18 720 = 502 ruedas del calendario. 502 y 52 años son lapsos que existen en las fuentes indígenas. 502 x 18 720 = 251 x 37 440. La razón 502÷ 520 = 251 + 260 transforma los 13 520 años en 13 052 años = 13 000 + 52. (Maupomé, 1983.)

Bowditch (1906) propuso que existía un gran ciclo de 5 128 años y atribuye a 13 grandes ciclos un valor

de 51 280 años. El gran ciclo (Maupomé, 1983) equivale a la duración de la presente época y los 13 grandes ciclos equivalen a dos periodos de precesión del eje terrestre.

La fecha del principio del tiempo que también recogiera el eminente americanista: 10.2.0.0.0.0, 2 *Ahau,* 3 *Uayeb,* es probablemente también fecha astronómica ya que registra los dos periodos de la precesión más un lapso de 180 días + (585 x 364) días (Maupomé, 1983) : 10.2.0.0.0.0 = 19 008 000 días = (2 x 502 x 18 720) + (819 x 260) + 180 = (2 x 502 x 18 720) + (585 x 364) + 180. Bowditch (1906) propuso que en el quinto lugar *sólo se escribían 13 números y no 20.*

Los 73 ciclos que Goodman (1897) estudió tienen una duración total que también apoya la proposición de que se conocía este periodo del eje terrestre en la América antigua.

Expresado siempre a través de números enteros que encierran los valores reales de los periodos sinódicos de los planetas observables a simple vista, de los periodos siderales de Venus y Luna, de los periodos de eclipses y del periodo de la precesión del eje terrestre, *este calendario y el sistema de numeración construido para registrarlo son un modelo original de la cinemática del Sistema Solar. Su núcleo es el número 260 y este modelo no es solamente geocéntrico, puesto que incluye por lo menos un periodo heliocéntrico.*

El calendario de la América antigua, el Libro de los sueños, tiene la elegancia y la belleza de todas las obras de arte de aquella cultura; su misterio y su permanencia aún desafían nuestra imaginación. Pero por todo el territorio, otros astrónomos observan; a cargo, de los días y de los números, ellos son los guardianes del tiempo y de su registro; ellos conocen los secretos.

BIBLIOGRAFÍA

Ahnert, P. *Astronomisch-Chronologische Tafeln für Sonne, Mond und Planeten,* J. A. Barth, Verlag, Leipzig, 1965.

Alva Ixtlixóchitl, F. de, *Anales de Cuauhtitlán y Leyenda de los Soles,* Imprenta Universitaria, México 1945.

American Ephemeris and Nautical Almanac, U.S. Naval Observatory, Washington.

Anguiano, A., *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec,* Imprenta de Francisco Díaz de León, México, 1881-1882.

Apenes, O., "Posible derivación del periodo de 260 días del calendario maya", *Ethnos* I Museo Etnológico de Suecia, 1936.

Arochi, L. E., *La pirámide de Kukulkán,* Editorial Orión, México, 1977.

Asturias, M. A., prólogo, de *Monuments of Maya Civilization,* ed. P. Ivanoff; Grosset and Dunlap, Nueva York, 1973.

Aveni, A. F., *Shywatchers of Ancient Mexico,* The University of Texas Press, Austin, 1980.

---, "The Maya Region: A Review", *Archaeoastronomy,* núm. 3, 1981. Suplemento del vol. 12, *Journal for the History of Astronomy,* Science History Publications, Bucks.

---, "La astronomía maya", *Mundo Científico* (versión en castellano), vol. 2, núm. 16, 780-787, 1982.

---, H. Hartung, y B. Buckingham, "The Pecked Cross Symbol in Ancient Mesoamerica", *Science,* vol. 202, 1978.

Bowditch, C. P., *The Temples of the Cross, of Ihe Foliated Cross and of the Sun at Palenque,* Cambridge,

1906.

---, *Numeration, Calendar Systems and Astronomical Knowledge of the Mayas,* The University Press, Cambridge, 1910.

Broda, J., Véase su trabajo en este volumen.

Brosche, P., comunicación personal, 1983.

Calderón, H. M., *Correlación de la rueda de los katunes, la cuenta larga y las fechas cristianas,* Compañía Editorial Impresora y Distribuidora, México, 1982.

Carlson,J. B., "Lodestone Compass: Chinese or Olmec Primacy", *Science,* vol. 189, 753-760, 1975.

Carrasco, P. y J. Broda, *Economía política e ideología en el México prehispánico,* Editorial Nueva Imagen, México, 1978.

Caso, A., *Los calendarios prehispánicos,* Centro de Investigaciones Históricas, UNAM, México, 1967.

Castellanos, A., "El rayo de luz y la cronología indiana", *Reseña de la segunda Sesión del XVII Congreso Internacional de Americanistas,* Imprenta del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología, México, 1912.

Coe, M. D., "Native Astronomy in Mesoamerica" en *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America,* ed. A. F. Aveni, University of Texas Press, Austin, 1977.

---, prólogo, de *Astronomía en la América antigua,* compilación de A.F. Aveni, Siglo XXI Editores, México, 1977.

Durán, fray Diego, *Historia de las Indias de Nueva España e islas de Tierra Firme,* Editora Nacional, México, 1951.

Escalona Ramos, A., 1940, *Cronología y astronomía maya mexica,* México. Suplemento de *Astronomical Ephemers and the American Ephemeris and Nautical Almanac* Londres, 1961.

Fernández de Echeverría y Veytia, M., *Los calendarios mexicanos,* edición del Museo Nacional de México, México, 1907.

Flor y canto del arte prehispánico de México, Fondo Editorial de la Plástica Mexicana, México, 1964.

Förstemann, E. W., *Die Maya Handschrift der Könglichen Offtntlichen Bibliothek zu Dresden,* R. Bertling, Dresde, 1886.

---,*Various Papers,* Bureau of American Ethnology, Bull. 28, Washington, 1904.

Gallo J. y A. Anfossi, *Cosmografía,* Editorial Progreso, México, 1973.

Garcés, G., *Pensamiento matemático y astronómico en el México precolombino,* Instituto Politécnico Nacional, México, 1982.

García Cubas, A., "Estudio comparativo de dos documentos históricos", *Reseña de la segunda sesión del XVII Congreso Internacional de Americanistas,* Imprenta del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología, México, 1912.

Gendrop, P., "La escultura clásica en la cuenca del río Motagua", *Artes de México,* núm. 167, año XX, México.

Gingerich, O., "Archaeoastronomers Convene in Oxford", *Sky and Telescope,* vol. 63, núm. 1, Sky Publishing Co., Cambridge, 1982.

Girard, R., *Los mayas,* Libro Mex, México, 1966.

González, P., "El calendario azteca o la piedra del Sol", *Boletín del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología,* vol. 1, núm. 6, Imprenta del Museo, México, 1911.

Goodman, J. Y., "The Archaic Maya Inscriptions", del apéndice al vol. VI, *de Biologia Centrali Americana* (Arqueología), A. P. Maudslay, 1889, R.H. Porter and Dalau Company, Londres, 1897.

---,"Maya Dates", *American Anthropologist,* N. S., VII, Lancaster, Pennsylvania, 1905.

Hartung, H., "Arquitectura y planificación entre los antiguos mayas", en *Astronomía en la America antigua,* compilación de A. F. Aveni, Siglo XXI Editores, México, 1977.

Harvey H. R. y B. J. Williams, "Aritmética azteca", *Ciencia y Desarrollo,* núm. 38, año VII, CONACYT, México, 1981.

Hicks, R. D., "Astronomy in the Ancient Americas", *Sky and Telescope,* vol. 51, núm. 6, Sky Publishing Co., Cambridge, 1976.

Iwaniszewski, S., Véase su trabajo en este volumen.

Kingsborough, E., "Codex Telleriano Remensis", *Antiquities of Mexico,* vol. 3, parte 1, Londres, 1830.

Knorozov, Y V., *La escritura de los antiguos mayas,* Colección Ideas, México, 1956.

Lehmann, W., "Traditions des anciens mexicains", *Jour. Soc. des Amer. de Paris,* N. S., 3, 239-297, París, 1906.

León-Portilla, M., *La filosofía náhuatl* Instituto Indigenista Interamericano, México, 1956.

---*Los antiguos mexicanos a través de sus crónicas y cantares,* Fondo de Cultura Económica, México, 1961.

--- *Toltecáyotl. Aspectos de la cultura náhuatl,* Fondo de Cultura Económica, Mexico, 1980.

---, véase su trabajo en este volumen.

Liustiberg, V., *Nosotros y el espacio,* Editorial de la Agencia de Prensa Nóvosti, Moscú, 1981.

Lizardi Ramos, C., *Recurrencia de las fechas mayas,* Tipográfica Excélsior, México, 1936.

Lounsbury, F. G., "Maya Numeration, Computation and Calendrical Astronomy", *Dictionary of Scientific Biography,* vol. 15, supl. 1, ed. C. C. Gillispie, Scribners, Nueva York, 1978.

Ludendorff; H., "Zur Deutung des Dresdener Maya Kodex", *Sitzungsberichten der Preussischen Ahademie der Wissenschaften,* núm. 11, Berlín, 1937.

Maldonado, K., *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional,* Instituto de Astronomía, UNAM, México, 1970.

Malmström, V. H., "Knowledge of Magnetism in Pre-Columbian Mesoamerica", *Nature,* vol. 259, 390-391, 1976.

---, "A Reconstruction of the Chronology of Mesoamerican Calendrical Systems", *Journal for the History of Astronomy,* vol. 9, 1978.

---, nota, en *Información Científica y Tecnológica,* núm. 8, 31 de octubre de 1979, CONACYT, México, 1979.

Marquina, I., *Arquitectura prehispánica,* Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 1951.

---, y L. Ruiz, "La orientación de las pirámides", *XXV Congreso Internacional de Americanistas,* Universidad de la Plata, Buenos Aires,1932.

Martínez Cantón, E., *Las edades de nuestros monumentos arqueológicos,* Yucatán Fotográfico, México, 1929.

Martínez Hernández, J., "Los grandes ciclos de la historia maya según el manuscrito de Chumayel", en *Reseña de la segunda sesión del XVII Congreso Internacional de Americanistas,* Imprenta del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología, México, 1912.

---, "Correlation of the Maya Vemis Calendar", *Middle American Research Series,* publicación núm. 4, The Tulane University of Louisiana, Nueva Orleans, 1932.

Maudslay, A. P., "Archaeology", *Biologia Centrali Americana,* R. H. Porter and Dalau Company, Londres, 1889.

Maupomé, L., en preparación, 1983.

Maupomé Brosche, L., Salas, L. P., y Flores, D., en preparación, 1983.

Meeus, J., "The Transits of Venus", *Jonrual of the British Astronomical Association,* vol. 68, 98-108, 1957.

Molloy, J. P., 1972, "The Casa Grande Archaeological Zone PreColumbian Astronomical Observation", en *Archaeoastronomy,* 1979, vol. II, núm. 2, 16.

Moreno, M. A., véase su trabajo en este volumen.

Moreno de los Arcos, R., véase su trabajo en este volumen.

—,comunicación personal.

Morley, S. G., *An Introduction to the Study of the Maya Hieroglyphs,* Dover Publications, Nueva York, 1915.

—,*La civilización maya,* Fondo de Cultura Económica, México, 1947.

Motolinia, fray Toribio de Benavente, *Memoriales,* Manuscrito de la Colección del señor don Joaquín García Icazbalceta, Casa del Editor, México, 1903.

Noriega, R., *La piedra del sol y 16 monumentos astronómicos del México antiguo,* segunda ed. preliminar del autor, México, s.f

Nutall, Z., "The Astronomical Methods of the Ancient Mexicans", México, 1905.

—,"The Astronomical Methods of the Ancient Mexicans", *Boas Anniversary Volume,* ed. B. Laufer, Stechert, Nueva York, 1906.

Oppolzer, T. R., *Canon of Eclipses,* Dover Publications, Nueva York, 1962.

Palacios, E. J.,"Maya-Christian Synchronology or Calendarical Correlation", *Middle American Research Series,* publicación núm. 4, The Tulane University of Louisiana, Nueva Orleans, 1932.

—,y M. O. de Mendizábal, *En los confines de la selva lacandona,* Secretaría de Educación Pública, México, 1926.

Paso y Troncoso, F. del, *Descripción, historia y exposición del Códice Borbónico* (1898), primera edición, Siglo XXI Editores, 1979.

Pavón Abreu, R., *Cronología maya,* Museo Arqueológico Etnográfico e Histórico de Campeche, Campeche, 1943.

Piñera, D., véase su trabajo en este volumen.

Quirarte, J., *El estilo artístico de Izapa,* Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, México, 1973.

Rivard, J., "A Hierophany in Chichen Itza", *Katunob,* 7, 1970.

Robelo, C., "Origen del calendario náhuatl", en *Reseña de la segunda sesión del XVII Congreso Internacional de Americanistas,* Imprenta del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología, Mexico, 1912.

Rodríguez, L. F., "Ancient Astronomy in Mexico and Central America", *Mercury,* vol. 4, núm. 1, 2427, 1975.

Ruz Lhuillier, A., *La civilización de los antiguos mayas,* Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 1957.

—,*Tulum, Official Guide,* Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 1968.

Sahagún, fray Bernardino de, *Historia general de las cosas de Nueva España,* Editorial Nueva España, México, 1946.

Sánchez, G. I., *Arithmetic in Maya,* edición del autor, Austin, 1961.

Sánchez, F., comunicación personal a L. F. Rodríguez.

Schele, L., "Palenque: La Casa del Sol Agonizante", en *Astronomía en la América antigua,* compilación de A. F. Aveni, Siglo XXI Editores, México, 1977

Séjourné, L., *Pensamiento y religión en el México antiguo,* Fondo de Cultura Económica, México, 1957.

—, *El universo de Quetzalcóat,* Fondo de Cultura Económica, México, 1962.

—, *Teotihuacán, Metrópole de l'Amerique,* Francois Masperó, París, 1969.

—, "Ancient Mexican Religion", en *Historia Religionum,* vol. 1, "Religions of the Past", ed. C. J. Bleeker y G. Widengren, E. J. Brill, Leiden, 1969.

—, *Antiguas culturas precolombinas, América Latina,* vol. 21, Historia Universal, Siglo XXI, Editores, Madrid, 1971.

—, *EI pensamiento náhuatl cifrado por los calendarios,* Siglo XXI Editores, México, 1981.

Seler, E., *Comentarios al Códice Borgia,* Fondo de Cultura Económica, México, 1963.

Spinden, H. J., "A Study of Maya Art", *Memoirs Peabody Museum,* VI, Cambridge, 1913.

Teeple, J. D., *Astronomía maya,* Secretaría de Educación Pública, México, 1931.

Thompson, J. E. S., "Escritura jeroglífica, aritmética y astronomía de los mayas", Enciclopedia yucatanense, vol. 2, México, 1945.

----, *Grandeza y decadencia de los mayas,* Fondo de Cultura Económica, México, 1959.

----, *Maya Hieroglyphic Writing,* Carnegie Institution of Washington, Washington, 1959.

----, A *Commentary on the Dresden Codex,* American Philosophical Society, Philadelphia, 1972.

----, "Maya Astronomy", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London,* A CCLXXVI, 83-98, 1974.

Tichy, F., "Ordnung Und Zuordnung Von Raum Und Zeit Im Weltbild Altamerikas", *Ibero-Amerikanisches Archiv,* N. E.Jg. 2, H 2., 1976.

---, *Orientación de las pirámides e iglesias en el altiplano mexicano, proyecto Puebla-Tlaxcala,* Fundación Alemana para la Investigación Científica, México, 1976.

Urrutia, L.J., Maupomé y P. Brosche, en preparación, 1983.

Valderrama, E., comunicación personal.

Zambrano, M., "El camino de Quetzalcóatl", *Cuadernos Americanos,* México, 1964.

Nota: La autora de esta reseña recibió noticias de otros trabajos que han sido publicados con este tema. Severni (1981) comunica que en el *Códice de París* hay evidencias del conocimiento antiguo del valor del movimiento de precesión del eje terrestre. Ponce de León (1982) publica las relaciones que encuentra entre las orientaciones antiguas y el periodo de 52 años. La importancia de estos estudios nos hace incluir aquí las referencias de estos trabajos aun cuando, al desconocerlos, sea imposible comentarlos: Severni, G. M., "The *Paris Codex:* Decoding an Astronomical Ephemeris", *Transactions of The American Philosophical Society,* vol. 71, parte 5, Filadelfia, EUA. 1981. Ponce de León , H.A., *Fechamiento arqueoastronómico en el altiplano de México,* Dirección General de Planificación, D. F., México, 1982.

NOTAS

1 CasteIlanos (1912).

2 Mito que podría referirse a Venus, al Iztaccíhuatl y al Popocatépetl. En los amaneceres de invierno son un espectáculo sobrecogedor de belleza indescriptible. (Nota de la autora.)

3 Ahnert (1965).

4 Moreno (este volumen).

5 Ver nota al final de este trabajo.

III. ARQUEOASTRONOMÍA Y DESARROLLO DE LAS CIENCIAS EN EL MÉXICO PREHISPÁNICO

JOHANNA BRODA

ASTRONOMÍA MODERNA E HISTORIA DE LA CIENCIA

EL OBSERVATORIO de San Pedro Mártir se encuentra a cinco horas de camino (250 km) de Ensenada, Baja California, y se llega a él por una carretera, de terracería en su mayor parte, que sube desde el nivel del mar a los 2 830 m de altura.1. Este lugar de difícil acceso, en lo más alto de la sierra de Baja California, ha sido escogido por sus condiciones climáticas y la ausencia absoluta de asentamientos humanos en sus alrededores.2 La necesidad de observar durante largas noches sumergido en el frío y la soledad es el único rasgo que comparte el astrofísico actual con los astrónomos antiguos, a los cuales están dedicadas las presentes reflexiones.

La astronomía moderna se vincula estrechamente con la astrofísica, la física y las matemáticas y su investigación ha rebasado el estudio de nuestra galaxia para abarcar el Universo: en nuestra visita a San Pedro Mártir vimos en el telescopio una nebulosa cuya luz se originó hace 30 millones de años. El astrónomo moderno ya no se dedica, por lo general, a observar con sus propios ojos el cielo nocturno. Su labor consiste, ante todo, en planear y supervisar el funcionamiento de los instrumentos electrónicos altamente especializados que son conectados al telescopio.

Como todo desarrollo moderno de la ciencia y la tecnología, la astronomía actual es el producto histórico de la acumulación de conocimientos y forma parte de la historia de las ciencias de Occidente, tradición cuyos orígenes se encuentran en el Cercano Oriente (Mesopotamia) a partir del tercer milenio a.C., y sobre todo en la Grecia de la segunda mitad del primer milenio a.C. Como es sabido, a partir del Renacimiento, Occidente experimenta un desarrollo acelerado de las ciencias y este desarrollo le impuso su sello no sólo a la metrópoli sino también a los países dependientes.

Los estudios de la astronomía realizados en México a partir de la época colonial forman parte de la tradición científica occidental y han reflejado las preocupaciones intelectuales de una sociedad estrechamente vinculada a los países europeos (sobre todo, España y Francia) en la época colonial, y con los Estados Unidos en la actualidad. Dadas estas condiciones socioculturales, ¿cómo es posible vincular la *historia de la astronomía* en México con la época precolombina? Si, por lo visto, la astronomía moderna poco tiene en común con las preocupaciones astronómicas de los pueblos prehispánicos, ¿cuál es entonces la pretensión y el interés en hacer remontar la historia de la astronomía en México a sus antecedentes prehispánicos?

Nos preocupa una reivindicación fundamentalmente histórica al plantear el estudio de los orígenes y la evolución del pensamiento científico en Mesoamérica como legítimo campo para la investigación. Según afirma el historiador de la ciencia Otto Neugebauer en la introducción a su libro *Las ciencias exactas en la antigüedad:* "[...]Más allá de la utilidad que tiene la historia de las ciencias[...] para la historia de la civilización en general, es el interés en el papel del conocimiento exacto en el pensamiento humano [lo que nos motiva emprender tales estudios] " La astronomía ha desempeñado un papel destacado en estos procesos; incluso se puede decir que ha sido la fuerza más activa en el desarrollo de la ciencia de Occidente desde sus orígenes en la antigüedad clásica hasta los días de Laplace, Lagrange y Gauss. No obstante, señala Neugebauer; la historia temprana de la astronomía es uno de los capítulos menos estudiados de la historia de la ciencia, y constituye un campo prometedor para la investigación futura.3.

El caso de México presenta una doble problemática: la colonización española significó la superposición violenta de dos culturas de derivación histórica autónoma. En la tradición indígena, la conquista produjo

una ruptura profunda. Los españoles destruyeron la organización prehispánica estatal —sus estructuras sóciopolíticas— y eliminaron también las escuelas de los templos, donde se educaba la élite y se transmitían los conocimientos científico-religiosos. La astronomía, los calendarios y el culto estatal formaban parte de esta tradición cultural de las élites que fue radicalmente suprimida a raíz de la conquista. Por otra parte, las ciencias que introdujeron los españoles en la Nueva España eran de origen netamente europeo. Se produjo una ruptura total, y no hubo continuidad entre las ciencias prehispánicas y coloniales en los niveles del Estado y de las clases dominantes. Sólo sobrevivieron a la conquista los conocimientos indígenas del pueblo campesino, prácticas y calendarios agrícolas.

Aunque el estudio de la astronomía prehispánica no nos da los antecedentes directos de la astronomía actual en México, por todo lo arriba dicho, este estudio tiene un valor histórico-cultural muy importante. Nos abre nuevas perspectivas para la comprensión de la sociedad prehispánica, específicamente en lo relativo a los conocimientos exactos acerca de la naturaleza que se produjeron en ella. En lugar de hacer arrancar el estudio del conocimiento a partir de la sociedad novohispana, planteamos, por lo tanto, la legitimidad de establecer una historia de las ciencias en el mundo prehispánico. Proponemos una reivindicación objetiva rechazando el menosprecio que a menudo ha recibido la herencia cultural indígena, pero hay que evitar también, de igual manera, la idealización acrítica y el misticismo de lo prehispánico que a veces han sido el producto de un falso nacionalismo. Para una tarea de esta índole se requiere de la colaboración entre la historia, la antropología, la arqueología y la astronomía.

ETNOHISTORIA, ARQUEOLOGÍA Y ARQUEOASTRONOMÍA

La sociedad prehispánica en el momento de la conquista española cuenta con fuentes escritas que constituyen su principal material de análisis y proporcionan información abundante sobre una amplia gama de aspectos de esta cultura. En la etnohistoria se combina la metodología histórica con las interpretaciones y los enfoques teóricos que provienen del campo de la antropología social y la etnología. Para remontarnos más hacia atrás en el estudio histórico de las culturas prehispánicas sólo se dispone de fuentes materiales enterradas en el suelo, cuyo análisis e interpretación son tarea de la arqueología. Si se quiere alcanzar una comprensión adecuada de la evolución de la sociedad mesoamericana a través del tiempo, la combinación y la complementación de los métodos e interpretaciones de la arqueología con los de la antropología y la etnohistoria son absolutamente necesarias, aunque en la práctica este objetivo muchas veces no se haya cumplido.

La arqueoastronomía es una disciplina nueva que se introduce en el ámbito de los estudios mesoamericanos en la última década. Tiene sus antecedentes en el siglo pasado, pero en su forma actual surge en los años sesenta como estudio especializado de las construcciones megalíticas europeas.[4] La polémica sobre el significado astronómico de las diferentes orientaciones que muestra Stonehenge, el famoso "santuario megalítico" de la Gran Bretaña, generó el interés en los estudios interdisciplinarios que combinan la astronomía, la arqueología y la etnografía. Así se creó como nueva disciplina la astroarqueología o arqueoastronomía, que extendió sus alcances al estudio comparado de la astronomía en las civilizaciones arcaicas. Recientemente se empieza a hablar también de etnoastronomía,otro campo especializado que se integra con la etnografía y la antropología. En algunos casos la combinación de la etnoastronomía referente a prácticas etnográficas actuales con la arqueoastronomía aplicada a la historia de la misma área puede ser muy fructífera. Así sucede, por ejemplo, en Mesoamérica y el área andina.

Mientras que el nuevo estudio de la arqueoastronomía deriva muchos de sus planteamientos de la *historia de la ciencia* -- --disciplina con antecedentes mucho más antiguos-, esta última ha investigado ante todo el desarrollo de la astronomía en Europa desde sus orígenes en la antigüedad clásica y en el Cercano Oriente.[5] Por otra parte, la arqueoastronomía abarca un espectro comparativo más amplio y se concentra en las civilizaciones no-occidentales, fin para el cual colabora estrechamente con la antropología y la arqueología.

EL SISTEMA CALENDÁRICO MESOAMERICANO

La base y el punto de partida para cualquier estudio de la astronomía prehispánica es el sistema calendárico conocido a través de las fuentes históricas y arqueológicas.6 Consistía en el año solar de 365 días *(xihuitl*, lo llamaban los aztecas) dividido en 18 meses de 20 días más 5 días, y se combinaba con el ciclo ritual de 260 días *(tonalpohualli* en náhuatí), compuesto por trece veintenas. La combinación de ambos ciclos formaba unidades de 52 años. Esta "rueda del calendario" de 52 años era la unidad mayor de la cronología mesoamericana en la llamada "cuenta corta" *(xiuhmolpilli*, "atadura de años"), y era el sistema típico del centro de México en el momento de la conquista. Sólo los mayas clásicos llegaron a desarrollar una cronología absoluta contada a partir de una fecha cero, la llamada "cuenta larga"; la cual nunca fue adoptada ni en Oaxaca ni en el altiplano central, y que cayó en olvido también en el área maya después del derrumbe de las culturas clásicas.

En la cuenta corta de 52 años se cubrían 73 *tonalpohualli* (52 x 365 = 73 x 260 = 18 980 días). Al cabo de este periodo, las combinaciones de los ciclos de 365 y 260 días se agotaban, y comenzaba otro ciclo mayor con exactamente las misma fechas. Dos ciclos de 52 años, es decir 104 años, se llamaban *huehuetiliztli*, "la vejez", y se caracterizaban además por la coincidencia con el ciclo de Venus. El año de Venus contiene 584 días, y 5 años de Venus corresponden a 8 años solares; por lo tanto, cada 65 años de Venus coinciden con 104 años solares y con 146 *tonalpohualli* (65 x 584 = 104 x 365 = 146 x 260 = 37 960 días).

Los ciclos de 52 años se iniciaban entre los aztecas mediante un ritual importante, la fiesta del *fuego nuevo,*que coincidía además con la fecha en que la constelación de las Pléyades pasaba el cenit a medianoche. Las Pléyades eran sumamente importantes para los antiguos mexicanos. En las latitudes del altiplano central su ciclo anual muestra ciertas relaciones particularmente interesantes, ya que se encuentra en una "simetría opuesta" al curso del Sol. El primer paso del Sol por el cenit a mediados del mes de mayo coincide por una parte con el periodo de invisibilidad de las Pléyades, mientras que por otra la constelación pasa el cenit a medianoche a mediados de noviembre, es decir, exactamente medio año después del cenit del Sol, fecha esta última que corresponde al "anti-cenit" o nadir del Sol.7

Los elementos de este sistema calendárico, del cual sólo hemos señalado sus rasgos fundamentales, denotan implícitamente un conocimiento exacto del año solar y de los ciclos de Venus y de las Pléyades. Mientras que los mayas tuvieron un conocimiento muy completo de los periodos lunares que registraban en complejas tablas de lunaciones y eclipses, en el centro de México no se conoce ningún registro de este tipo. Aunque podemos suponer que cierta familiaridad con estos cómputos existía en toda el área mesoamericana, en el altiplano central la cuenta lunar nunca fue integrada directamente en la estructura del calendario. Este era un sistema puramente solar.

En cuanto al tonalpohualli, o ciclo de 260 días, no se ha podido aclarar satisfactoriamente hasta el momento si estaba basado en la observación de la naturaleza, o si resultaba más bien de la combinación de los ciclos rituales de 13 por 20 días. Sin embargo, hay una hipótesis sobre el origen solar de este ciclo que merece particular atención: en la latitud geográfica de **15ºN,** la distancia entre los dos pasos del Sol por el cenit son 105 y 260 días respectivamente. Es de notar que en esta latitud se encuentran dos sitios mayas sumamente importantes: el gran centro clásico de Copán, en la frontera de Honduras con Guatemala, así como el sitio preclásico de Izapa en la costa pacífica del suroeste de Guatemala.8 Esta hipótesis implicaría que el calendario de 260 días fue inventado en esta región durante el primer milenio a.C. (figura 1).

Figura 1. ... . Latitud de 15°N (Guatemala y Honduras). Sitios arqueológicos de Izapa y Copán.

Figura 1 (bis). **Localización del Valle de Oaxaca con respecto a los centros ceremoniales de Izapa y Copán.**

Sin embargo, la primera evidencia del calendario ritual de 260 días no procede ni del área maya ni de la de los olmecas de la costa sur del Golfo, sino del valle de Oaxaca. Es en la región zapoteca donde se han encontrado las inscripciones calendáricas más antiguas que se conocen hasta el momento. Alrededor del año 600 a.C. aparece la primera inscripción con signos de los días en San José Mogote, que es seguido entre 500-400 a.C. por el testimonio de Monte Albán con abundante evidencia de los principales elementos del sistema calendárico mesoamericano, incluyendo el ciclo de 260 días y el año solar.9

Alrededor del comienzo de nuestra era aparecen en la región sur del Golfo y en la costa pacífica de Chiapas y Guatemala una serie de monumentos que registran inscripciones calendáricas que pertenecen ya a la cuenta larga, sistema usado posteriormente por los mayas durante el apogeo clásico.10 En esta misma area no se han encontrado hasta el momento inscripciones anteriores comparables a las del valle de Oaxaca. Sin embargo, es de suponer que los elementos básicos del sistema calendárico tuvieran su origen durante el Formativo Medio y Tardío, correspondiente a la segunda mitad del primer milenio a.C., en toda esta amplia región comprendida entre Oaxaca, el sur de Veracruz y Tabasco hasta la costa pacífica de Chiapas y Guatemala. Es de notar la total ausencia de testimonios tempranos sobre calendarios y escritura en el altiplano central. Cuando surge la gran metrópoli de Teotihuacán a principios del Clásico, ésta

tampoco se caracteriza por una abundancia de inscripciones comparables a la del área maya.

La elaboración del calendario se desarrolla en una estrecha vinculación con la escritura y el culto de erigir estelas con inscripciones calendáricas. La observación astronómica — base y condición previa del calendario—, la formalización de una serie de conceptos matemáticos, la invención de la escritura y de un sistema de notación, son conocimientos íntimamente ligados entre sí que, además de constituir logros científicos, expresan necesidades socioeconómicas y políticas conforme aumenta la complejidad social. Según señala la arqueóloga Joyce Marcus, las inscripciones en estelas registran, sobre todo, eventos importantes en la vida de gobernantes y otros sucesos políticos ligados a las dinastías reinantes, de manera que "el tema principal de la escritura mesoamericana parece haber sido la presentación de información política en una estructura calendárica".[11] Esto indica que el surgimiento paralelo de la observación astronómica, los calendarios, las matemáticas y la escritura tiene que relacionarse con los procesos socioeconómicos que durante este mismo periodo llevan hacia la configuración de la sociedad compleja (la "civilización", según la terminología arqueológica). En esta época se produce la diferenciación interna de la sociedad entre la clase dominante y el pueblo. La primera es mantenida por el tributo en trabajo y en especie que el pueblo pagaba. En términos políticos surge el Estado que expandió su territorio mediante la conquista militar.[12]

La evidencia arqueológica —aquí citada de manera muy somera— demuestra que el calendario era uno de los rasgos constitutivos de la civilización mesoamericana. Sus primeros indicios datan del primer milenio a.C., cuando se configuraron gradualmente los elementos característicos de esta tradición cultural. A través de la evolución posterior de esta sociedad, los elementos básicos del calendario alcanzaron una distribución geográfica en toda el área mesoamericana; existen indicios de su existencia, en el momento de la conquista, desde la frontera norte de los pueblos nahuas, otomíes, tarascos y huaxtecos hasta la frontera sur de los mayas, pipiles y nicaraos.[13]

Sobre calendarios y escritura se han hecho numerosas investigaciones desde el siglo pasado hasta nuestros días, y los estudios que existen sobre la astronomía prehispánica, por lo general, han formado parte de este conjunto de investigaciones. Sobre el centro de México destacan los trabajos de E. Seler, Z. Nuttall, E. De Jonghe, W. Lehmann, A. Caso y Y González, mientras que el área maya ha sido abordada por E. Förstemann, S. G. Morley, H. Beyer; J. Teeple, J. E. Thompson, L. Satterthwaite, T. Prouskouriakoff, H. Barthel, M. D. Coe, E G. Lounsbury y D. E Kelley, por mencionar sólo a los autores más importantes.[14] Es lógico que la mayoría de estas investigaciones estén enfocadas hacia el estudio de las inscripciones mayas del periodo clásico, pues en esa época es cuando se alcanzaron los conocimientos astronómicos más destacados y se plasmaron estos cálculos en estelas, inscripciones y códices. El desarrollo de la escritura jeroglífica facilitó grandemente el registro preciso de los eventos astronómicos e históricos. Paralelamente a la escritura, los mayas inventaron un sistema de notación por posición basado en la cuenta vigesimal, y perfeccionaron este sistema a tal grado que les permitía hacer cálculos con periodos de hasta 23 040 millones de días.[15] Además, los mayas fueron el primer pueblo del mundo que inventó el cero, antes de su invención en el Viejo Mundo por los hindúes. El símbolo del cero fue usado en el sistema de notación por posición en las inscripciones jeroglíficas de la cuenta larga. Aunque todas las fuentes indican que los avances en la escritura y en el sistema de notación de los mayas clásicos no fueron superados posteriormente por ningún otro pueblo mesoamericano, algunos estudios recientes sugieren que los mexicas y culhuas de Texcoco empleaban un sistema de flotación análogo al maya, con valor de posición basado en el sistema vigesimal, en la jerarquía vertical y en el concepto de cero. Las investigaciones de H. R. Harvey y B. J. Williams[16] aportan datos novedosos que requieren más exploración en el futuro.

METODOLOGÍA Y ENFOQUES ESPECÍFICOS DE LA ARQUEOASTRONOMÍA

Como hemos visto, la existencia del sistema calendárico mesoamericano implica en sí la observación astronómica, ya que sólo de ella, mantenida a través de muchas generaciones y siglos, puede surgir un sistema tan exacto. Entre las observaciones ligadas al calendario destacan la determinación exacta del año

trópico, los meses sinódicos de la Luna, los ciclos de eclipses de Sol; y Luna, el ciclo de Venus, la observación de las Pléyades, etc. Sin embargo, llama la atención que los estudios monográficos que se han hecho al respecto se han centrado más en cuestiones de la estructura interna del calendario y de la escritura jeroglífica que en los principios que les permitieron hacer tales observaciones. Este último aspecto ha sido abordado recientemente por el nuevo enfoque de la arqueoastronomía.

En este sentido quisiera señalar dos aspectos que considero aportaciones fundamentales de esta nueva disciplina: 1) la incorporación del análisis especializado de la astronomía al estudio de los calendarios y de las inscripciones prehispánicas; y 2) el estudio sistemático del principio de la Orientación en la arquitectura mesoamericana y en la planeación de ciudades y centros ceremoniales.

1) La incorporación de la astronomía con su metodología específica ha permitido sistematizar toda una serie de conocimientos científicos prehispánicos, obtener resultados mucho más exactos y usar tablas con las cuales se calculan ciertos fenómenos astronómicos para épocas históricas del pasado y la latitud geográfica requerida por la arqueología. Entre los principales conceptos mediante los cuales se hace el análisis arqueoastronómico figuran el acimut, la altitud y la esfera celeste (figuras 2 y 3). Ya que se trata de técnicas especializadas remito a la bibliografía respectiva.[17]

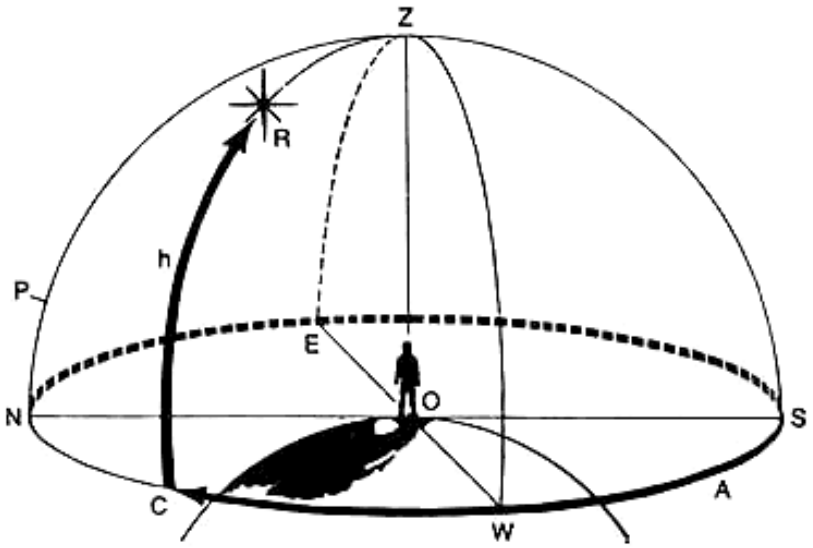


Figura 2. El cielo (la esfera celeste) tal como se nos presenta en su forma más sencilla. El observador se sitúa en O sobre la superfície de la tierra. (Diagrama de P. Dunham, según Aveni, 1980, figura 16.

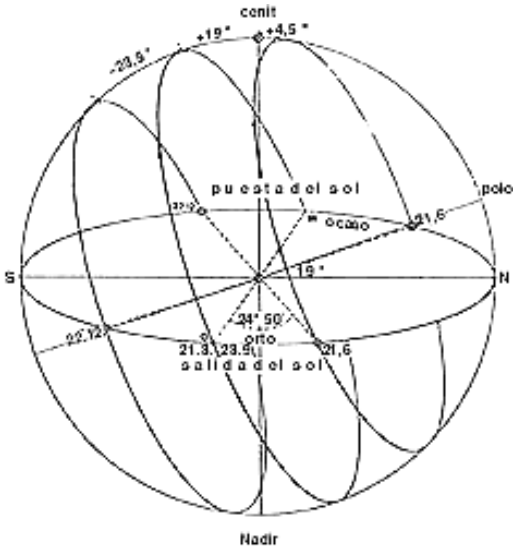


Figura 3. ... Las trayectorias diurnas del sol sobre el plano del horizonte a la latitud de Puebla (19° de latitud Norte) en la fecha de los solsticios (21.6 y 22.12.) y de los equinoccios (21.3. y 23.9). Los puntos de salida y puesta del sol en el horizonte en las fechas de los solsticios forman, junto con el cenit, las 5 direcciones cardinales de Mesoamérica. (Según Tichy, 1976, figura 2.)

La incorporación de la astronomía como disciplina permite, además, plantear la cuestión de los métodos, técnicas e instrumentos prehispánicos de observación, lo cual constituye un campo descuidado pero sumamente importante de la investigación que debe relacionarse con el estudio más amplio de la tecnología prehispánica (figuras 4 y 5).

Figura 4. ... "Alfaquí mayor que está de noche mirando las estrellas en el cielo y a ver la hora que es, que tiene por oficio y cargo..." "Reloxero por las estrellas del cielo [...]" (*Códice Mendocino,* Lámina XXIV, primera parte.)

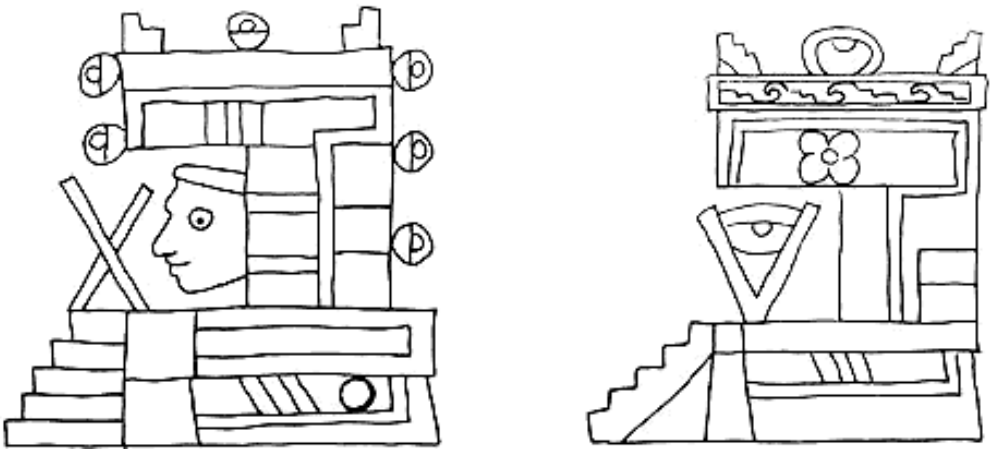


Figura 5. ... Instrumentos prehispánicos para observar el cielo nocturno (Códice Bodley).

2) Por otra parte, el estudio de las orientaciones en la arquitectura y en los sitios arqueológicos ha hecho posible obtener resultados auténticamente nuevos en una serie de aspectos de la astronomía prehispánica, cuestión que quiero exponer con mayor detalle.

LA ORIENTACIÓN DE SITIOS Y PIRÁMIDES.

La importancia de estos fenómenos no aflora a primera vista en la documentación etnohistórica. Los cronistas del siglo XVI escribieron escasamente sobre estos hechos, ya que no entendían el significado de las orientaciones y su relación con la astronomía (figura 6). Esta última era un tema que interesaba poco a los frailes y a los conquistadores españoles. En ausencia del testimonio histórico sobre estos hechos, han sido más bien los restos arqueológicos los que han dado la clave para su comprensión.

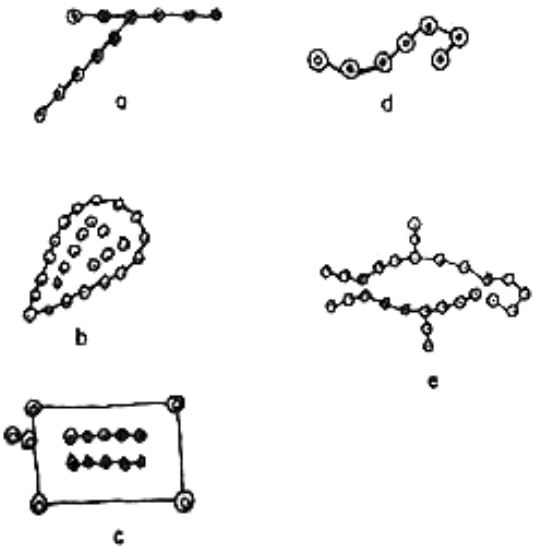


Figura 6. Las constelaciones aztecas según Sahagún (*Manuscrito de Tepepulco, Códice Matritense; Historia general,* Libro VIl Capítulo 3; cfr, Coe, 1975, 22-27). a. *Mamalhuaztli:* Los aztillejos (cinturón y espada de Orión). b. *Tianquiztli:* las Cabrillas (Pléyades). c.. Sin nombre (constelación no identificada). d. *Citlalxonecuilli* (constelación no identificada). e. *Citlalcólotl* (Escorpión).

La coordinación que existía entre el tiempo y el espacio en la cosmovisión mesoamericana encontró su expresión en la arquitectura mediante la orientación de pirámides y sitios arqueológicos. Estas orientaciones pueden ser relacionadas, en la mayoría de los casos, con las fechas de la salida o puesta del Sol en días específicos del ciclo solar; mientras que algunas de ellas se conectan también con fenómenos

estelares. De estos hechos habían tomado nota antes algunos investigadores, y hay varias publicaciones aisladas al respecto.18 Sin embargo, sólo en la última década se han empezado a hacer mediciones sistemáticas de campo con instrumentos de precisión. En este sentido destaca la labor del astrónomo Anthony F. Aveni, quien en colaboración con el arquitecto Horst Hartung ha hecho mediciones de la mayor parte de los sitios arqueológicos mesoamericanos que son ya tan completas que permiten sacar conclusiones estadísticas.

Los datos de campo y estudios, arriba comentados, constituyen una base firme para cualquier análisis futuro. Fruto de ellos son una serie de importantes publicaciones.19 (cfr. figuras 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19). En este contexto hay que mencionar también las recientes investigaciones de campo emprendidas en México por el arquitecto Arturo Ponce de León 20 y por el arqueólogo Stanislaw Iwaniszewski del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM.21 Estos nuevos impulsos hacen esperar que los estudios arqueoastronómicos adquirirán más importancia en México en los próximos años.

Otra contribución valiosa al estudio de las orientaciones proviene del campo de la geografía, y más específicamente del estudio especializado de los paisajes culturales o geografía humana. Franz Tichy ha desarrollado una metodología específica que combina la medición de pirámides y sitios prehispánicos con el estudio del paisaje cultural tal como puede ser observado el día de hoy en el altiplano central (figura 7). No es posible explicar aquí, detalladamente, la complicada metodología empleada por Tichy, sólo quiero señalar que este enfoque interdisciplinario, que combina la astronomía con la geografía cultural, la arqueología y la etnohistoria, ha permitido a Tichy obtener una serie de conclusiones sumamente interesantes sobre la estructura interna del calendario en relación con la cosmovisión y la sociedad prehispánica en general (figura 8). Algunas de sus novedosas hipótesis requieren aún de una comprobación más firme.22

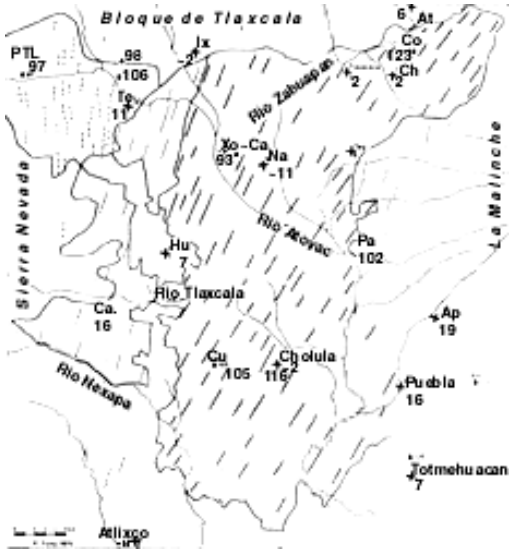


Figura 7. ...

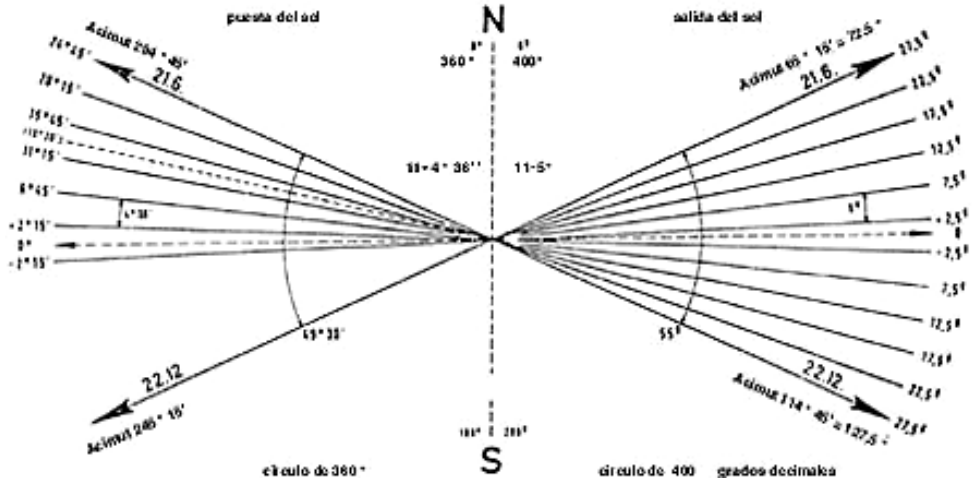


Figura 8. ...

La aportación específica que puede hacer la geografía consiste en investigar los fenómenos tal como se presentan en el paisaje y el horizonte a simple vista, sin la intervención de complejos instrumentos técnicos. Este enfoque es propio de la geografía y difiere del de la astronomía moderna. El error que han cometido numerosos investigadores en el pasado reside, precisamente, en haber interpretado los registros prehispánicos de acuerdo con la teoría astronómica moderna, con base en conceptos que los pueblos prehispánicos *no podían haber tenido* dada la ausencia de ciertas explicaciones teóricas, como por ejemplo la del sistema heliocéntrico, de métodos modernos de observación y de ciertas operaciones matemáticas complejas. Por eso se usa en la arqueoastronomía el término de *astronomy with the naked eye*, que se refiere al hecho de que los antiguos astrónomos basaban sus observaciones únicamente en lo que estaba al "alcance de sus ojos"; es decir, trabajaban con instrumentos rudimentarios.23 ¡Hay que pensar cuántos siglos de observación, continuada pacientemente todos los días y todas las noches, fueron necesarios para lograr la complejidad de los conocimientos que estos pueblos plasmaron en sus inscripciones calendáricas y en sus sitios arqueológicos!

El interés del estudio de las orientaciones de sitiios arqueológicos consiste precisamente en el hecho de que constituyen un principio calendárico diferente del representado en estelas y códices. Se trata, ciertamente, de un principio ajeno al pensamiento occidental. La "escritura" con la cual se escribe es, en este caso, la arquitectura y la coordinación de ésta con el ambiente natural. Un sistema de códigos se plasma en el paisaje. Edificios aislados, conjuntos de edificios y planos de asentamientos de sitios enteros muestran ciertas orientaciones particulares; en muchos casos, estos sitios están coordinados con puntos específicos del paisaje: con cerros y otros elementos naturales, o también con marcadores artificiales en forma de símbolos (cfr. figura 9),24 o de edificios construidos en estos lugares.

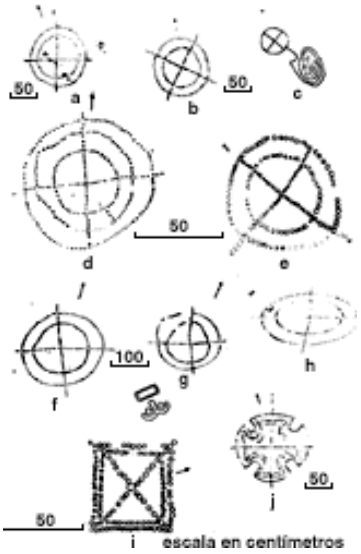


Figura 9. ...

A lo largo de los últimos años se han hecho mediciones de muchos sitios, lo cual permite concluir que un gran número de estas orientaciones estaban diseñadas intencionalmente para marcar la direccíon de la salida o la puesta del Sol y/o de las estrellas o constelaciones en determinadas fechas. En algunos casos las tablas de fenómenos estelares del pasado nos permiten sugerir la fecha de construcción del edificio en cuestión.25 El testimonio arqueológico plasmado en las orientaciones comprueba que se observaban determinados fenómenos astronómicos sobre el horizonte, y que los pueblos prehispánicos tenían la capacidad tecnológica de diseñar y construir edificios en coordinación exacta con el fenómeno natural que querían hacer resaltar. El estudio de las orientaciones abre, pues, nuevas perspectivas de investigación donde las inscripciones en estelas, códices y fuentes históricas guardan silencio. A través de las mediciones de campo es posible seguir ampliando este nuevo tipo de documentación.

Hasta ahora se han estudiado tales relaciones entre el principio de la orientación y fechas solares y/o estelares en los casos de Teotihuacán, Alta Vista, Xochicalco, Cholula, Malinalco, Tenochtitlan, Monte Albán, Caballito Blanco, Chichén Itzá, Uxmal, Uaxactún, Copán y Palenque, por mencionar sólo los sitios más importantes y mejor estudiados (cfr. figuras 10-16).

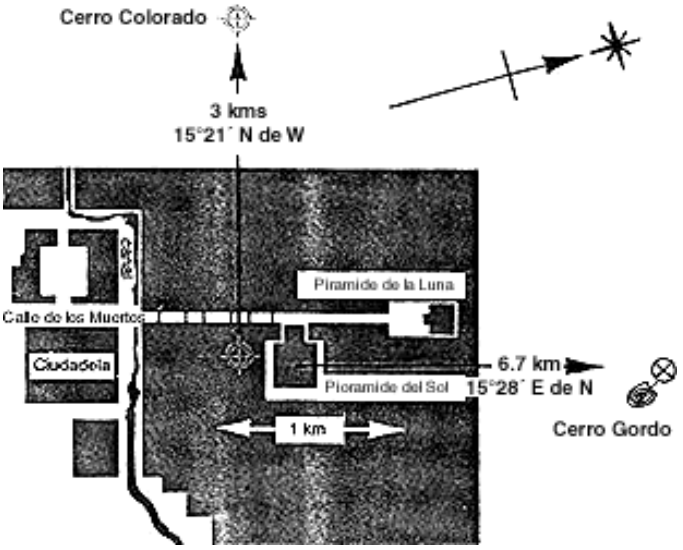


Figura 10. ...

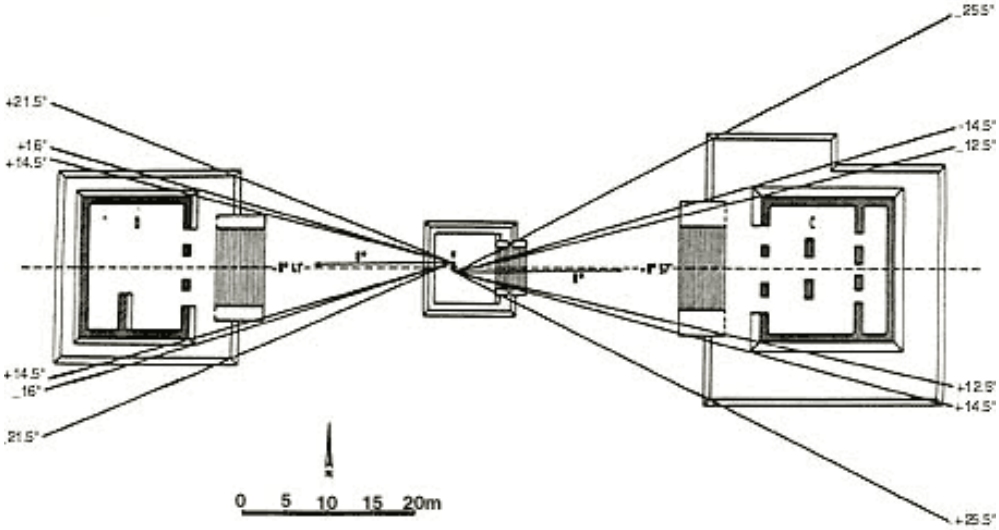


Figura 11. ...

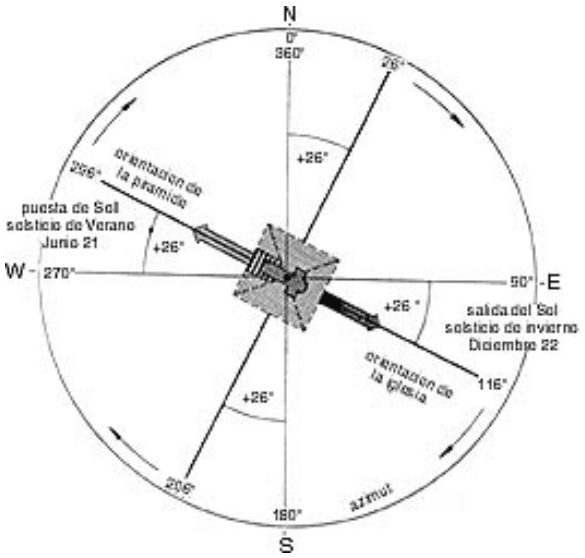


Figura 12. ...

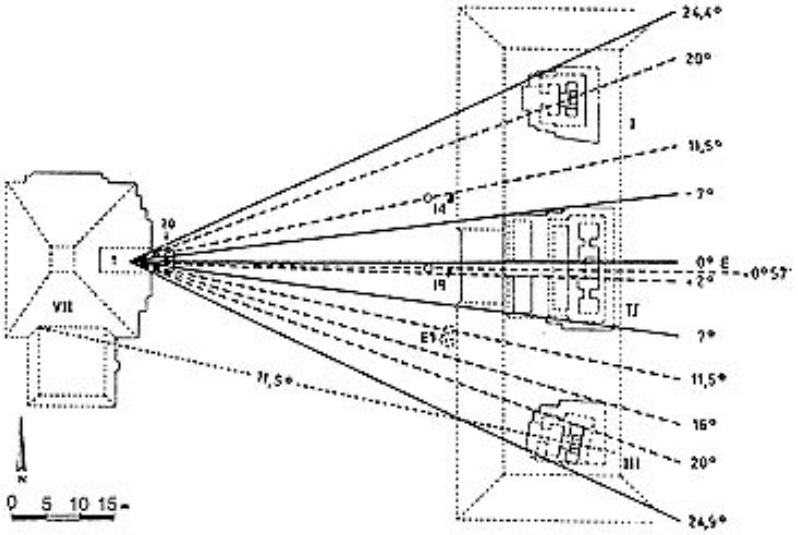


Figura 13. ...

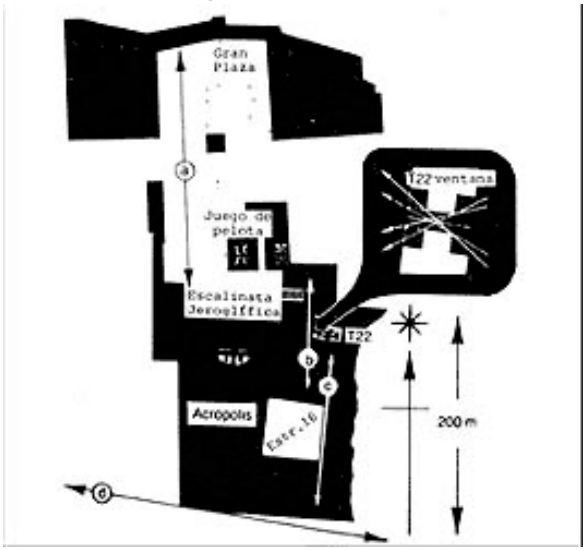


Figura 14. ...

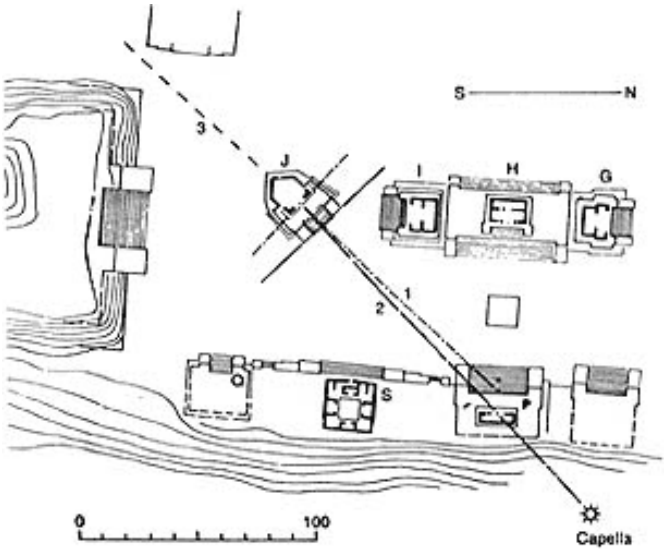


Figura 15. ...

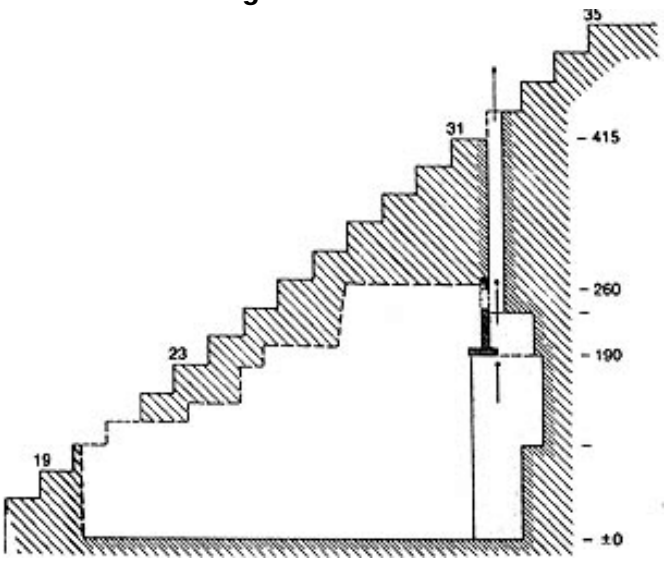


Figura 16. ...

Algunos de estos edificios, como por ejemplo el Caracol de Chichén Itzá o la construcción subterránea de Xochicalco, constituyen verdaderos observatorios astronómicos (figuras 17, 18). Es de notar que estos ejemplos provienen tanto del altiplano central como del sur de México, de Oaxaca, y del área maya hasta Guatemala y Honduras; cronológicamente corresponden a sitios fechados desde el Preclásico hasta el Postclásico.

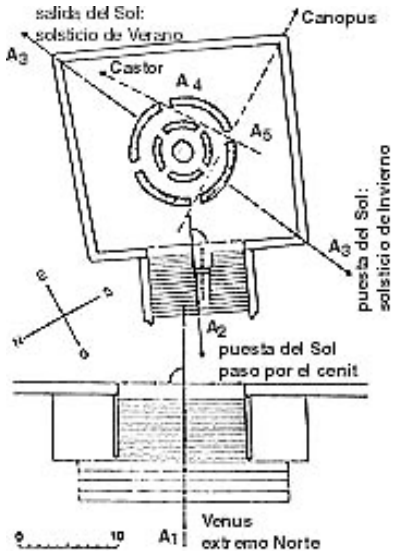


Figura 17. ...

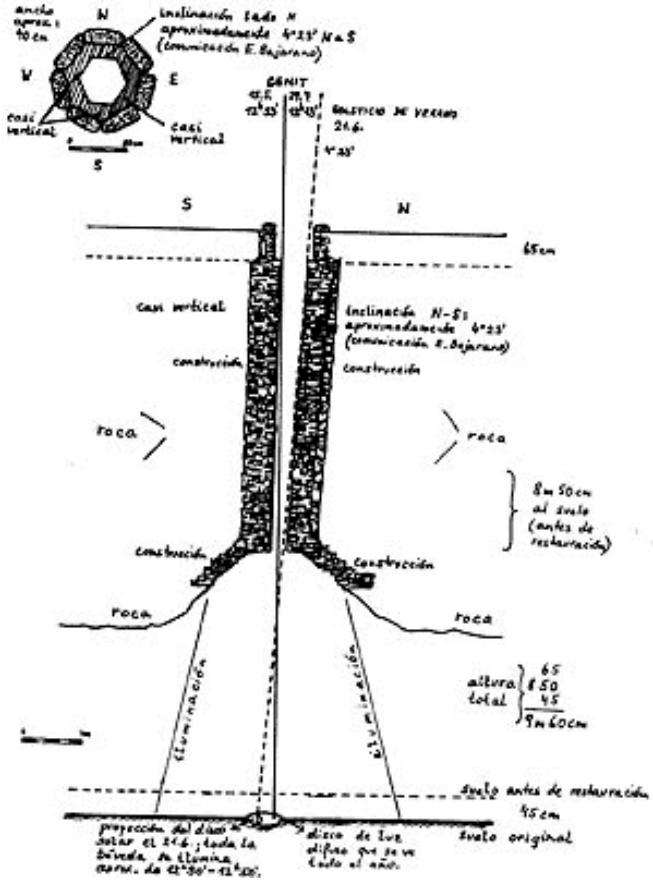


Figura 18. ...

Las fechas más importantes del ciclo solar; cuya observación quedó plasmada en la arquitectura, son los días de los solsticios, los equinoccios y los pasos del Sol por el cenit. Los dos pasos cenitales sobresalen como observación fundamental dentro de este cuerpo de conocimientos, observación que sólo se puede hacer en las latitudes que caen dentro de los trópicos. Entre las latitudes de **15ºN** (Copán/Honduras) y **23º27'**N (Alta Vista/Zacatecas), el primer paso del Sol por el cenit ocurre entre el 1.5 y el 21.6 y el segundo entre el 21.6 y el 12.8, espectivamente.[26] Con base en estas y otras particularidades de la latitud geográfica de Mesoamérica, A. Aveni ha propuesto el uso del término de "astronomía tropical" para destacar las características, específicas que tiene la observación astronómica en las latitudes geográficas entre los trópicos, características que la diferencian marcadamente de la astronomía en las latitudes que caen fuera de esa área. Más comúnmente se habían estudiado las latitudes al norte del trópico de Cáncer. En ellas el Sol nunca pasa el cenit, y el centro del firmamento nocturno es la estrella polar.

Una comprobación concreta de la importancia de la observación solar la constituye el sitio de Alta Vista, en el actual estado de Zacatecas, que se encuentra construido casi exactamente sobre el trópico de Cáncer **(23º27'**N) y se remonta a la época teotihuacana. Las recientes mediciones de Aveni, Hartung y Kelley 27 demuestran que en Alta Vista se hicieron tanto observaciones del solsticio de verano como de los equinoccios. Sin duda esta localización fue escogida deliberadamente con la finalidad de la observación solar, puesto que allí el Sol "da la vuelta" en su curso anual. En este lugar el Sol alcanza el cenit sólo una vez al año, fecha que coincide con el día del solsticio (figura 19).

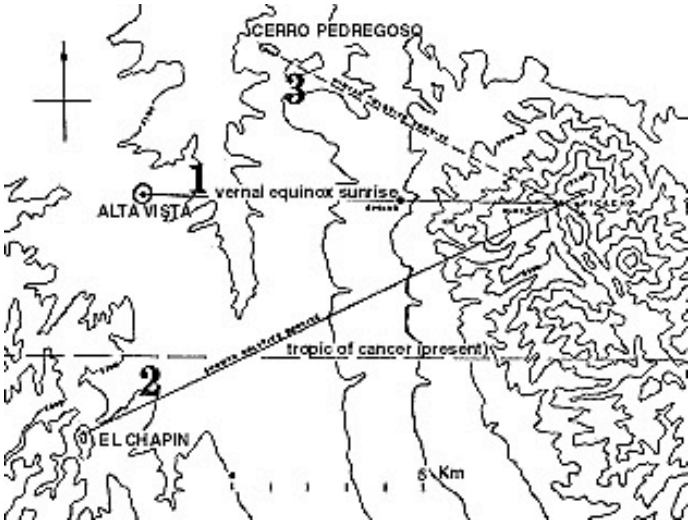


Figura 19. ...

Hay otros casos en los cuales la combinación de fenómenos solares y estelares influía en la orientación de los edificios. Particular importancia tenían las salidas helíacas de constelaciones o estrellas 28 cuando éstas anunciaban el primer paso del Sol por el cenit.

Estos eventos astronómicos también permiten sugerir la fecha de la construcción del edificio respectivo. Encontramos tales relaciones con las Pléyades en Teotihuacán (150 d.C.), con Capella en Monte Albán (250 a.C.) y con las Pléyades y Aldebarán en la Ventana I del Caracol de Chichén Itzá (100 d.C.).29

Se trata de fenómenos llenos de implicaciones para la interpretación más amplia de la cosmovisión prehispánica. El primer paso del Sol por el cenit se vincula en las latitudes geográficas de Mesoamérica con el comienzo de la estación de lluvias. Este fenómeno climatológico tiene, a su vez, una implicación directa con la agricultura indígena. Desde tiempo inmemorial, cuando se acerca la fecha del primer paso del Sol por el cenit, los campesinos llevan a cabo las siembras en el ciclo de temporal. Costumbres prehispánicas se mezclaron en este caso con ritos impuestos por la Iglesia católica después de la conquista, y sobreviven hasta el día de hoy en la fiesta de la Santa Cruz el 3 de mayo, en la cual se pide por la fertilidad y la lluvia, y se bendice el maíz para la siembra.30

LA FUNCIÓN SOCIAL DEL CALENDARIO PREHISPÁNICO

Hemos visto que la observación del primer paso del Sol por el cenit durante mayo, el mes más seco y caluroso del año, establecía la vinculación con la llegada de las lluvias, e indirectamente también con las actividades sociales. Los objetivos de este tipo de observaciones, hechas por los sacerdotes en una labor paciente de siglos, estaban íntimamente vinculados con la vida económica —el cumplimiento exitoso de los ciclos agrícolas—, de lo cual derivaba también la importancia del calendario; al mismo tiempo el

calendario regulaba la vida social, y su dominio fue importante en la legitimación del poder de los sacerdotes-gobernantes.

Al preguntarnos sobre la función del calendario y de la astronomía en la sociedad prehispánica, conectamos esta cuestión con los demás aspectos socioculturales. La etnohistoria y la antropología son las disciplinas que han desarrollado este tipo de análisis. Una de sus aportaciones fundamentales al estudio interdisciplinario de la arqueoastronomía consiste en considerar el desarrollo de la astronomía en su estrecha interacción con los ritos, la agricultura y la sociedad.[31]

De su vinculación con las actividades económicas se derivaba el importante papel que tenía el calendario en la vida diaria, mientras que su sacralización era la base de su enorme poder religioso. La íntima relación que existía entre economía, religión y observación de la naturaleza hizo posible que los sacerdotes-gobernantes actuaran *aparentemente* sobre los fenómenos que regulaba el calendario. Así, calendario y astronomía proporcionaban también elementos esenciales de la cosmovisión e ideología de esta sociedad. Ya que se basaban en la observación de ciclos naturales y fenómenos recurrentes, daba a quien los manejaba *la apariencia* de controlar estos fenómenos y de poder provocarlos deliberadamente.

En las fechas significativas, el calendario imponía la celebración de ciertas ceremonias. Estas sólo podían realizarlas los sacerdotes-gobernantes, ya que ellos tenían el monopolio del culto estatal. Aunque íntimamente relacionado con la agricultura, este culto tenía lugar en las grandes pirámides que formaban el centro del asentamiento urbano y eran al mismo tiempo el símbolo territorial del poder político. De esta manera, la clase dominante aparecía como indispensable para dirigir el culto, del cual dependía la recurrencia de los fenómenos astronómicos y climatológicos, que a su vez eran una condición necesaria y real para que crecieran las plantas y se cumplieran exitosamente los ciclos agrícolas. *El culto como acción social producía una transferencia de asociaciones que invertía las relaciones de causa y efecto haciendo aparecer los fenómenos naturales como consecuencia de la ejecución correcta del ritual.* De este nexo derivaba un factor sumamente importante para la legitimación del poder político en el estudio prehispánico.[32]

Aunque el conocimiento astronómico daba a los sacerdotes gobernantes una firme base para predecir los fenómenos naturales, estos últimos, sin embargo, conservaban siempre un aspecto incognoscible y misterioso. La recurrencia de los ciclos de los astros nunca era completamente simétrica: el ciclo más regular era el solar; que variaba sólo un día cada cuatro años. Los ciclos de la Luna y de los planetas eran aún menos regulares y más difíciles de predecir, y de hecho sólo algunos de los planetas fueron conocidos en el mundo prehispánico. Si bien es cierto que la legitimación del poder de los sacerdotes-gobernantes se vinculaba con su dominio del calendario, al mismo tiempo ellos fueron víctimas del sistema cosmogónico que habían creado, pues estaban obsesionados por predecir los fenómenos recurrentes, por encajarlos dentro de la armonía perfecta de los ciclos calendáricos y por plasmar estas relaciones en la arquitectura de sus centros sagrados.

REFLEXIONES FINALES

El estudio del culto prehispánico muestra la importancia que tenía el calendario en su aplicación a la vida social. Por estas razones llegó a desempeñar también un papel decisivo en la legitimación del poder. Si bien hemos analizado aquí la vinculación entre calendarios y astronomía, debe señalarse que ambos no son idénticos, pues el calendario, como creación humana, constituye tanto un logro científico como un sistema social. El calendario es *vida social*, y el esfuerzo de su elaboración consiste precisamente en buscar denominadores comunes para ser aplicados tanto a la observación de la naturaleza como a la sociedad. Es muy importante tener claridad en esto para poder profundizar en el futuro en la investigación de tales aspectos.

Las civilizaciones arcaicas se caracterizan, por lo general, por la "polivalencia funcional" de sus instituciones. Es decir, las instituciones económicas no pueden estudiarse desligadas de las instituciones sociales, políticas e ideológicas, puesto que todas ellas forman un todo inseparable.[33] Sólo en la sociedad

industrial moderna estas instituciones se vuelven entidades claramente delimitadas que desarrollan, cada una, su dinámica propia. Hoy día, las ciencias se han emancipado del contexto religioso y la búsqueda del conocimiento es una tarea profana del científico-intelectual. No era así en las civilizaciones arcaicas, donde los primeros conocimientos científicos se desarrollaron en una íntima vinculación con la vida religiosa y social. La sede de la labor intelectual de los astrónomos-sacerdotes prehispánicos fueron los templos, que simultáneamente eran el símbolo del poder político. El auge que tuvieron las observaciones astronómicas a partir del primer milenio a.C. en Mesoamérica se conecta con los procesos socioeconómicos del surgimiento de la sociedad agrícola altamente productiva, su diferenciación interna en clases sociales y la formación de los primeros estados mesoamericanos. La astronomía, los calendarios, las matemáticas y la escritura expresan el surgimiento del conocimiento exacto en la civilización prehispánica. Es, pues, una tarea importante integrar los campos especializados de la investigación monográfica dentro de una historia general de las ciencias en Mesoamérica y reivindicar estos temas como legítimo campo de estudio, tan legítimo como la investigación sobre las bases materiales y la organización social en el mundo prehispánico.

La arqueoastronomía como estudio interdisciplinario que reune la astronomía, la geografía cultural, la arqueología, la historia y la antropología, puede hacer una contribución significativa a la historia de la ciencia prehispánica. De la antropología y del estudio comparado de las civilizaciones arcaicas, derivan sus preocupaciones teóricas sobre la función social del conocimiento exacto en relación con las demás instituciones de la sociedad prehispánica. Con la arqueología y la historia, comparte su interés en concebir el estudio del área mesoamericana como una unidad geográfica y cultural; toda esta área se caracterizaba por las bases comunes de sus conocimientos astronómicos y calendáricos, conocimientos que tienen su origen histórico en la región comprendida entre Oaxaca, la costa sur del Golfo y el área maya. Otra aportación importante de la arqueoastronomía consiste, finalmente, en hacernos conscientes de la necesidad del enfoque interdisciplinario, si queremos plantear temas de un interés sociocultural que trascienda los estrechos límites del estudio monográfico del pasado.

BIBLIOGRAFÍA

Aaboe, A., *ms.*; "What Every Young Person Ought to Know About Naked-eye Astronomy".

Aveni, A. F., *Archaeoastronomy in Precolumbian America,* University of Texas Press, Austin, 1975.

----,(compilador), *Native American Astronomy,* University of Texas Press, Austin, 1977.

----,*Skywatchers of Ancient Mexico,* University of Texas Press, Austin, 1980.

----,"Archaeoastronomy", *Advances in Archaeological Method and Theory,* vol. 4, 1-77, 1981.

----,H. Hartung y B. Buckingham, "The Pecked Cross Symbol in Ancient Mesoamerica", *Science* 202, 267-279, 1978.

----,H.Hartung y J. C. Kelley, "Alta Vista (Chalchihuites): Astronomical Implications of a Mesoamerican Ceremonial Out- post at the Tropic of Cancer", *American Antiquity,* vol. 47, núm. 2, 316-335, 1982.

----, y G. Urton (compiladores), *Ethnoastronomy and Archaeoastronomy in the American Tropic,* Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 385, Nueva York, 1989.

Baity, E. C., "Some Implications of Astro-Archaeology for Americanists", Actas del XXXVIII *Congreso Internacional de Americanistas, Munich.*

----,"Archaeoastronomy and Ethnoastronomy so far" *Current Anthropology,* vol. 14, núm. 4, 389-449, 1973.

Bloch, M., *Análisis marxistas y antropología social* Anagrama, Barcelona, 1977.

Broda, J., *The Mexican Calendar,* Acta Ethnologica et Lingüistica, Viena, 1969.

----., "Cosmovisión y estructuras de poder en la evolución cultural mesoamericana", en *Comunicaciones: Simposio de la Fundación Alemana para la Investigación Científica,* vol. 15, 165-172, Puebla, 1978.

----,1982a "Astronomy, Cosmovision and Ideology in Prehispanic Mesoamerica", en A. F. Aveni y Urton C. J. (compiladores), 1982, 81-110.

----,1982b, "La fiesta azteca del Fuego Nuevo y el culto de las Pléyades", en F. Tichy (compilador) 1982, 129-158.

----, *ms*., "Ciclos agrícolas en el culto: un problema de la correlación del calendario mexica", por publicarse en Aveni, A. F. y Brotherston (compiladores), *Native American Calendars and Calendar Correlations,* Oxford University Press (en preparación).

Caso, A., *Los calendarios prehispánicos,* Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, 1967.

Carrasco, P.,*"La economía del México prehispánico"*, en P. Carrasco., y J. Broda (compiladores), 1978, 13-74.

----,y J. Broda (compiladores), *Economía política e ideología en el México prehispánico,* Nueva Imagen-CISINAH, Mexico.

Coe, M., 1975, "Native Astronomy in Mesoamerica", en A. F. Aven;', (compilador), 1977, 111-129.

Durson, E. G.,*Orientations of Mesoamerican Structures: A Study in Astroarchaeology,* Tesis de maestría, Universidad de las Américas, México, 1968.

Fuson, R. H., "The Orientation of Mayan Ceremonial Centers", en *Association of American Geographers, AnnaIs,* 59, 494-511, Washington, 1969.

Harleston Jr, H., "The Teotihuacan Marker System: Solar Observations and Geodesic Measurement", ponencia presentada en el XLII *Congreso Internacional de Amencanistas,* París, 1976.

Hartung, H., "Consideraciones sobre los trazos de centros ceremoniales mayas", en Actas del XXXVIII *Congreso Internacional de Americanistas,* vol. IV, 17-26, Stuttgart-Munich, 1972.

----, "Bauwerke der Maya weisen zur Venus", en *Umschau in Wissenschaft und Technik,* 76, Cuaderno 16, 526-528, Frankfurt, 1976.

----, 1977, "Ancient Architecture and Planning: Possibilities and Limitations for Astronomical Studies", en A. F. Aveni, (compilador), 1977, 111-129.

Harvey H. R., y B. J. Williams, "La aritmética azteca: Notación posicional y cálculo de área", *Ciencia y Desarrollo,* núm. 38, 22-81, CONACYT, México, 1981.

Hawkins, G. S., *Stonehenge Decoded,* Delta-Dell, Nueva York, 1965.

Iwaniszewski, S., "Arqueoastronomía y ciencia", Conferencia presentada en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, 25.1.1982, México, 1982.

Katz, F., The *Ancient American Civilizations,* Wiedenfeld y Nicholson, Londres, 1972.

Malmström, V. H., "Origin of the Mesoamerican 260-day Calendar". *Science* 181, 939- 941, Washington, 1973.

----,"Architecture, Astronomy and Calendrics in Pre-Columbian Mesoameríca", en R. A. Williamson. (compilador), *Archaeoastronomy in the Americas,* 1981, 249-261.

Marcus, J., "Los orígenes de la escritura en Mesoamérica", *Ciencia y Desarrollo,* núm. 24, 35-52, CONACYT, México, 1979.

Marquina, I., *Arquitectura prehispánica,* INAH, México, 1964.

Merrill, R. H., "Maya Sun Calendar Dictum Disproved", *American Antiquity,* vol. 10, núm. 3, 307-311, 1945.

Neugebauer, O., *The Exact Sciences in Antiquity,* Harper and Brothers, Nueva York, 1962.

Nuttall, Z., "La Observación del paso del Sol por el cenit por los antiguos habitantes de la América tropical", Publicaciones de la SEP, vol. 17, núm. 20, Talleres gráficos de la Nación, México, 1928.

Olivera, M., "Huémitl de mayo en Citlala: ¿Ofrenda para Chicomecoatl o para la Santa Cruz?", en *Mesoamérica: Homenaje al Dr. Paul Kirchhoff,* Barbro Dahlgren (compilador), SEP-INAH, 143-158, México, 1979.

Palacios, E. J., "La orientación de la pirámide de Tenayuca y el principio del año y del siglo indígenas", *Actas del XXV Congreso Internacional de Americanistas,* 125-148, La Plata, 1934.

Ponce de León, A., *Fechamiento arqueoastronómico en el altiplano de México,* 1982.

Ricketson Jr. O. G., "Astronomical Observatories in the Maya Area", *Geographical Review* 18, 215-225, 1928.

Ruppert, K, 1925, *The Caracol at Chichen Itza, Yucatan, Mexico,* Carnegie Institution of Washington Publications, núm. 454, Washington, 1935.

Solla Price, D., *Science since Babylon,* Yale University Press, New Haven, 1978.

Sugiura Yamamoto, Y, "La ciencia y la tecnología en el México antiguo", *Ciencia y Desarrollo,* núm. 43, 112-141, CONACYT, México, 1982.

Terray, E., "Clase y conciencia de clase en el reino abrón de Gyamán", en M. Bloch, (compilador), 1977, 105-162.

Richy, F., "Ordnung und Zuordnung von Raum und Zeit im Weltbild Altamerikas, Mythos oder Wirklichkeit?", *Iberoamerikanisches Archiv,* año 2, núm. 2, 113-154, Berlín, 1976.

Tichy, F., "El calendario solar como principio de ordenación del espacio para poblaciones y lugares sagrados", *Simposio de la Fundación Alemana para la Investigación Científica, Comunicaciones,* 15, 153-164, Puebla, 1978.

----, 1979, "Configuración y coordinación sistemática de espacio y tiempo en la visión del mundo de la América antigua: ¿Mito o realidad?", *Humboldt,* Año 2, núm. 69, 42-60, F. Bruckmann, Munich, 1979.

Tichy, F., "¿Es el calendario de fiestas de Sahagún verdaderamente un calendario solar?", en H. A. Steiger y J. Schneider, (compiladores), *Economía y conciencia social en México,* 67-87, UNAM-ENEP Acatlán, México, 1981.

----, "The Axial Direction of Mesoamerican Ceremonial Centers on **17ºN** of W and their Associations to Calendar and Cosmovision", en F. Tichy, (compilador), 1982, 63-83.

----, *ms*., "Sonnenbeobachtungen und Agrarkalender in Mesoamerika", en *Homenaje a Gerdt Kutscher*, Gebrüder Mann, Berlín (en prensa).

----, (compilador), *Space and Time in the Cosmovision of Mesoamerica*, *Lateinamerika-Studien* 10, Universität Erlangen-Nuremberg, Wilhelm Fink Verlag, Munich, 1982.

Williamson R. A., (compilador), *Archaeoastronomy in the Americas*, *Ballena Press Anthropological Paper* núm. 22, Ballena Press/Center for Archaeoastronomy, Maryland, 1981.

Wolf, E., *Pueblos y culturas de Mesoamérica*, Era, México, 1967.

NOTAS

1 La visita a este lugar es una experiencia inolvidable; fue posible gracias a la invitación del jefe del Observatorio, doctor Miguel Roth.

2 Mientras que en el observatorio de Tonantzintla, Puebla, los astrónomos de la UNAM cuentan hoy día con 10 a 30 noches fotométricas al año, propicias para hacer las mediciones exactas, en San Pedro Mártir se calcula que son unas 200 noches aproximadamente. (Agradezco ésta y otras aclaraciones a la maestra Lucrecia Maupomé del Instituto de Astronomía de la UNAM.)

3 Neugebauer, 1962: 1, 2.

4 Aveni, 1981; Hawkins, 1965.

5 Solla Price, 1978.

6 Caso, 1967; Broda, 1969.

7 Broda, 1982b: 129-158.

8 Malmström, 1973.

9 Marcus, 1979; Broda, 1969: 77-81.

10 Estas inscripciones registran el *baktún'7*, que es anterior a los *bakatunes* 8, 9 y 10 de los mayas clásicos (Aveni 1981; Marcus, 1979).

11 Marcus, 1979: 50.

12 *Cfr*. Wolf, 1967; Katz, 1972; Carrasco y Broda (comps.), 1978.

13 *Cfr*. Broda, 1969.

14 *Cfr*. las bibliografías en Aveni, 1980 y Tichy (comp.), 1982.

15 Sugiura Yamamoto, 1982.

16 Harvey y Williams, 1981.

17 *Cfr* Aveni, 1980: caps. 3, 5; 1981.

18 *Cfr*. Nuttall, 1928; Ricketson, 1928; Palacios, 1934 Ruppert, 1935; Merrill, 1945; Marquina, 1964; Durson, 1968; Fuson, 1969; Baity, 1969, 1973; Coe, 1975; Harleston, 1976. Cfr. la bibliografía citada en Aveni,. 1980.

19 Aveni (comp.), 1975, 1977; Aveni, 1980, 1981; Aveni, Hartung y Buckingnam, 1978; Aveni, Hartung y Kelley, 1982; Aveni y Urton (comps.), 1982; Hartung, 1972, 1976, 1977.

20 Ponce de León, 1982. Cfr. la lámina.

21 Iwaniszewski, 1982.

22 Una de sus aportaciones significativas es haber encontrado la unidad prehispánica de dividir el círculo en 80 unidades de **4.5º** (Tichy, 1976, 1978, 1979, 1981, 1982, ms.; Tichy (comp.), 1982). (Cfr. la figura 8.) De la figura 8 en adelante **(8-19),** amplié los comentarios a las figuras con unos textos explicativos mas extensos de los que vienen en los originales. (J.B.).

23 *Cfr*. Aveni, 1980: cap. III; Aaboe, ms.

24 Por ejemplo, las *"pecked crosses"* o "cruces punteadas" que se han encontrado en Teotihuacán y sus alrededores, pero también en otros lugares de Mesoamérica, desde Alta Vista en el trópico de Cáncer por el norte hasta el área maya por el sur. Son unos petroglifos en forma circular, punteados mediante percusión, que se relacionan con la planeación de sitios, la observación astronómica, el calendario y la cosmovisión (*cfr*. Aveni, 1980: 222-233; Aveni, Hartung y Buckingham, 1978). (*Cfr*. figura 9.)

25 *Cfr*, Aveni, 1980: cap. III, *Apéndice C, tablas* 9 y 10 de los acimuts de las salidas y puestas helíacas de estrellas en la latitud de **21ºN**, entre 1500 a. C, y 1500 d.C.

26 Tichy, *ms*.

27 Aveni, Hartung y Kelley, 1982; Aveni, 1980: 227-229.

28 El primer orto anual de una constelación en la cual ésta se ve al amanecer antes de la salida del Sol.

29 *Cfr*. Aveni, 1980: 222-226, 246-257, 258-269.

30 Olivera, 1979; Broda, ms.

31 *Cfr*. Broda, 1978, 1982a, *ms*.

32 Broda, 1982a.

33 Para una discusión de la "polivalencia funcional" de las instituciones precapitalistas, *cfr* Terray 1977; otro término que se ha usado es el de "fusión institucional". *Cfr*. Carrasco, 1978.

IV. MITOLOGÍA Y ARQUEOASTRONOMÍA

STANISLAW IWANISZEWSKI

LA INTERPRETACIÓN ASTRONÓMICA DE LOS MITOS

EN LOS últimos años se ha popularizado la idea acerca de la posible explicación astronómica de la fábula mítica. Más precisamente, existen varias opiniones según las cuales algunos mitos, o algunos hilos míticos, nacieron como "reflejo" del movimiento de cuerpos celestes. Esta tesis no es actual, pero últimamente han surgido nuevas pruebas en la etnología o en la historia de las religiones que llevan a una explicación en este sentido.[1]

Por otra parte, sabemos bien que la interpretación astronómica de los mitos no excluye otras. En los dos últimos siglos se han publicado muchas obras sobre qué es el mito; quiero mencionar aquí, al respecto, los trabajos de E. Cassirer; M. Eliade, C. G. Jung, C. Kerényi, L. Lévi-Bruhl, C. Lévi-Strauss, R. Otto, P. Ricoeur, J. W. Rogerson, H. Schlier y L. Walk, entre otros.

Ahora, en mi, opinión, es el momento de recordar y sintetizar sus teorías. Quiero tratar aquí temas míticos como agregados del simbolismo mágico-religioso, por un lado, y reflejos de los acontecimientos histórico-sociológicos, por otro.

La naturaleza del término "mito" es multidimensional y por eso existe la necesidad de investigar en todas sus definiciones (J. W. Rogerson, 1974:166, 174). El mito tiene varios niveles simbólicos y parece que nació como un agregado de varios sentidos. Si bien posteriormente perdió algunos, otros se transformaron y en mi opinión no es verdad que primero existió sólo un nivel significativo y después se fueron añadiendo otros.

Entonces, simplificando, el mito es:

1. El reflejo de algunos acontecimientos históricos que casi olvidados se convirtieron en un tema mítico.

2. La explicación —en el nivel popular— de todo el Universo. En esta dimensión se pueden colocar las preguntas sobre el origen del Universo, el hombre, el orden social, el destino del hombre, etc. En este caso el mito funciona como la herramienta para instruir a la gente en algunas ideas determinadas y en este sentido es uno de los canales de la información (o de la propaganda) que ayuda a manejar a la gente por el centro ideológico-conductor.

3. La explicación - -en el nivel esotérico- del Universo. Aquí el mito funciona como la herramienta simbólica para iniciados. Ayuda a comprender mejor varios estados del proceso de la iniciación. El mito en este contexto es la fuente de varios tipos de ciencias ocultas. Este sentido puede ser útil en el psicoanálisis moderno con fines terapéuticos, como ya demostró C. G. Jung.

4. La herramienta para facilitar la memorización de ciertas ideas importantes (F. Yates).

5. El reflejo y/o la explicación de las revoluciones de los astros.[2]

Es evidente que todos estos niveles significativos se mezclaron y entrelazaron unos con otros en un mito y por esto no es fácil su interpretación. En este análisis quisiera dar una posible explicación del mito de Quetzalcóatl, en la dimensión astronómica.

Las fuentes que voy a utilizar en este artículo son ante todo: Los *Anales de Cuauhtitlán*, fray Gerónimo de Mendieta, fray Toribio de Benavente, Motolinia; Diego Muñoz Camargo, fray Bernardino de Sahagún y fray Juan de Torquemada.[3]

Este mito se puede resumir de la manera siguiente:

1. Quetzalcóatl reinaba en Tula por muchos años, reformó la religión y fue "estimado y tenido por dios" (Sahagún III, 4) en esta ciudad.

2. Quetzalcóatl tuvo que salir de Tula a causa de Tezcatlipoca, según varias versiones: a) Tezcatlipoca, viendo que Quetzalcóatl había eliminado los sacrificios humanos, decidió con otros dioses (Ihuimécatl y Toltécatl) expulsarlo de Tula. Con este fin le dieron pulque y lo embriagaron para que olvidara cumplir sus obligaciones religiosas. Cuando Quetzalcóatl se dio cuenta de lo ocurrido decidió abandonar Tula *(Anales* 39-47); b) Tezcatlipoca Huémac obligó a Quetzalcóatl a salir de Tula (Muñoz Camargo I, 1); c) Tezcatlipoca venció a Quetzalcóatl en el juego de pelota, después de lo cual, este dios "fue persiguiendo al dicho Quetzalcóatl de pueblo en pueblo" (Mendieta II, 5; Torquemada VI, 45); d) Quetzalcóatl salió de Tula para establecer las provincias nuevas de su reino (Motolinía I, 30); e) los dioses Huitzilopochtli, Titlacauan y Tlacauepan hicieron a Quetzalcóatl toda la serie de embustes que causaron la muerte de los ciudadanos. Posteriormente, Quetzalcóatl acordó salir de Tula (Sahagún III, 4-12); f) Tezcatlipoca y Huémac acusaron a Quetzalcóatl de haber cometido adulterio y él, viendo su destino, salió de Tula (Torquemada III, 8); g) su enemigo Huémac, más poderoso que él, lo obligó a abandonar Tula (Torquemada III, 8).

3. Quetzalcóatl se dirigió hacia Tlillan Tlapallan: a) en este lugar se quemó, entró en el cielo y se convirtió en el planeta Venus matutino *(Anales,* 50, 51); b) vino a Cholula a gobernar esta provincia (Muñoz Camargo I,I); c) estuvo en Cholula por un tiempo, pero nuevamente fue expulsado de este lugar por Tezcatlipoca, yéndose al país de Tlillapa o Tlilapan —en la costa del mar—, donde murió. Su cuerpo fue quemado y su alma se convirtió en estrella o cometa (Mendieta II, 5; Torquemada VI, 45); d) caminaba paseando por muchos lugares, hasta que llegó a la costa del mar, donde hizo una balsa y salió navegando al Tlapallan (Sahagún III,14).

Como vemos, en este mito se habla directamente de la conversión de Quetzalcóatl en estrella o en el planeta Venus. Según opinión común de los científicos, existe la posible asociación de Quetzalcóatl con Venus. Estos elementos nos permiten buscar la interpretación astronómica de este mito.

Esta asociación parece ser muy probable. El país Tlillan Tlapallan ("lugar del negro y rojo") está en dirección del Este (González Torres, 1945:144; Seler, 1963,II: 9; Soustelle, 1940: 59, 68). Quetzalcóatl dice que va en dirección del Sol (Sahagún III,13, 4) al Tlapallan. Se dice (Sahagún III,14, 6; Mendieta II, 5) que este lugar se hallaba en la costa del mar (oriental). Todo esto sugiere que Quetzalcóad salió de Tula en dirección al Oriente. Aquí, en este lugar, Quetzalcóatl murió y sus devotos quemaron su cuerpo (Mendieta II, 5; Torquemada VI, 45). En los *Anales,* (50) se dice que el dios se quemó. Después de este acto, su corazón *(Anales* 50) o su alma (Mendieta III, 5; Torquemada VI, 45) subió al cielo para convertirse en estrella. Los *Anales* hablan directamente de la estrella matutina y otras fuentes dicen una estrella o cometa, pero que tras ellos "se ha visto seguir pestilencias en los indios, y otras calamidades" (Mendieta II, 5). Como sabemos el planeta Venus fue el ejecutor del destino (*Códice Borgia* 53, 54 —con Venus flechador—, véanse figuras 1 y 2). Los *Anales* (50, 51) dicen que cuando murió Quetzalcóatl y se convirtió en la estrella "que al alba sale", esta estrella fue nombrada también como Tlahuizcalpantecuhtli (que quiere decir "el Señor del Alba"), bien conocido como el dios del planeta y con quien fue asociado Quetzalcóatl (Spranz, 1973: 482; figura 3). Su función fue flechar con sus rayos a algunas personas en ciertas fechas determinadas.

Por último hay que apuntar que, según Sahagún, Quetzalcóatl caminando hacia el Sol, desapareció del mundo porque bajó al Mictlancalco (que quiere decir "el lugar de la casa de los muertos") y que denota el país de los muertos. Los Anales (50) dicen que después de quemarse, el dios desapareció por 8 días (estuvo 4 días entre los muertos y "en 4 días se proveyó de flechas").

Figura 1. Venus flechador (*Códice Borgia,* figura 53)

Naturalmente, este número de días coincide con el intervalo bien conocido entre la última aparición del planeta como lucero de la tarde y la primera aparición como lucero del alba (Gibbs, 1977: 33; 1980: 89).

Todo esto significa una cosa: Quetzalcóatl se convirtió en el Venus matutino. Esta no es una idea nueva, pero en este mito podemos identificar esta conversión con seguridad.

Ahora habría que preguntarse en qué términos astronómicos se podría tratar a Quetzalcóatl antes de esa conversión.

Muchas veces se describe a Quetzalcóatl como una persona vieja, enferrna o débil. Esto indica su declinación, su caída.

Figura 2. Venus flechador (Códice Borgia, figura 54).

Por otra parte, Tula es el lugar donde murió mucha gente: en un caso los mató una india vieja que en el *xochitla* ("jardín") tostaba el maíz. Parece que tostaba el maíz maduro, porque fue para comer.(ver fig. 5, más adelante)

En la versión de Sahagún (III, 12, 34), Quetzalcóatl saliendo de Tula pasó por Cuauhtitlán ("bosque"). En este lugar él se vio en el espejo como viejo. Llamó este lugar Huehuecuauhtitlán ("bosque viejo"). En este lugar estuvo un árbol "grande, grueso y largo". Pero el dios después de verse en el espejo como muy viejo lo apedreó furioso. Este gran árbol fue deteriorado, roto. Podemos decir que este árbol, apedreado, murió o se cayó. Sahagún nos dice también que este dios bajó al Mictlancalco, el país de los muertos, antes de salir navegando. En los *Anales*, Quetzalcóatl, después de quemarse, estuvo en el país de los muertos por cuatro días.

Según los Anales, Mendieta y Torquemada, Quetzalcóatl murió antes de convertirse en Venus matutino.

Figura 3. Tlahuizcalpantecutli, el dios del Venus matutino (Códice Borgia, figura 69).

He presentado en esta enumeración algunos elementos que se repiten: enfermedad, debilidad, vejez, declinación del poder; la muerte, el maíz maduro. Estos elementos corresponden a las propiedades del occidente (Soustelle, 1940: 37-38). En el poniente está el jardín de la diosa Xochiquetzal. En este lugar colocaron Tamoanchán —el jardín cuyo signo es un árbol roto y derribado— (¿asociación con Huehuecuauhtitlán?) (Soustelle, 1940: 62; figura 4). Tamoanchán es símbolo de la declinación y en verdad podemos decir de la declinación del poder de Quetzalcóatl. Este último aspecto voy a analizarlo posteriormente.

Figura 4. Cihuatlampa, el Oeste (*Códice Borgia,* figura 51).

Todo esto sugiere el occidente como el lugar donde reinaba Quetzalcóatl y de donde empezó su viaje al Sol. Aquí ya puedo decir que en este aspecto, el dios, como habitante de Tula, simboliza el Venus vespertino. En este mito, Quetzalcóatl tiene el papel de la estrella de la tarde y de la estrella del alba.

Los argumentos siguientes pueden reforzar esta suposición.

En nuestro mito varios dioses decidieron forzar a Quetzalcóad a salir de Tula. Sin embargo, éste continuó siendo poderoso por un tiempo y por lo tanto hubo que debilitarle para luego expulsarle. Entre estos dioses se encuentran: Tezcatlipoca, Ihuimécatl y Toltécatl *(Anales);* Tezcatlipoca Huémac (Muñoz Camargo); Tezcatlipoca (Mendieta, Torquemada); Huitzilopochtli, Tlitlacauan y Tlacauepan (Sahagún); Tezcatlipoca y Huémac (Torquemada). Esta enumeración nos muestra cómo en este mito el mayor oponente de Quetzalcóatl fue Tezcatlipoca.[4]

Sin embargo, era Quetzalcóatl un dios tan poderoso e importante que su gran oponente Tezcatlipoca necesitó *debilitarlo antes* de expulsarlo de Tula. Su acción contra Quetzalcóatl empezó en los *Anales* (39) cuando le enseñó el espejo y el dios viéndose muy feo y viejo, dudó por primera vez de su poder. Luego efectuó la cena durante la cual Quetzalcóatl se emborrachó, bebiendo demasiado pulque con su hermana Quetzalpetlatl y se olvidó de actuar en algunas ceremonias religiosas. La negligencia en estos servicios fue la causa de su salida de Tula. Posteriormente quisiera apuntar el papel del pulque en este evento.

Otras versiones del mito (Mendieta II, 5 y Torquemada III, 8) dicen que mientras Tezcatlipoca y Quetzalcóatl jugaban a la pelota, aquél se transformó en jaguar de tal manera que la gente que los miraba huyó y cayó en el abismo. El juego de pelota (o de tlachco, tlachtli) simboliza "el juego" de los movimientos astronómicos (p.e. Alexander, 1964: 68, 82; Piña Chan 1969: 31-32). También el símbolo del jaguar podría aquí referirse al "juego de los astros", es decir al eclipse (Alexander, 1964: 62). [5] Entonces Tezcatlipoca, más poderoso que Quetzalcóatl, los oculta. (Muñoz Camargo dice que Tezcatlipoca "pretendió *oscurecer* la fama de Quetzalcóatl".)

En esta versión, Quetzalcóatl tuvo que abandonar Tula a causa de Tezcatlipoca. Después de encontrarse con él, todo pasó muy rápido. Quetzalcóatl perdió su poder y desapareció en Tlillan Tlapallan.

En la versión de Sahagún (III), que es más detallada, los dioses debilitaron gradualmente el poder de Quetzalcóatl. Por ejemplo, se dice que Quetzalcóatl se sintió ya muy viejo y Tezcatlipoca le dio el vino de maguey para emborracharlo. Como en los *Anales*, encontramos aquí el agregado de la vejez y de la bebida de maguey. En el mismo lugar, Tezcatlipoca habla sobre el país Tlillan Tlapallan, adonde debía ir Quetzalcóatl para volver convertido en joven.

Siguieron los sucesos que ocasionaron la muerte de los ciudadanos de Tula. En éstos, el papel activo lo jugó Tezcatlipoca. La hija de Huémac, el rey de los tulanos,— cuando Quetzalcóatl era el sacerdote mayor— se casó con Tezcatlipoca, bajo la figura de un indio desnudo. Eso causó la guerra y numerosas personas perdieron la vida. En otra ocasión, los tulanos murieron cuando Tezcatlipoca los obligó a bailar. Otros más murieron en una huerta, *xochitla* ("jardín") y en el mercado. Por último, una india vieja que tostaba el maíz en el *xochitta*, durante una hambruna, les dio muerte (figura 5) y no pudiendo hacer nada para salvar la vida de su gente, Quetzalcóatl salió de Tula. Todos estos eventos debilitaron su poder de manera que la única solución fue salir para Tlillan Tlapallan. Antes de salir dejó algunas artes y ciencias, que formaban parte de su esencia.

Figura 5. La india vieja tostando el maíz (*Códice Florentino,* III, figura 13).

Siguiendo su camino, encontró en varios lugares algunos acontecimientos que lo debilitaron más.

Primero: En Cuauhtitlán ("bosque") se vió muy viejo en el espejo y por eso dio el nombre a este lugar:

Huehuecuauhtitlán ("el bosque viejo").

Segundo: Cuando pasó el río, encontró a los demonios que lo obligaron a dejar sus bienes: "las artes mecánicas de fundir plata y labrar piedras, y madera, y pintar, y hacer plumajes y otros oficios" (Sahagún III, 135-6). También debió dejar sus propias joyas. Esto podría interpretarse como si Quetzalcóatl tuviera que dejar lo esencial de su persona al despojarse de sus atavíos.

Tercero: En otro lugar tuvo que beber pulque y esto lo emborrachó, lo debilitó (figura 6).

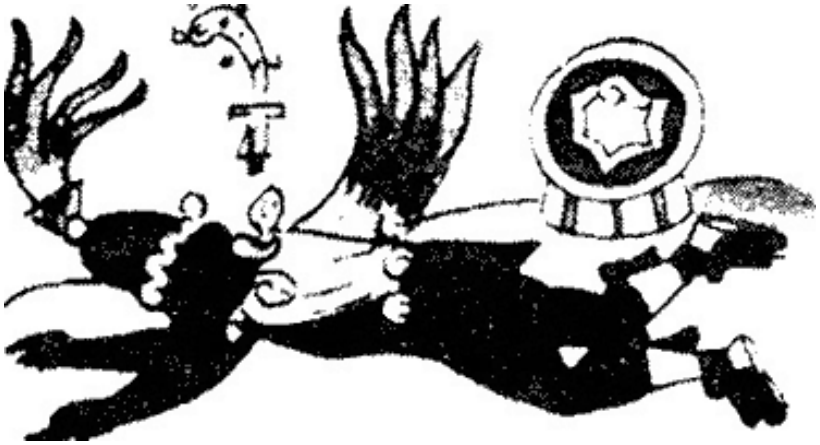


Figura 6. Quetzalcóatl borracho (*Códice Florentino*, III, figura 14).

Cuarto: Una vez más fue debilitado cuando pasaba por los volcanes, donde perdió a sus pajes (enanos y jorobados), que murieron a causa del intenso frío. El contexto es claro: Quetzalcóatl fue el Sol, y mientras caminaba murieron sus enanos y jorobados. En el México antiguo existió la costumbre de que durante los eclipses de Sol eran sacrificados estos personajes a la estrella del día (Alexander, 1964: 82). Se puede observar aquí que durante el cambio del Venus vespertino al Venus matutino —es decir durante la conjunción inferior— el astro pasa sobre el Sol (como pasa la Luna durante los eclipses del Sol. Naturalmente, el planeta no tiene diámetro suficiente para ocultar al Sol, pero la naturaleza del acto es semejante al eclipse solar). Por Otra parte, ellos, como sus pajes, representaban algo de su esencia, pues Quetzalcóatl, caminando en la dirección del Sol (véase Sahagún III, 13, 5), tuvo que sacrificar una parte de su propia persona.

Según el punto de vista astronómico podemos afirmar que en este mito, Quetzalcóatl tiene el papel de Venus antes de la conjunción inferior y poco después. Primero, en el cielo de la tarde podemos observar el planeta corno el cuerpo celeste muy brillante. Su brillantez aumenta hasta la magnitud de - 4.3. Esto pasa después de situarse en el ángulo de la elongación máxima (la distancia angular entre los dos astros para el observador colocado en la Tierra). Para Venus, el ángulo de la elongación máxima no es mayor que 47 grados (Sidguick, 1957: 112; Robinson y Muirden, 1979: 127, véase también el cuadro de la página 130). El planeta se acerca al Sol rápidamente, también pierde su brillantez para desaparecer finalmente. Sigue la conjunción inferior del Sol y de Venus y para el observador de la Tierra el planeta está invisible, porque pasa sobre el Sol. Después de 8 días se ve Venus otra vez, pero ya en el Oriente (*véase The Astronomical Almanac* para cualquier año). Un observador de la Tierra podría decir que el Sol quemó al planeta para que se aparezca en el cielo matutino. Entonces el poder de Quetzalcóatl va aumentando gradualmente (la creación de las artes y ciencias para el hombre, etc.) y se refiere a la brillantez del astro que aumenta también en el cielo vespertino. La debilidad, la declinación del dios se refiere a la disminución de la brillantez del astro. El acto de quemarse y la presencia en el país de los muertos se refiere a la conjunción de ambos astros. (Véase también la ponencia de L. Maupomé.)

Como ya se mencionó, el mayor oponente de Quetzalcóatl en este mito fue Tezcatlipoca. En numerosas fuentes antiguas se pueden hallar otros ejemplos del conflicto entre los dos dioses. Ambos casi siempre se encuentran como opuestos (p.e. León-Portilla, 1979: 98-99). Este antagonismo es bien conocido y no es necesario ilustrarlo aquí con otros mitos.

Ahora hay que investigar qué podría significar, en los términos astronómicos, la figura de Tezcatlipoca.

Pero antes de resolver este problema, quisiera mencionar el papel del pulque en el proceso del debilitamiento del poder de Quetzalcóatl. En Sahagún (III, 4) el pulque empieza este proceso. Tezcatlipoca, bajo la figura de un viejo, le dio a probar pulque para que Quetzalcóatl se sintiera mejor y olvidara su vejez (figura 7), y el pulque le dio la ilusión de estar sano. En los *Anales* los dos ayudantes de Tezcatlipoca - -Ihuimécatl y Toltécatl (que es uno de los dioses del vino, véase figura 8)- cortaron un maguey e hicieron el pulque en cuatro días y en el cuarto, después de cortarlo, lo ofrecieron para la cena rnemorable de Quetzalcóatl, durante la cual cayó éste. Hay que mencionar que el dios fue forzado a beber pulque durante su peregrinación al Tlillan Tlapallan (Sahagún III, 13, 7-9; figura 6).

Figura 7 Un viejo ofreciendo el pulque a Quetzalcóatl (*Códice Florentino,* III, figura 11).

Figura 8. Toltécatl, uno de los dioses del pulque (*Códice Magliabecchiano,* 52).

Como se sabe, existe una fuerte asociación entre el pulque o - -más precisamente- entre los dioses del pulque y la Luna. Por ejemplo, los dioses del pulque del *Códice Magliabecchiano* (nuevamente figura 8) son adornados con yecametztli ("la nariguera en media luna"). Este adorno tiene relaciones con el signo jeroglífico en forma de Luna creciente (p.e. Seler, 1960: 231-232, 249). En sus escudos se ve otro símbolo de la Luna: la manta de conejo.

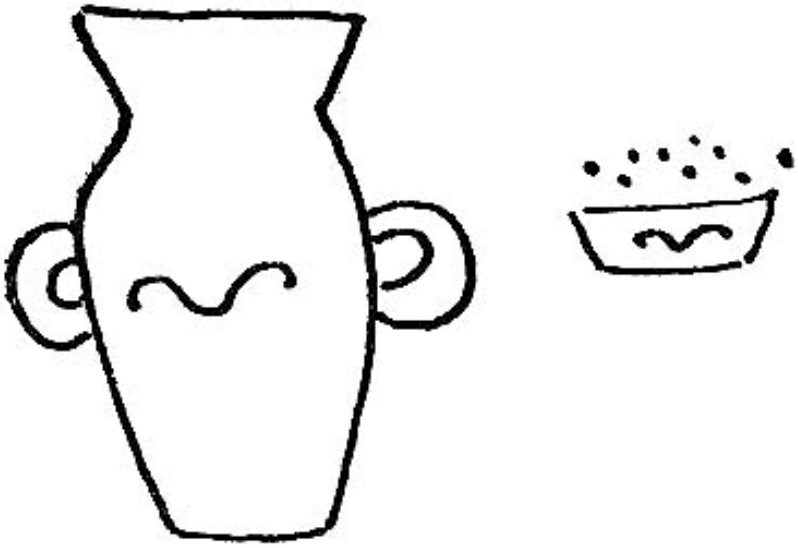


Figura 9a. Octecómatl, la jarra del pulque (*según Códice Mendoza,* 61).

Figura 9b. Mayáhuel, diosa del pulque (según *Códice Vaticano B,* figura 89).

En muchos ejemplos se encuentra asociada la Luna (en forma de Luna creciente) con los recipientes de pulque (figuras 9). Como se observa en algunos casos, la Luna creciente está relacionada con el líquido fermentado (Gonçalves de Lima, 1978:140-144). La autora dice así:

La mente mágica de los indígenas mexicanos debió asombrarse al comprobar que cada maguey se convertía en la fuente maravillosa de donde surgió el líquido cuya mayor o menor afluencia dependía de las fases de la Luna; después, la transformación del líquido dulce en licor embriagante, transformación que implicaba un ciclo y cuyas etapas también estaban asociadas a las fases lunares. Todavía en la actualidad *el maguey es castrado cuando la Luna está en creciente, nunca en menguante, y el aumento o disminución de lo afluencia del líquido puede ser notado pefectamente según las fases de la Luna.*

Podemos suponer que, según los *Anales,* Quetzalcóatl tomó el pulque cuando en el cielo se observó la Luna creciente (en el cielo vespertino), porque se dice que los dioses prepararon la bebida 4 días después de cortar el maguey. Este pulque causó la salida de Quetzalcóatl (*Anales*) o lo debilitó por primera vez (Sahagún).

Es interesante que en el *Códice Florentino* (Libro X, capítulo XII) se diga que el buen horticultor debe respetar los signos del año, del mes y del día durante su trabajo. En la figura 10 se ve un horticultor leyendo el libro bajo la Luna creciente. A su derecha está una planta, semejante a los dibujos, de maguey.

Figura 10. El buen horticultor (*Códice Florentino,* lámina LXIX, figura 73).

Según Sahagún la primera cosa que afecta el poder de Quetzalcóatl es el pulque y la última, que mata a su gente, es el maíz (la india vieja que tostó el maíz en el *xochitla).* Esta planta está asociada también con la Luna (González Torres, 1975: 96).

En estos casos podemos observar la asociación entre Tezcatlipoca y el pulque o el maíz y que estos últimos están relacionados con la Luna, por lo que podemos derivar de aquí una relación entre Tezcatlipoca y la Luna (creciente).

1. Orozco y Berra (1960, I: 57) fue el primero en sugerir que en esta lucha entre Quetzalcóatl y Tezcatlipoca (el Tezcatlipoca negro) estos dioses desempeñan el papel de Venus y de la Luna, respectivamente.

2. Seler (1963, 11) menciona varias veces (p.e. páginas 9-10, 17, 30-32, 243 etc.) que Tezcatlipoca podría simbolizar "la Luna creciente en el cielo de la tarde", "la Luna joven que aparece en el cielo vespertino" o "el Sol que se pone, se transforma en la Luna que, por primera vez sale en el cielo vespertino, ya cerca del horizonte". Analizando la lámina 35 del *Códice Borgia* (figura 11) Seler dice que las figuras de Quetzalcóatl y Tezcatlipoca representan "el lucero vespertino y la Luna representados juntos en el cielo nocturno".

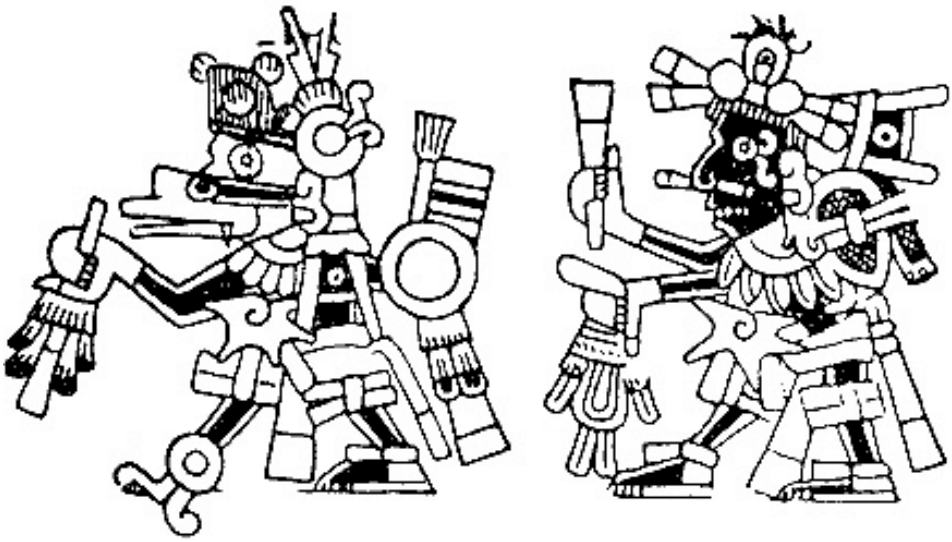


Figura 11. Quetzalcóatl y Tezcatlipoca *(Códice Borgia,* figura 35).

3. También otros autores (Spence, 1923: 112; Schultze-Jena 1950: 238) señalan las similitudes de la naturaleza variable de Tezcatlipoca con la Luna.

4. En la figura 14 del *Códice jeroglífico Aubin* se ve a Tezcatlipoca teniendo la media Luna al cuello, en su aspecto del mundo nocturno (figura 12).

Figura 12. Tezcatlipoca, el mundo nocturno (*Códice jeroglífico Aubin*, figura 14).

Todo esto sugiere la posibilidad de la asociación entre Tezcatlipoca y la Luna, es decir, la Luna creciente del cielo vespertino (occidental). Si así lo suponemos, hay que confrontar esta asociación con la realidad astronómica.

Tezcatlipoca —la Luna creciente del cielo vespertino (occidental)— encontró a Quetzalcóatl -Venus vespertino- y lo debilitó de tal manera que el dios se movió hacia el Sol convirtiéndose en el Venus matutino. Quiero señalar aquí que los encuentros de estos dioses podrían referirse a la conjunción de ambos astros.

Como ya hemos mencionado, el ángulo de la elongación de Venus no es mayor que 47 grados. Esto significa que la distancia angular entre los dos astros (el Sol y Venus) no es grande. La Luna nueva ocurre cuando está en conjunción con el Sol. Se aparece en forma de Luna creciente uno o dos días después de esta conjunción, cuando hay cierta distancia entre el Sol y ella. A causa de la elongación de Venus, cada mes entra en conjunción con la Luna creciente en el cielo de la tarde (véase p.e. *The American Ephemeris and Nautical Almanac*.) Estas conjunciones ocurren el tercero o cuarto día después de la Luna nueva. Después de estar en la fase de su brillantez máxima, Venus entra en conjunción con la Luna frecuentemente por última vez en el cielo vespertino. El planeta pierde su brillantez muy rápido; se puede decir que la Luna al encontrar a Venus lo debilitó. En términos astronómicos, existe la explicación de los eventos que narra este mito.

Naturalmente, ésta no es la única explicación de este mito. En otros niveles diferentes al astronómico encontramos otras, por ejemplo, Hedrik (1967) y Jiménez Moreno (1956) discuten este mito a la luz de los eventos históricos; León-Portilla (1979), en el nivel filosófico. La versión de Sahagún nos ofrece los detalles de la naturaleza esotérica.

En este lugar quisiera mencionar también que existen otras explicaciones astronómicas de este mito (Beyer 1965: 21-22; Preuss 1955: 394), pero en mi opinión es dificil asociarlas con movimientos astronómicos.

En la interpretación aquí presentada se trató de ser lo más preciso posible en la descripción de los movimientos astrales en el lenguaje mítico. No sólo se identificaron los cuerpos celestes, sino también su ubicación y su fase. Estas cosas permiten ofrecer la explicación astronómica como la más posible, porque empleando la astronomía se da un enfoque más preciso.

Existe también otra interpretación de un mito que refuerza nuestra explicación a través de la analogía. Hostetter (1979) interpretó un mito de Mesopotamia conocido con el título de "El descenso de Istar al país inferior". Investigado por ella encuentra que se habla también (en categorías astronómicas); de las conjunciones entre la Luna creciente y Venus, de la disminución y aumento gradual de la brillantez del

planeta, etc. y también habla de Mercurio. En el mito toman parte tres cuerpos celestes (la Luna, Venus y Mercurio), por esto toda la interpretación es precisa.

La interpretación astronómica de los mitos nos ofrece una nueva dimensión de la investigación científica, nos "amplía" el campo del examen y explicación del pasado. Entonces, en su aspecto astronómico, este mito es un buen ejemplo de la herramienta para instruir a la gente en los movimientos de Venus. Fue fácil enseñár al pueblo, utilizando las figuras de Quetzalcóátl y Tezcatlipoca (bien conocidas), la época de la transición del planeta del cielo vespertino hacia el cielo matutino. Seguramente en otros mitos podremos encontrar algunos otros tipos de información astronómica. [6]

BIBLIOGRAFÍA

Alexander, H. B., *Mythology of All Races, vol. 11,* Cooper Square Publications, Nueva York, 1964.

Anales de Cuauhtitlán en *Códice Chimalpopoca,* UNAM, México, 1975.

Aveni, A F., *Skywatchers of Ancient Mexico,* University of Texas Press, Austin, 1980.

Beyer, H., 1965, "La serie de los contrastes cósmicos", un capítulo de dos códices mexicanos, en *El México antiguo,* 10,1-33. Publicado en *Archiv für Antropologie,* Neue Folge, Bd. XI, 1912.

Gibbs, S.L., "Mesoamerican Calendrics as Evidence of Astronomical Activity", en *Native American Astronomy,* A. F. Aveni, (compilador) University of Texas Press, Austin, 21-35, 1977.

Gonçalves de Lima, O., *El maguey y el pulque en los códices mexicanos,* FCE, México,1965.

González Torres, Y., *El culto a los astros entre los mexicanos,* SEP /Setentas, México, 1975.

Hedrick, B. C.,"Quetzalcóatl", *Katunob,* 1, 1967.

Hostetter, H. C., "A Planetary Visit to Hades", *Archaeoastronomy* (BCA), vol. 2, No. 4, 7-10, 1979.

Jiménez Moreno, W., *Historia antigua de México,* Ediciones SAENA, México, 1956. León-Portilla, M., *La filosofía náhuatl,* UNAM, México, 1979.

Mendieta, fray Gerónimo de, *Historia eclesiástica indiana,* Editorial Chávez Hayhoe, México, 1945.

Motolinia, fray Toribio de Benavente, *Memoriales o libro de las cosas de la Nueva España y de los naturales de ella,* UNAM, México, 1971.

Muñoz Camargo, D., *Historia de Tlaxcala,* Editorial Innovación, México, 1978.

Orozco y Berra, M., *Historia antigua y de la conquista de México,* Porrúa, México, 1960, (primera edición, 1880).

Piña Chan, R., *Games and Sport in Old Mexico,* Edition Leipzig, Leipzig, 1969.

Preuss, K Th., "El concepto de la estrella matutina según textos recogidos entre los mexicanos del estado de Durango, México", en *El México Antiguo,* 8, 375-395 (presentado en el Congreso Internacional de Americanistas, sesión XXI, Goteburg, 1925), 1955.

Robinson, J. H., y J. Muirden, *Astronomy Data Book,* David & Charles, Londres, 1979.

Rogerson, J. W., *Myth in Old Testament Interpretation,* De Gruyter, Berlín-Nueva York, 1974.

Sahagún, fray Bernardino de, *Historia general de las cosas de Nueva España,* Porrúa, México, 1979.

Schultze-Jena, L., *Wahrsagerei, Himmelskunde und Kalender der alten Azteken, aus dem aztekischen Urtext Bernardino de Sahagún's übersetzt und erläutert*, W. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 1950.

Seler, E., "Die holzgeschnitzte Pauke von Malinalco und das Zeichen alt tlachinolli", en *Gesammelte Abhandlungen zur Amerikanischen Sprach -und Altertumskunde Akademische Druck,*, Graz, III, 221-304, 1960.

----,*Comentarios al Códice Borgia*, Fondo de Cultura Económica, México, 1963.

Sidguick, J. B., *Observational Astronomy for Amateurs*, Feber & Faber, Londres, 1957.

Soustelle, J., *La Pensée Cosmologique des Anciens Mexicains*, Hermann et Cie, París, 1940.

Spence, L., *The Gods of Mexico*, T, Fisher Unwin, Londres, 1923.

Spranz, B., *Los dioses en los códices mexicanos del grupo Borgia*, Fondo de Cultura Económica México, 1973.

Torquemada fray Juan de, *Monarquía indiana*, UNAM, México, 1975.

NOTAS

1 Por ejemplo, G. de Santillana y H. von Dechend, *Hamlet's Mill*, Boston, 1969.

2 Estas ideas están siendo investigadas y desarrolladas en el seminario de antropología general en el Instituto de Arqueología de la Universidad de Varsovia desde los años setenta, bajo la supervisión del profesor A. Wiercinski. Las ideas aquí presentadas son desarrolladas bajo la influencia de esta escuela.

3 Véase la bibliografia al final de este artículo.

4 En la versión de Sahagún, Titlacauan es otro nombre de Tezcatlipoca. Véase, por ejemplo, Sahagún II, 2, 1.

5 Por ejemplo, el mito del nacimiento del dios Huitzilopochtli.

6 Por ejemplo, el mito del nacimiento del dios Huitzilopochtli.

Indice

V. ASTRONOMÍA MEXICANA DEL SIGLO XVIII

ROBERTO MORENO

NO ES propósito de este trabajo analizar y evaluar los logros de la astronomía que se cultivó en México en la decimoctava centuria, sino alertar sobre las fuentes que habremos de estudiar cuidadosamente para llegar a tales fines.[1]

Es evidente que la astronomía mexicana tiene dos grandes etapas: la prehispánica, que en este simposio ocupa un destacado lugar bajo el nombre de arqueoastronomía, y la de la adopción de la astronomía occidental. Esta última puede dividirse para su estudio en la época novohispana en la siguiente forma:

1) Siglo XVI a XVII. Introducción de los estudios astronómicos. Liga clara con la astrología. Más práctica que especulativa. Termina con la célebre polémica Kino-Sigüenza sobre el cometa de 1681.

2) Siglo XVIII, primera mitad, hasta 1769. Astronomía de continuidad. Observación de fenómenos notables. Negación o desestima de la revolución copernicana. Tradicionalismo. Instrumentos anticuados.

3) Siglo XVIII, segunda mitad (1769-1803). Renovación de la ciencia astronómica. Introducción, aceptación y puesta en práctica de los paradigmas copernicano y newtoniano. Renovación en los instrumentos. Termina con la visita de Humboldt.

4) Siglo XIX. De la visita de Humboldt a la fundación del Observatorio Astronómico Nacional.

Demostrar que este posible esquema es correcto requiere de una investigación cuidadosa. La existencia de dos etapas en el siglo XVIII es indubitable, pero el establecimiento de sus factores diferenciales ha de emprenderse aún. A tal fin deseo mostrar las fuentes posibles en las modalidades que se pueden llamar de *continuidad y de grandes hechos o eventos,* referido todo exclusivamente al siglo XVIII.

1

Continuidad. Dos son los componentes de la continuidad en la astronomía: los calendarios o almanaques y la cátedra de astrología de la Real y Pontificia Universidad.

Sobre los primeros, llamados indiferentemente calendarios, almanaques, pronósticos, efemérides o piscatores, es de conocimiento común que se trataba de textos que surgieron con un claro propósito astrológico —con ribetes de medicina—para dar al público, dentro del año litúrgico cristiano, una larga serie de pronósticos sobre el futuro más inmediato. En México aún se publica uno de estos calendarios, que es muy usado en el medio rural. El componente astronómico fue creciendo a lo largo del siglo XVIII. Por lo menos se encuentran noticias sobre las fases de la Luna y anuncios de eclipses en casi todos ellos. No cabe duda de que estos almanaques son de estudio imprescindible para quien desee verdaderamente ocuparse de la astronomía de nuestra época colonial. Sin embargo, por su carácter propio son muy dificiles de encontrar en las bibliotecas: a fin de cuentas solamente servían un año y sus usuarios se deshacían de los ya caducados.

Para el estudio de los calendarios del siglo XVIII mexicano tenemos varias fuentes, a las que se hará referencia. El indispensable bibliógráfo Beristáin[2] dejó noticia de muchos de estos astrólogos pronosticadores. Tanto José Toribio Medina[3] como Nicolás León[4] registran un buen número de calendarios impresos.González de Cossío [5] en sus adiciones a la obra del polígrafo chileno aporta otros cuantos de estos materiales.

Para el conocimiento de una parte de los que se custodian en la Biblioteca Nacional de México (BNM) existe una bibliografía de Alberto Lamadrid.[6] Pero sin duda la aportación moderna más importante para estos estudios es la de José Miguel Quintana,[7] quien tuvo la feliz ocurrencia de rebuscar en el ramo de *Inquisición* del Archivo General de la Nación (AGN) la concesión de licencias para los almanaques y logró hallar materiales antes desconocidos.

Con base en estos autores, doy la lista cronológica de los calendarios del siglo XVIII con la nota de si se sabe de cierto la existencia de algún ejemplar o tan sólo tenemos la noticia. Es de advertirse que, a diferencia de los distinguidos bibliógrafos que sigo, pongo los impresos en el año anterior al de que se ocupan, puesto que en la absoluta mayoría de los casos se trataba de tener a la venta los pronósticos a más tardar en diciembre del año anterior, por lo que el pie de imprenta correcto debiera ser así.

1701, Fr. Isidoro Alfonso de Castaneira, *Kalendarium franciscanum*... 1702. (Medina, 2068. Ej. de la Biblioteca Andrade.)

1702, Castaneira, *Kalendarium*... 1703. (Beristáin, II, 266.)

1703, Castaneira, *Kalendarium*... 1704. (Beristáin, II, 266.)

1704, Castaneira, *Kalendarium*... 1705. (Beristáin, II, 266.)

1705, Castaneira, *Kalendarium*... 1706. (Beristáin, II, 266.)

1706, Castaneira, *Kalendarium*... 1707. (Medina, 2136. Ej. Biblioteca Andrade.)

1707, Castaneira, *Kalendarium*... 1708. (Medina, 2167. Ej. Biblioteca Andrade.)

----, Juan Martel Núñez de Villavicencio, *¿Pronóstico?*... 1708. (Quintana, p. 79. Por la licencia de impresión.)

----, Juan Antonio Mendoza y González, *¿ Urania americana septentrional?* ... 1708. (Quintana, p. 79. Por la licencia de impresión.)

1708, Castaneira, *Kalendarium*... 1709. (Medina, 2204. Ej. Biblioteca Medina.)

----, Mendoza y González, *Urania americana septentrional*...1709. (Quintana, p. 79. Se deduce por la numeración de los siguientes.)

1709, Castaneira, *Kalendarium*... 1710. (Beristáin, II, 266.)

----, Mendoza y González, *Urania americana septentrional* ... 1710. (Quintana, p. 79. Por deducción.)

1710, Castaneira, *Kalendarium*... 1711. (Medina, 2283. Biblioteca Andrade.)

----,Mendoza y González, *Urania americana septentrional*... 1711. (Quintana, p. 79. Por deducción.)

1711, Castaneira, *Katendarium*... 1712. (Beristáin, II, 266.)

----, Mendoza y González, *Urania americana septentrional*...1712. (Quintana, p. 79. Por deducción.)

1712, Castaneira, Kalendarium... 1713. (Beristáin, II, 266.)

----, Mendoza y González, *Urania americana septentrional*...1713. (Quintana, p. 79. Ej. Biblioteca Salo Hale.)

1713, Castaneira, *Kalendarium*... 1714. (Beristáin, II, 266.)

----, Mendoza y González, *Urania americana septentrional*...1714. (Quintana, p. 79. Por deducción.)

1714, Castaneira, *Kalendarium*... 1715. (Beristáin, II, 266.)

----, *Kalendario con las fiestas movibles y la reformación de las fiestas*...1715. (Medina, 2424. Por noticia de González Obregón.)

-----, Mendoza y González, *Urania americana septentrional* ... 1715. (Quintana, p. 80. Biblioteca Salo Hale.)

1715, Castaneira, *Kalendarium*... 1716. (Beristáin, II, 266.)

1716, Castaneira, *Kalendarium*... 1717. (Medina, 2481. Biblioteca Andrade.)

1717, Castaneira, *Kalendarium*... 1718. (Medina, 2512. Biblioteca Andrade.)

1718, Castane ira, *Kalendarium*... 1719. (Beristáin, II, 266.)

1719, Castaneira, *Katendarium*... 1720. (Beristáin, II, 266.)

-----, Miguel Mussientes y Aragón, *Astrolabio americano regulado en el polo mexicano a los meridianos de esta Nueva España*...1720. (Quintana, p. 80. Biblioteca Salo Hale.)

1722, Mendoza y González, *Almanak*... 1723. (González de Cossío, 312, publica el facsímil de los seis primeros meses. Debe suponerse que se imprimió la otra hoja.)

Figura 1. Grabado de un cometa en la Gaceta de México de 1722.

Figura 2. Calendario para 1723 por Juan Antonio de Mendoza y González.

1723, Pedro Alarcón, *Nueva efemérides anunciada para los temporales de* 1724. (Medina, 2728. Por noticia de Maffei y Rúa.)

1726, Alarcón, *Efemérides para los temporales de*1727. (Medina, 2907. Por noticia de Maffei y Rúa.)

1727, José Escobar y Morales, *Pronóstico y Kalendario*...1728. (Beristáin, I, 411.)

1728, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*...1729. (Beristáin, I, 411.)

1729, Alarcón, *Efemérides pronosticadas a los felices temporales*...1730. (Medina, 3103. Por noticia de la *Gaceta*.)

----, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*... 1730. (Beristáin, I, 411.)1730, Alarcón, *Efemérides*... 1731. (Quintana, p. 30. Por la licencia.)

----, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*... 1731. (Beristáin, I, 411.)

1731, Alarcón, *Efemérides*... 1732. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

----, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*... 1732. (Beristáin, I, 411.)

1732, Alarcón, *Kalendario*...1733. (González de Cossío, 334. Publica el facsímil de los seis meses segundos, únicos que conoció.)

----, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*...1733. (Beristáin, I.411.)

----, Fr. Pedro Alcántara Fernández, *Kalendarium seraphicum*...1733. (Medina, 3285, Biblioteca Andrade.)

1733, Alarcón, *Kalendario*... 1734. (González de Cossío, 335 y 336 para las dos hojas semestrales, que publica.)

Figura 3. Calendario para 1734 (primer semestre) por Pedro de Alarcón.

Figura 4. Calendario para 1734 (segundo semestre) por Pedro Alarcón.

----, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*...1734. (Beristáin, I, 411.)

1734, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*...1735. (Beristáin, I, 411.)

----, José Antonio Villaseñor y Sánchez, *Calendario*... 1735. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

1735, Escobar, *Pronóstico y Kalendario*...1736. (Beristáin, I, 411.)

1736, Basilio Pholt de Pyzagra, *Pronóstico de lo pasado, advertencia de lo presente y desengaño de lo futuro*... 1737. (Medina, 3472. Ej. en Biblioteca Palafoxiana.)

1737, Villaseñor, *Calendario*... 1738. (Medina, 3532. Biblioteca Andrade.)

1738, Villaseñor, *Calendario*... 1739. (Quintana, p. 80. Biblioteca Salo Hale.)

1739, Alarcón, *¿Kalendario?*... 1740. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

----, Fernández, *Kalendarium seraphicum*...1740. (Medina, 3554. Biblioteca Andrade.)

----, Villaseñor, *Calendario*... 1740. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

1740, Alarcón, *¿Kalendario?*...1741. (Quintana, p. 80. Por la licencia).

1741, Villaseñor, *Calendario*... 1742. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

1742, Alarcón, *Ephemeris*... 1743. (Medina, 3633. Biblioteca Andrade.)

1745, Fernández, *Kalendarium romano-seraphicum*...1746. (Medina, 3772. Biblioteca Andrade.)

1746, Fr. José Velasco, *Kalendarium franciscanum*...1747. (Medina, 3868. Biblioteca Andrade.)

1747, Alarcón, *Efemeris mexicana*...1748. (Medina, 3875. Por Beristáin, I, 34.)

1748, Villaseñor, *Calendario*... 1749. (Quintana, p. 81. De su biblioteca. Sólo los seis primeros meses.)

1749, Villaseñor, *Calendario*... 1750. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

1750, Miguel Francisco de Illarregui, *Prognóstico y particular diario*... 1751. (Medina, 4045. Biblioteca Andrade.)

----, Villaseñor, *Calendario*... 1751. (Quintana, p. 90. Por la licencia.)

1751, José Marino de Medina, *Heliotropio crítico, racional prognóstico computado al meridiano de la Puebla*... 1752. (Medina, Puebla...548. Biblioteca Andrade.)

----, Fr. Pedro Sugadi, *Kalendar franciscanum*...1752. (Medina, 4100. Biblioteca Andrade.)

----, Villaseñor, *Calendario*...1752. (González de Cossío 372. Los seis meses últimos, que publica.)

Figura 5. Calendario para 1752 por J. Antonio VIllaseñor.

----, Felipe de Zúñiga y Ontiveros, *Efemérides calculadas y pronosticadas según el meridiano de México*...1752. (Beristáin, II, 398. En realidad no debe existir, puesto que la de 1760 para 1761 dice ser la nona.)

1752, Miguel Espinosa de los Monteros, *Pronóstico*...1753. (Quintana, p.81. Por la licencia.)

----, Illarregui, *Pronóstico*....1753. (Quintan, p.81. Por la licencia.)

---, Juan Antonio de Rivilla Barrientos, *Lunario*... Puebla...1753. (Quintana, p.82. Se deduce por la cita al séptimo.)

----, Cristóbal Antonio Salvatierra, *Pronóstico*.... 1753. (Quintana, p.81. Por la licencia.)

----, José Antonio de Villada, *Pronóstico*... 1753. (Quintana, p.81. Por la licencia.)

----, Villaseñor, *Calendario*... 1753. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

----, Zúñiga, *Breve explicación del prognóstico*... 1753. (Medina, 4151. Biblioteca Palafoxiana.)

----, Zúñiga, *Ephemeris*... 1753. (Medina, 4152, Biblioteca Andrade).

1753, José Antonio García Vega, *Pronóstico*.. .1754. (Quintana, p. 81. Por la licencia.)

----, Rivilla, *Lunario*... Puebla... 1754. (Quintana, p. 82. Por deducción.)

----, Salvatierra, *Pronóstico*... 1754. (Quintana, p. 81. Por la Iicencia.)

----, Sugadi, *Kalendarium*... 1754. (Medina, 4204. Biblioteca Medina.)

----, Villaseñor, *Calendario*... 1754. (Quintana, p. 90. Por la licencia.)

----, Zúñiga, *Efemérides*... 1754. (Beristáin, II, 398.)

1754, García Vega, *Pronóstico*... 1755. (Quintana, p. 81. Por la licencia.)

----, Rivilla, *Lunario*... Puebla... 1755. (Quintana, p. 82. Por deducción.)

----, Salvatierra, *Calendario astronómico y almanaque*... 1755. (Quintana, p. 81. Por la licencia.)

----, Villaseñor, *Calendario*... 1755. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

----, Zúñiga, *Efemérides*... 1755. (Beristáin, II, 398.)

1755, Villaseñor, *Calendario...* 1756. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

----, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1756. (Quintana, p. 82. Por deducción.)

----, Zúñiga, *Efemérides...* 1756. (Beristáin, II, 398.)

1756, Francisca Gonzaga Castillo, Efemeris calculada al meridiano de México... 1757. (Beristáin, I, 306.)

----, Francisco José Fuentes, *Diario sagrado y profano de todo el año..* ¿1757? (Beristáin, I, 532. Es posible que sea el Diario para 1756.)

----, García Vega, *Pronóstico de temporales, según la altura, longitud y meridiano de México...* 1757. (Quintana, p. 81, por la licencia. Medina, 4410, por Beristáin.)

----, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1757. (Quintana, p. 82. Por deducción.)

----, Villaseñor, *Calendario...* 1757. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

----, Zúñiga, *Efemérides...* 1757. (Beristáin, II, 398.)

1757, Fr. Manuel Domínguez de Lavandera, *Pronóstico...* 1758. (Quintana, p. 82. Por la licencia.)

----, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1758. (Quintana, p. 82. Por deducción.)

----, Villaseñor, *Calendario...* 1758. (Quintana, p. 80. Por la licencia.)

----, Zúñiga, *Efemérides...* 1758. (Beristáin, II, 398.)

1758, Domínguez de Lavandera, *Pronóstico de lunaciones y temperamentos...* 1759. (Quintana, p. 82. Por la licencia.)

----, Illarregui, *Calendario...* 1759. (Quintana, p. 81. Por documento de la aduana.)

----, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1759. (Quintana, p. 82. Por Mendizábal.)

----, Villada, *Pronóstico...* 1759. (Quintana, p. 81. Por la licencia.)

----, Zúñiga, *Efemérides...* 1759. (Beristáin; II, 398.)

1759, Domínguez de Lavandera, *Prognóstico de lunaciones y temperamentos...* 1760. (Medina, 4541. Biblioteca Andrade.)

----, Rivilla, *Lunario octavo...* Puebla... 1760. (Medina), Puebla... 661. Biblioteca Andrade.)

----, Zúñiga, *Efemérides...* 1760. (Beristáin, II, 398.)

1760, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1761. (Medina, Puebla... 670. No lo conoció.)

----, Zúñiga, *Ephemeris nona...* 1761. (León, parte IV, p. 399.)

----, Zúñiga, *Kalendario...* 1761. (Lamadrid, 1. Biblioteca Nacional de México.)

KALENDARIO
DISPUESTO
POR DON PHELIPE
DE ZUÑIGA, Y ONTIVEROS,
Philo-Mathematico de esta Corte, y Agrimensor titulado por S. M. (Q. D. G.) de Tierras, Aguas, y Minas de todo el Reyno.
PARA EL AÑO DEL SEÑOR DE 1761.
primero despues de Bisiesto.
BIBLIOTECA NACL DE
En Mexico en la Imprenta del mas Antiguo Colegio de S. Ildefonso, año de 1761.

Figura 6. Calendario para 1761 por Felipe de Zuñiga y Ontiveros.

1761, García Vega, *Prognóstico de temporalas...* 1762. (Quintana, p. 83. Biblioteca Salo Hale.)

----, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1762. (Medina, *Puebla...* 677. No lo conoció.)

----, Zúñiga, *Ephemeris décima...* 1762. (Por deducción de la 13a. citada por Medina, 5028.)

----, Zúñiga, *Kalendario...* 1762. (Lamadrid, 4. BNM.)

1762, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1763. (Medina, *Puebla...* 688.)

----, Zúñiga, *Ephemeris décima primera...* 1763. (Por deducción de la que cita Medina, 5028.)

----, Zúñiga, *Kalendario...* 1763. (Lamadrid, 6. BNM.)

1763, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1764. (Medina, Puebla... 716.)

----, Zúñiga; *Ephemeris décima segunda...* 1764. (Por deducción de la que cita Medina, 5028.)

----, Zúñiga, *Kalendario...* 1764. (Lamadrid, 8. BNM.)

1764, Zúñiga, *Ephemeris décima tercia...*1765. (Medina, 5028. Biblioteca Andrade.)

----, Zúñiga, *Kalendario...* 1765. (Lamadrid, 8. BNM.)

----, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1765. (Medina, *Puebla...* 749.)

1765, Rivilla, *Lunario...*Puebla... 1766. (Medina, *Puebla...* 784.)

----, Zúñiga, *Ephemeris décima cuarta...* 1766. (Por deducción de la que cita Medina, 5194.)

----, Zúñiga, *Kalendario...* 1766. (Lamadrid, 12. BNM.)

1766, Rivilla, *Lunario...* Puebla... 1767. (Medina, Puebla... 818.)

----, Zúñiga, *Ephemeris décima quinta...* 1767. (Medina, 5194. Por un fragmento en las guardas de un libro.)

----, Zúñiga, *Kalendario...* 1767. (Lamadrid, 14. BNM.)

1767, Rivilla, Lunario...Puebla... 1768. (Medina, Puebla... 838.)

----, Zúñiga, *Ephemeris décima sexta*..1768. (Por deducción de la de Médina, 5968.)

----, Zúñiga, *Kalendario*... 1768. (Lamadrid, 16. BNM.)

1768, Zúñiga, *Ephemeris décima séptima*... 1769. (Por deducción de la citada en Medina 5968.)

----, Zúñiga, *Kalendario*... 1769. (Lamadrid, 18. BNM.)

1769, *Kalendarium*... 1770.(Medina, 5331. Biblioteca Andrade).

----, Antonio de León y Gama, *Diario astronómico y suplemento al calendario para el año de*1770. (Quintana, p. 83. Biblioteca Salo Hale. Parece inferirse del título que publicó además del *Calendario.)*

----, Zúñiga, *Ephemeris décima octava*... 1770. (Por deducción. Medina, 5968.)

----, Zúñiga, *Kalendario*... 1770. (Lamadrid. 20. BNM.)

1770, Illarregui, *Pronóstico*... 1771. (Quintana, p. 83. Por la licencia.)

----, León y Gama, *Calendario*... 1771. (Lamadrid, 21. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris décima novena*... 1771. (Por deducción. Medina, 5968.)

----, Zúñiga, *Kalendario*... 1771. (Medina, 5466, aunque no conoció ningún ejemplar.)

1771, Zúñiga, *Ephemeris vigésima*... 1772. (Por deducción. Medina, 5968.)

----, Zúñiga, *Kalendario*...1772. (Lamadrid, 23. BNM.) 1772, Zúñiga, *Ephemeris vigésima primera*... 1773. (Por deducción. Medina, 5968.)

----, Zúñiga, *Kalendario*... 1773. (Lamadrid, 25. BNM.)

1773, Domingo Laso de la Vega, *Astral concento de la tierra, cuya dulzura se percibe en la tierra por la armonía de sus cálculos y pronósticos*... 1774. (Beristáin, II, 164.)

----, Zúñiga, *Ephemeris vigésima segunda*... 1774. (Por deducción. Medina, 5968.)

1774, Laso, *Astral concento*...1775. (Beristáin, II, 164. Dice este autor que publicó su pronóstico en años posteriores.)

----, Zúñiga, *Ephemeris vigésima tercera*... 1775. (Por deducción. Medina, 5968.)

----, Zúñiga, *Kalendario manual*.. 1775. (Lamadrid, 29. BNM.)

1775, Illarregui, *Pronóstico*... (Quintana, p. 83. Por la licencia.)

-----, Zúñiga, *Ephemeris vigésima cuarta*... 1776. (Medina, 5968. Biblioteca Andrade.)

----, Zúñiga, *Kalendario manual*... 1776. (Lamadrid, 31. BNM.)

1776, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico de temporales*... 1777. (Quintana, p. 83. Por deducción del cuadragésimo segundo. No sabemos cuándo cambió el título por el de pronóstico.)

----, Zúñiga, *Kalendario manual*... 1777. (Lamadrid, 33, BNM.)

1777, Zúñiga, Calendario manual.. 1778. (Lamadrid, 34. BNM.)

----, Zúñiga, *Eplemeris o prognóstico*... 1778. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

DESCRIPCION
ORTHOGRAPHICA UNIVERSAL
DEL ECLIPSE DE SOL
DEL DIA 24 DE JUNIO DE 1778,
DEDICADA
AL SEÑOR DON JOAQUIN
VELAZQUEZ DE LEON,
Del Consejo de S. M., su Alcalde de Corte honorario en esta Real Audiencia, y Director general del importante Cuerpo de la Minería de este Reyno de Nueva España,
POR
D. Antonio de León y Gama.

MEXICO

CON LICENCIA EN MEXICO

En la Imprenta nueva Matritense de D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros, calle de la Palma, año de 1778.

Figura 7. Libro de astronomía del abogado e historiador León Gama.

1778, Zúñiga, *Calendario manual*... 1779. (Lamadrid, 35. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1779. Quintana, p. 83. Por deducción.)

1779, Zúñiga, *Calendario manual*.. 1780. (Lamadrid, 36. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1780. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1780, Zúñiga, *Calendario manual*.. 1781. (Lamadrid, 37. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1781. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1781, Zúñiga, Calendario manual.. 1782. (Lamadrid, 38. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1782. (Quintana, p. 84. Por deducción.)

1782, Zúñiga, *Calendario manual*..1783. (Lamadrid, 39. BNM.)

---Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1783. (Quintana, p. 84. Por deducción.)

1783, Zúñiga, *Calendario*... 1784. (Medina, 7531. Biblioteca Medina. Se trata de dos hojas grandes con su semestre cada una, lo que hace suponer que Zúñiga publicaba sus calendarios en dos formas y que la que mejor se conservó fue la manual.)

----, Zúñiga, *Calendario manual*. 1784. (Lamadrid, 40. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1784. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1784, Zúñiga, *Calendario manual*... 1785. (Lamadrid, 41. RNM.)

Zúñiga,. *Ephemeris o prognóstico*... 1785. (Quintana, p. 83.Por deducción.)

1785, Zúñiga, *Calendario manual*... 1786. (Lamadrid, 42. BNM.)

---, Zúñiga, Ephemeris o prognóstico... 1786. (Quintana, p. 83.Por deducción.)

1786, Zúñiga; *Calendario manual*... 1787. (Lamadrid, 43. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1787. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1787, Zúñiga, *Calendario manual*... 1788. (Lamadrid, 45. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1788. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1788, Zúñiga,. *Calendario manual*.. 1789. (Lamadrid, 46. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros*... 1789. (Lamadrid, 47. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*. .1789. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1789, Zúñiga, *Calendario manual*... 1790. (Lamadrid, 48. BNM.)

Zúñiga, Ephemeris o prognóstico... 1790. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

Figura 8. Grabado español reutilizado en el manuscrito de Guevara, 1789.

1790, Ignacio Vargas, *Pronóstico físico-matemático de los temporales del año de* 1791. (Lamadrid, 50. BNM.)

----, Zúñiga,*Calendario manual*... (para Puebla) 1791. (Lamadrid, 49. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1791. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1791, Vargas, *Calendario curioso o efemeris de Nueva España*...1792. (Medina, 8143. Museo Británico.)

----, Zúñiga, *Calendario manual*... 1792. (Medina, 8233. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual*...Puebla... 1792. (Lamadrid, 51. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía deforasteros*... 1792. (Medina, 8234. Biblioteca Medina.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*... 1792. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1792, Zúñiga, *Calendario manual*... 1793, (Lamadrid, 53. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros*... 1793.(Lamadrid, 54. BNM.)

----, Zúñiga, *Ephemeris o prognóstico*...1793. (Quintana, p. 83. Por deducción.)

1793, Zúñiga, *Calendario manual*... 1794. (Lamadrid, 55. BNM.)

----, Mariano de Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros*... 1794. (Lamadrid, 56. BNM.)

----, Zúñiga, *Prognóstico de temporales cuadragésimo segundo*... 1794. (Quintana, p. 83. Biblioteca Sola Hale.)

1794, Vargas, *Calendario curioso o efemeris de Nueva España*...1795. (Medina, 8426. Biblioteca Andrade. Cita Medina a Osores, quien asegura que Vargas publicó su calendario durante más de treinta años, aunque no sabemos cuáles.)

----, Zúñiga, M., *Calendario manual*... 1795. (Lamadrid, 57. BNM.)

----, Zúñiga, M., *Calendario manual y guía de forasteros*... 1795. (Lamadrid, 58. BNM.)

----, Zúñiga, M., *Prognóstico de temporales*...1795. (Quintana, p. 84. Dice que se publicó hasta 1826.)

1795, Zúñiga, M., *Calendario manual*... 1796. (Lamadrid, 59. BNM.)

----, Zúñiga, M., *Calendario manual y guía de forasteros*... 1796. (Lamadrid, 60. BNM.)

----, Zúñiga, M., *Pronóstico*... 1796. (Quintana, p. 84.)

1796, Zúñiga, *Calendario manual*... 1797. (Lamadrid, 61. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros*... 1797. (Lamadrid, 62. BNM.)

----, Zúñiga, *Pronóstico*... 1797. (Quintana, p 84.)

1797, Zúñiga, *Calendario manual*... 1798. (Lamadrid, 63. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros*... 1798. (Lamadrid, 64. BNM.)

----, Zúñiga, *Pronóstico*... 1798. (Quintana, p. 84.)

1798, Zúñiga, *Calendario manual*... 1799. (Lamadrid, 65. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros*... 1799. (Lamadrid, 66. BNM.)

----, Zúñiga, *Prognóstico de temporales*... 1799. (Quintana, p. 84. Biblioteca José Ignacio Durán.)

1799, Zúñiga, *Calendario manual*...1800. (Lamadrid, 67. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros* 1800. (Lamadrid, 68. BNM.)

----, Zúñiga, *Pronóstico*... 1800. (Quintana, p. 84.)

1800, Zúñiga, *Calendario manual*... 1801. (Lamadrid, 69. BNM.)

----, Zúñiga, *Calendario manual y guía de forasteros*... 1801. (Lamadrid, 70. BNM.)

----, Zúñiga, *Pronóstico*... 1801. (Quintana, p. 84.)

Es seguro que una búsqueda más cuidadosa arrojaría muchos más de estos impresos dieciochescos, pero

ése no fue por ahora mi propósito, sino el de alertar sobre materiales que significan la práctica cotidiana de la astronomía. El otro componente de la continuidad es la cátedra de astrología y matemáticas de la Real y Póntificia Universidad. Sigue la lista de catedráticos propietarios y suplentes que me ha proporcionado José Ruiz de Esparza.[8]

He aquí la nómina de propietarios durante el siglo XVIII:

1700, 3 de noviembre. Dr. Luis Gómez Solano.

1704, 26 de abril. Br. Francisco de Alcivia.

1711, 5 de septiembre. Dr. José Juan de Escobar y Morales.

1737, 12 de junio. Dr. Pedro Alarcón.

1752, 9 dejunio. Dr. Antonio Gamboa y Riaño.

1759, 30 de junio. Dr. Juan Gregorio Campos.

1765, 7 de enero. Lic. Joaquín Velázquez de León.

1773,1º de marzo. Dr. José Ambrosio Giral Matienzo.

1778, 5 de octubre. Dr. Vicente Ignacio de la Peña Brizuela.

1785, 20 de octubre. José Francisco Rada.

1795, 27 de agosto-1822. Pedro Narciso Gómez Cortina.

La lista de suplentes sigue:

1699. Dr. Manuel de Alcivia.

1702. Pedro Pérez de Vergara.

1703. Félix Rodríguez de Guzmán.

1704. 1708-1709. Nicolás Clavijo.

1709-1710. Luis José Ruiz.

1720-1721. Joaquín del Castillo.

1731, 1733-1734. Antonio Gamboa.

1732. ¿Samaño?

1735. Joaquín Muñoz Sandín.

1737. Carlos Toral.

1740-1746, 1748, 1751. Francisco Camarena.

1749-1750,1753. Dr. Ignacio José Segura.

1746-1747. Antonio Suástegui.

1751-1752. Juan Gregorio Campos.

1752. José Velasco.

1753-1754. Hilario Regalado.

1755-1756. Juan José de la Peña Brizuela.

1758-1759. José Francisco Sánchez Arvide.

1760-1763. 1774-1776. Juan Vicuña Mendoza.

1761. Juan Venegas.

1762.1764, 1768. Francisco de Zúñiga y Ontiveros.

1764. Vicente Peña.

1766-1768, 1772-1773. José Ignacio Bartolache.

1770. Pedro Almonte.

1771. José Caamaño.

1772. José García Vega.

1777. Manuel Gómez.

1778. Miguel Campos.

1779. José Avila.

1779. Ignacio Jurado.

1781. Vicente Fuentes.

1781. José Francisco Conde.

1782. José Jurado.

1783. Juan José Cienfuegos.

1784. Cristóbal Gutiérrez Hermosillo.

1785. Manuel Tagle.

1786. José Mariano Mociño.

1787-1788. José Gómez.

1788. Antonio Díaz.

1789. José Castillo.

1790. José Revillas.

1791. José Ignacio Solís.

1795. José Afán de Rivera.

1795. Romualdo Maniau.

1796. Juan Nepomuceno Legorreta.

1797. Ignacio Javier Lemos.

1797-1799. José Díaz Ortega.

1798. Joaquín Cortina.

1799. José María Baca.

1799-1800. José Rafael Vera.

1800. Pedro Legorreta.

Bien se ve que no todos los que tuvieron a su cargo la transmisión de los conocimientos astronómicos destacaron gran cosa. Sin embargo, debe tenerse presente que la cátedra se impartía para los estudios de medicina, por lo cual en esta lista predominan los médicos, algunos muy conocidos por su actuación.

2

Los acontecimientos astronómicos. La segunda gran fuente para el estudio de la astronomía dieciochesca mexicana está compuesta por la bibliografía que dejaron nuestros estudiosos y observadores para describir los acontecimientos celestes. De cuantos seguramente existieron, solamente encuentro registrados los siguientes:

1702, Luis Gómez Solano, *Phoenómeno examinad. Discurso del aparecido metheoro, a veinte y seis de febrero de este presente año de* 1702. México, Herederos de la viuda de Bernardo Calderón, 1702.

----, Medina, 2027. Biblioteca Palafoxiana. Ignoro de qué se trataba el fenómeno.

1722, Juan Antonio de Mendoza y González {Noticia de un cometa}, *Gaceta de México,* primero a fin de abril de 1722, núm. 4.

----, Mendoza, *Noticia y explicación del cometa descubierto al oeste de México. México,* 1722.

----, Beristáin, II, 293. ¿Es el mismo que el anterior? 1727,

Juan A. de Mendoza y González, *Spherographía de la obscuración de la Tierra en el eclypse de Sol de 22 de marzo de 1727. Méthodo de observarle y de corregir los reloxes.* México, José Bernardo de Hogal, 1727.

----, Medina, 2941. Biblioteca Andrade.

1728, Pedro Alarcón "Noticia del eclipse de Luna del 8 de agosto de 1729 y exhortación a observarlo", *Gaceta de México,* desde principio a fin de octubre de 1728, núm. 11.

1742, José Antonio Villaseñor y Sánchez, *Observación del cometa que apareció en el hémisferio de México en los meses de febrero y marzo de* 1742. México, 1742.

----, Beristáin, III, 320.

1752, José Mariano Medina, *Destierro de temores y susto vanamente aprehendido en el eclypse casi total*... México, ¿1752?

----, Medina, 4085.

----, Narciso Macorp Hecafet (anagrama), *Carta escrita a una señora título sobre el eclypse futuro del día 13 de mayo de este presente año de 1752. Y sobre la carta impresa que escribió el Br D. Joseph Mariano Medina.* México, Viuda de José Bernardo de Hogal, 1752.

----, Medina, 4085. Biblioteca Medina.

1754, José Mariano Medina,*Juycio de cometas, determinado por los dos que prometen Ubisiton para el año de 1758 y Christiani Wolfi para el presente de 54 por octubre.* Puebla, Viuda de Miguel de Ortega y Bonilla, 1754.

----, Medina, *Imp. en Puebla,* 585.

1755, Miguel Francisco de Illarregui, *Piscator poblano. Explicación de un eclypse de Sol que se verá el día 12 de marzo de este presente año de*1755. México, 1755.

----,Medina, 4252.

1756, José Antonio García de la Vega, *El piscator de Nueva España. Explicación del eclipse de Sol que ha de verse el día 25 de agosto de 1756 y sus efectos.*

----, Medina, 4323.

1761, ¿Felipe de Zúñiga y Ontiveros? *Exposición de la conjunción magna de Saturno y Júpiter que acaba el día 20 de marzo de el año de 1762.*

----, Medina, 4755.

1769. Este año es quizá el más significativo de todo el siglo para la astronomía mexicana por la observación internacional que se hizo del tránsito de Venus por el disco solar. A la Nueva España, particularmente al sur de la península de California, pasó una expedición franco-española que encontró allí al polígrafo Joaquín Velázquez de León, quien también efectuó la observación. En la ciudad de México la realizaron conjuntamente José Ignacio Bartolache y José Antonio de Alzate. La bibliografia principal sobre estas observaciones es la siguiente:

Suplemento a la famosa observación del tránsito de Venus por el disco del Sol.. por D. J. Ignacio Bartolache y D. J. Antonio de Alzate. i h. s. p. i.

El título parece indicar la existencia de otro impreso con la "famosa observación".

Las observaciones de Joaquín Velázquez de León - -excepto su resultado global- permanecieron inéditas mucho tiempo. Ahora son fácilménte asequibles.[9]

Los resultados de los tres astrónomos mexicanos se publicaron pocos años después de la observación en J. Chappe d'Auteroche, *Voyage en Californie pour l'observation du passage de Vénus sur le disque du Soleil, le 3 juin 1769...* Redigé et publié par M. de Cassini, París, Jombert, 1772. Se tradujo al inglés en 1778. En el mismo año de 1769 se publicó la siguiente lámina:

Observación del paso de Mercurio por el disco del Sol ... por D. José Antonio de Alzate, quien la efectuó en las casas de Cabildo de esta ciudad de México el 9 de noviembre de 1769 años. i h. s. p. i.

1770, José Antonio de Alzate, *Eclypse de Luna del doce de diciembre de mil setecientos sesenta y nueve años...* México, José Jáuregui, 1770.[10]

----, Ej. en BNM

----, José Antonio de Alzate, *Inmersiones de los satélites de Júpiter hechas en la ciudad de México el año de 1770 con un telescopio de 7pies 3pulgadas, que hace un efecto mayor que un gregoriano de dos pies.*

----, *ms.* 1 p. B. Academia de las Ciencias de París.

1771, Antonio de León y Gama, *Observación del eclipse del 6 de noviembre de* 1771.

Fue enviado al astrónomo De Lalande, quien la elogió mucho y prometió publicarla. *ms.* 20 pp. Biblioteca Nacional de París. 1775, Joaquín Velázquez de León, *Descripción histórica y topográfica del valle, las lagunas y ciudad de México...*

La primera parte de esta obra, que su autor dejó inconclusa, recoge sus observaciones astronómicas efectuadas con los instrumentos del abate Chappe. Los capítulos 2 a 4 se ocupan de las longitudes y las latitudes de la Nueva España. Existe una edición moderna de estos trabajos.[11]

1778, Antonio de León y Gama, *Descripción orthográfica universal del eclipse de Sol del día 24 de junio de*1778... México, Zúñiga y Ontiveros, 1778. ----, Ej. Biblioteca Nacional de México. Existe una edición facsimilar.[12]

1784, José Antonio de Alzate "Nota sobre observación de las manchas solares y el eclipse del 15 de agosto de 1784", *Gaceta de México,* vol. 1,17 de noviembre de 1784, núm. 23.

1786, Alzate "Observaciones del Sol el día 20 de julio de 1786", *Gaceta de México,* vol. 1, 25 de julio de 1786, núm. 14.

1787, Alzate, Artículo sobre el cometa esperado en 1788, *Gaceta de México,* vol. II, 11 de septiembre de 1787, núm. 42.

1789, Alzate, "Observación astronómica", *Gaceta de México,* vol. III, 10 de marzo de 1789, núm. 27. Inmersiones de los satélites de Júpiter.

----, Alzate, "Observaciones astronómicas ejecutadas por..." Gaceta de México, vol. III, 26 de mayo de 1789, núm. 32.

----, Alzate, "Noticia del meteoro (aurora boreal) observado en esta ciudad en la noche del día 14 del corriente", *Gaceta de Literatura,* vol. 1, 2a. suscripción, 19 de noviembre de 1789, núm. 6 (León y Gama) "Discurso sobre la luz septentrional que se vio en esta ciudad el día 14 de noviembre de 1789 entre 8 y 9 de la noche", *Gaceta de México,* vol. III,1 y 22 de diciembre de 1789, núms. 44-45.

1790, Alzate, "Carta del autor de la *Gaceta de Literatura* al anónimo que imprimió... un discurso sobre la aurora boreal", *Gaceta de Literatura,* vol. I, 8 de marzo de 1790, núm. 13.

-----, José Francisco Dimas Rangel, *Discurso físico sobre la formación de las auroras boreales.* México, José de Jáuregui, 1790. (Hay ejemplares con pie de 1789.)

----, León y Gama, *Disertación física sobre la materia y formación de las auroras boreales...* México, Zúñiga y Ontiveros, 1790.

1791, Alzate (crítica a León y Gama por su obra sobre las auroras boreales), *Gaceta de Literatura,* vol. II, 11 de enero de 1791, núm. 10.

----, Rangel, *Impugnación del sistema de la formación de las auroras boreales de D.Antonio Gama.*----, Beristáin, III, 10. Debe tratarse del artículo siguiente:

----, Rangel, "Carta de D. Francisco Rangel al autor de la *Gaceta de Literatura* que contiene varias reflexiones tocantes al sistema de Don Antonio de León y Gama ... ", *Gaceta de Literatura,* vol. II, 22 de marzo de 1791, núm. 15

1792, Fermín de Reygadas, "Observación astronómica" (eclipse), *Gaceta de México,* vol. V, 3 de abril de 1792, núm. 7.

Estos son los escritos de que tengo noticia se produjeron sobre algún evento astronómico. Sin duda habrá muchos más que la investigación y la suerte pondrán en nuestras manos.

3

Varios. Aparte de los aspectos ya mencionados, se pueden encontrar otros escritos astronómicos o de relación con la astronomía, que es necesario tomar en cuenta. Cito a continuación algunos de ellos.

s.f Cayetano Ochoa Arín y Peralta, *Tabla eclesiástica astronómica que en seis ruedas y un cuadro declaran el Kalendario y lunario en todas las fiestas movibles.* Medina, 9317.

----, Juan Joaquín Sopeña y Laherrán, *Elementos de astronomía.* Beristáin, III, 176.

1751, Diego Rendón de la Guerra., *Arte de conjunción...* Medina, 4057. Ej. *ms*. en BNM.

1756, José Antonio Villaseñor, *Matemático cómputo de los astros.* Beristáin, III, 320.

1757, Ignacio Rafael Coromina, S. J., *Tabla geográfica de las situaciones y distancias del reino de la Nueva España.* Puebla, 1757. Medina, Puebla... 611.

----, Buenaventura Francisco de Osorio, *Astronómica y harmoniosa mano...* México, Biblioteca Mexicana, 1757. Ej. BNM.

1768, Anónimo {escrito contra la astrología}, Diario Literario de México, 8 de abril de 1768, núm 4.

1789, Andrés de Guevara y Basoazábal, S.J., *Pasatiempos de cosmología o entretenimientos familiares acerca de la disposición del universo.* 4 vols. *ms*. publicados recientemente.[13]

1790, Anónimo, *Carta escrita al Br. D. Joseph Antonio de Alzate, que no contestó; se le añaden notas útiles e instructivas y otras advertencias importantes por el autor del Calendario Curioso.* México, Herederos de José de Jáuregui, 1790. Ej. BNM. Se trata de la defensa de un Calendario que no conocemos, contra las impugnaciones que le hizo Alzate. Es un texto de astronomía muy interesante. Tiene aprobación de José Ignacio Bartolache.

Creo que basta de ejemplos. Omito, por consiguiente, la mención de los ejercicios escolares de los cursos de astrología y los numerosos *cursus de physica,* como el de Clavijero, o los *elementa o instituciones,* como los de Gamarra, que mucho material podrán aportar.

4

Consideraciones finales. La simple presentación de esta incompletísima lista debe hacernos cobrar conciencia de la vasta labor que resta por hacer para aproximarse con seriedad al tema de la astronomía dieciochesca novohispana. Falta localizar y estudiar los calendarios, tarea ingrata pero no imposible: existen muchas bibliotecas y repositorios donde encontrar noticias. Es imprescindible revisar el ramo de Universidad del Archivo General de la Nación para localizar la documentación sobre los contenidos de la

cátedra de astrología y sus modificaciones en el tiempo.[14]

Otro aspecto importante tiene muy graves dificultades: nuestra finisecular incuria nos ha dejado sin los instrumentos que se usaron en la época colonial, que mucho nos habrían podido ayudar para adelantar algo en el conocimiento de lo que nos interesa; sin embargo, se pueden rastrear algunas noticias en las fuentes, cuyo cotejo con lo que sabemos de los instrumentos europeos de la época nos dará una mejor visión de lo que fue realmente nuestra astronomía. [15]

TABLA 1. ASTRÓNOMOS O PRACTICANTES DE LA ASTRONOMÍA

TABLA DE ASTRÓNOMOS O PRACTICANTES DE LA ASTRONOMÍA

Nombres y años de vida o florecimiento	*Profesión o antigüedad*	*Cátedra de astrología*	*Otras cátedras*	*Autores de calendarios*	*Autores de trabajos astronómicos*	*Otras de otra índole*	*Instrumentistas*
Luis Gómez Solano fl. 1700	médico	propietario			X	medicina	
Fr. Isidoro Alfonso de Castaneira fl. 1701-1719	franciscano		lector ¿teología?	X		teología	
Miguel Muñentes y Aragón fl. 1702-1719	médico			X			
Juan Martel Núñez de Villavicencio fl. 1707				X			
Juan A. de Mendoza y González fl. 1707-1728	cura secular contador agrimensor		matemáticas	X	X	relojería minería	X
José Escobar Morales fl. 1711, m.1737	médico abogado bachiller en teología	propietario		X		medicina	
Fr. Pedro Alcántara Fernández fl. 1720-1748	franciscano			X		teología	
Pedro Alarcón fl. 1724, m. 1752	médico	propietario		X	X	poesía	
José Antonio de Villaseñor	contador cosmográfo agrimensor			X	X	geografía derecho poesía	
Fr. José Velasco	franciscano			X			
José M. de Medina fl. 1715-1754	¿bachiller?			X	X		
Miguel Francisco de Illarregui fl. 1750-1775	piloto de altura		matemáticas	X	X		
Felipe de Zúñiga y Ontiveros fl. 1752, m. 1794	filomatemático agrimensor impresor			X	X	maquinaria	X
Miguel Espinosa de los Monteros fl. 1753				X			
Juan A. de Revilla Barrientos fl. 1753-1768	cura secular			X			
Cristóbal Antonio Salvatierra fl. 1753-1756	maestro de primeras letras		matemáticas	X	X		
José A. de Villada fl. 1753-1759	contador			X			
José Antonio García Vega fl. 1754-1772	médico	sustituto		X	X		
Fr. Pedro Sugadi fl. 1753	franciscano			X			

TABLA DE ASTRÓNOMOS O PRACTICANTES DE LA ASTRONOMÍA

Nombres y años de vida o florecimiento	*Profesión o actividad*	*Cátedra de astrología*	*otras cátedras*	*Autores de calendarios*	*Autores de trabajos astronómicos*	*Obras de otra índole*	*Instrumentistas*
Francisca Gonzaga Castillo fl. 1756				X			
Francisco José Fuentes fl. 1756				X			
Manuel Domínguez Lavandera fl. 1757-1761	mercedario agrimensor		matemáticas pintura	X			
Domingo Lazo de la Vega fl. 1761-1775	cura secular filomatemático agrimensor			X		derecho	
José Antonio Alzate n. 1737, m. 1799	cura secular				X	periodista polígrafo	X
Joaquín Velázquez de León n. 1732, m. 1786		propietario			X	derecho historia matemáticas poesía minería	
Antonio de León y Gama n. 1735, m. 1802	abogado			X	X	historia medicina	
José I. Bartolache n. 1739, m. 1790	médico	sustituto			X	medicina matemáticas	
José Francisco Dimas Rangel fl. 1787-1789	relojero impresor				X	relojería	X
Ignacio Vargas fl. 1790-1802	abogado			X		teología poesía	
José Mariano Mociño n. 1757, m. 1820	médico botánico	sustituto	botánico			historia natural poesía	
Fermín de Reygadas fl. 1792	minero				X	minería poesía	
Andrés de Guevara y Basoazábal fl. 1789	jesuita				X	filosofía	
Mariano de Zúñiga y Ontiveros fl. 1792-1826	impresor			X			

Fundados motivos tenemos para creer que nuestros astrónomos del siglo XVIII fueron de capacidad y talento equiparables a los del resto del mundo occidental. Demostrarlo es obra de trabajo y paciencia.

NOTAS

1 Ya se tiene una base bibliográfica. Descontando las obras de quienes se ocuparon de aspectos generales, deben mencionarse los trabajos de Rafael Aguilar y Santillán, "Bibliografía meteorológica mexicana, que comprende las publicaciones de meteorología, física del globo y climatología hechas hasta fines de 1889", *Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate*" México, 1890, t. IV: 5-47, y Vicente E. Manero, "Apuntes históricos sobre astronomía y astrónomos", *Boletín de la Sociedad de Geografia y Estadística de la República Mexicana*, México, 3a. época, t. I, 1873: 521-562. Existe, inédita, una bibliografía preparada por Juan B. Iguíniz, *Bibliografía astronómica mexicana*, 1557-1935, mecanuscrito de 158 pp., en la Biblioteca del Instituto de Astronomía. Próximamente el Instituto de Investigaciones Históricas publicará un *Ensayo bibliográfico de la ciencia mexicana* recopilado por Manuel Portillo.

2 José Mariano Beristáin. *Biblioteca hispanoamericana septentrional o catálogo y noticia de los literatos que o nacidos o educados o florecientes en la America septentrional española han dado a luz algún escrito o lo han dexado preparado para la prensa.* 3 v v., México, Oficina de Alejandro Valdés, 1816-1821.

3 Jose Toribio Medina, *La imprenta en México* (1539-182l). 8 v v. Santiago de Chile, Impreso en casa del autor, 1911-1912. Y *La imprenta en la Puebla de los Angeles* (1640-1821), Santiago de Chile, Imprenta Cervantes, 1908. LII-824 pp. Se cita la última en lo que sigue, como: Medina, *Puebla.*

4 Nicolás León, *Bibliografía mexicana del siglo XVIII;* 6 V V., México, Imprenta de Francisco Días de León, 1902-1908.

5 Francisco González de Cossío, *La imprenta en México* (1553-1820). 510 *adiciones a la obra de José Toribio Medina en homenaje al primer centenario de su nacimiento,* Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1952. XVIII-354 pp.

6 Alberto A. Lamadrid Lusarreta, "Guías de forasteros y calendarios mexicanos de los siglos XVIII y XIX, existentes en la Biblioteca Nacional de México", *Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas,* México, julio-diciembre de 1971, núm. 6: 9-135.

7 José Miguel Quintana, *La astrología en la Nueva España en el siglo XVII (de Enrico Martínez a Sigüenza y Góngora*), México, Bibliófilos Mexicanos, 1969. 298 pp.

8 Ruiz de Esparza vio los siguientes volúmenes del ramo Universidad del Archivo General de la Nación: 20, 70, 71, 89, 90, 91, 92, 116, 117, l19-122, 190-292. Para este trabajo se omiten las otras universidades coloniales y los colegios que, como el de Todos Santos, tuvieron algún tiempo seminarios de matemáticas y astronomía.

9 Roberto Moreno, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México*, 1773-1775, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, México, 1977.410 pp.ils, (Serie de Historia Novohispana, 25.)

Un trabajo dedicado expresamente a la visita de Velázquez a California: Iris Wilson Engstrand, *Royal officer, in Baja Californie* 1768-1770, *Joaquín Velázquez de León,* Dawson's Book Shop, Los Angeles, 1976.134 pp. ils, (Baja California Travels Series, 37.)

El mejor estudio sobre el tema del paso de Venus es muy reciente: Doyce B. Nunis Jr., *The 1769 Transit of Venus. The Baja California observations of Jean Baptiste Chappe d'Auteroche, Vicente de Doz, and Joaquín Velázquez Cárdenas de León, Natural History Museum of Los Angeles County. Los Angeles,* 1982.186pp. (Baja California Travels Series, 46.)

10 Está en preparación una edición facsimilar de este trabajo, con estudios introductores de Marco A. Moreno y Roberto Moreno.

11 Ver Moreno. op. cit., pp 181-356.

12 Elías Trabulse, Antonio de León y Gama, astrónomo novohispano", Humanidades, Anuario, Universidad Iberoamericana, 1975, vol, III, pp. 199-260.

13 Guevara, *Pasatiempos de cosmología* {ed. facsimilar}, Gobierno del Estado de Guanajuato y Universidad de Guanajuato, 1982. También la ed. paleográfica preparada y anotada por José Ignacio Palencia, *id. id. id.*

14 Véase, por ejemplo, la cédula real que ordenaba que en la cátedra se leían precisamente las matemáticas en John Tate Lanning, *Reales cédulas de la Real y Pontificia Universidad de México de 1551 a 1816,* Imprenta Universitaria, México, 1946. XXII-376 pp. il. 254-256.

15 Por ejemplo, el estudio citado anteriormente de Marco A. Moreno.

VI. SONDEO HISTORIOGRÁFICO SOBRE LA ASTRONOMÍA EN BAJA CALIFORNIA

DAVID PIÑERA

EL PRESENTE trabajo constituye una exploración inicial —no exhaustiva— del tema, por lo que se limita a comentar algunos textos, especialmente de cronistas e historiadores, que al ocuparse de Baja California han hecho referencia a aspectos astronómicos.

Miguel Venegas en su obra *Noticia de la California*, escrita en 1793, al referirse a los indígenas guaycuras que habitaban la región de Loreto, en el sur de la península, manifiesta textualmente que creían que "el sol, la luna y los luceros eran hombres y mujeres: que todas las noches caían al Mar de Poniente y se veían precisados a salir a nado por el oriente".[1] Explica asimismo que "las otras estrellas eran lumbradas" que hacia en el cielo el Espíritu Visitador de Guyiangui, enviado por Gumongo, Espíritu Principal. Agrega que aunque esas lumbradas "se apagaban con el agua del mar; después las volvía a encender [Guyiangui] por el Oriente".[2] Informa también que los indígenas de la isla de la Trinidad tenían una especie de Decálogo, en el que figuraba como sexto mandamiento "que no mirasen a las Cabrillas del Cielo, porque el mirarlas acarreaba muchas desdichas e infelicidades".[3]

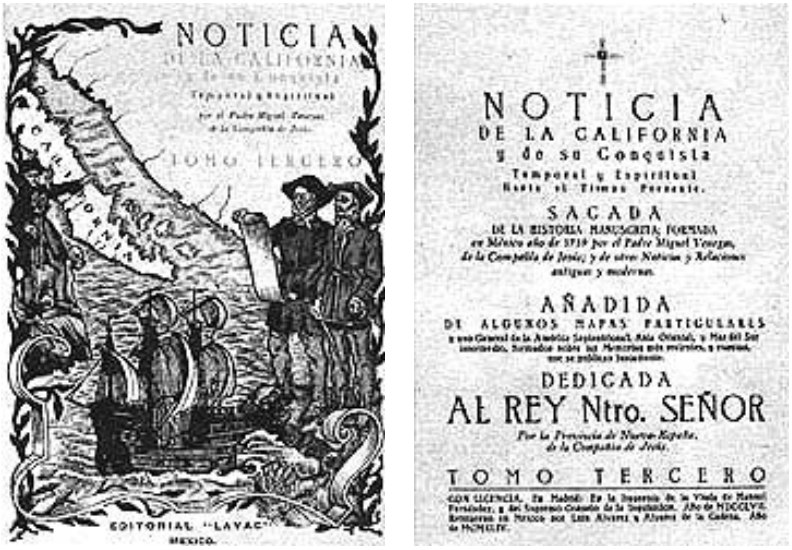


Figura 1. Portada y primera página de una reimpresión de la obra de Miguel Venegas sobre California.

En la *Historia natural y crónica de la antigua California,* concluida por Miguel del Barco hacia 1780,[4] encontramos que los indígenas cochimíes, del norte de la península, empleaban la palabra *meyibó* para nombrar el año entero. El mismo vocablo utilizaban para referirse a una de las seis partes en que dividían el año. *Meyibó* era la temporada de pitahayas y por lo tanto la más alegre y apreciable. La segunda era *amadá-appí*, temporada de tunas y pitahayas agridulces; la tercera, *amadá-appí-gallá;* la cuarta *meyihel* de frío intenso; la quinta, *meyibén* y la sexta, *meyibén-maayí*, que era la de hambre y escasez.[5]

El doctor William More Gabb en su vocabulario publicado en 1877,[6] incluye las siguientes palabras empleadas por los cochimíes, para referirse a cuerpos celestes y otros fenómenos meteorológicos: *ibó:* Sol; *kaglimbák:* Luna; *amigí:* estrella; *meyibó:* día; *canallí:* noche; *goilamibil:* mañana; *masibén:* primavera; *mesbó:* verano.

Para finalizar nuestras referencias a los indígenas, mencionemos los "Textos para la etnohistoria en la frontera dominicana de Baja California", elaborados por Mauricio Mixco.[7] Tales textos son producto de la investigación realizada recientemente por el autor en la comunidad paipai de Santa Catarina, ubicada junto a la Sierra de Juárez y al norte de donde se fundó la Misión de San Pedro Mártir. En la traducción libre de uno de los textos encontramos esta idea cosmogónica paipai: "1. Metipá creó esta tierra... 7. Las estrellas, el Sol, esta luna, todo lo creó. " [8]

Ahora ubiquémonos en el siglo XVII, en el que tanto la Corona española como particulares organizaron una serie de expediciones con el propósito de establecerse en la lejana California. Casi todos esos esfuerzos resultaron inútiles. Inclusive se tenía una idea muy imprecisa de California, pues había unos que opinaban que era península, mientras otros afirmaban que era isla. Justamente cuando se debatían tales cuestiones, arriba a Nueva España el jesuita Eusebio Francisco Kino, quien llegó de Europa en 1681, con una amplia formación en cosmografía [9]. Obviamente le interesó la cuestión de la peninsularidad o insularidad de la California, de tal manera que en su diario leemos al respecto lo siguiente:

En la insigne Universidad de Ingolstad de Baviera imprimió en mi tiempo un muy curioso mapa universal de todo el mundo terráqueo mi Padre maestro de matemáticas, el P. Adamo Aigenler. [...] Este mapa, que lo truxe conmigo a las Indias, [...] pone muy bien la California, no isla, sino penisla [...] En esta creencia que la California era penisla y no isla, vine a estas Indias occidentales. Y assí que llegué a México por el P. provincial Bernardo Pardo fui señalado por missionero y cosmógrafo y rector de la California y procurando salir de las dudas que havia en las materias, mudé de parecer [...] porque otros muchos mapas y los más principales cosmógrafos modernos de Alemania, Flandes. Italia, Francia, etc., decían [...] que la California era isla [...],porque las muchas corrientes de norte a sur que experimenté en las navegaciones que hize en el brazo de California eran tan continuadas y a veces tan vehementes que parecía se comunicaba esta mar con la del norte; y me incliné a que la California era isla, y por tal la dibujé en algunos de mis mapas. Peero ahora, ya gracias a su Divina majestad, con varias y en particular con tres entradas de 150, de 170 y de 200 leguas que de aquí de Nuestra Señora de los Dolores en la actual Sonora al nortueste he hecho, he descubierto con toda individualidad, certidumbre y evidencia, con la abuja de marear y astrolabio en la mano, que la California no es isla sino penisla o istmo y que en 32 grados de altura ay passo por tierra a dicha California [...]

Adviértase cómo la cosmografía o astronomía descriptiva hizo así una importante contribución para llegar a tener un conocimiento preciso de la posición de California en el globo terráqueo y de su verdadera conformación geográfica. Adviértase asimismo cómo para ello se hizo uso de la "abuja de marear o brújula, indispensable en la navegación astronómica de la época; se empleó también el astrolabio, antiguo instrumento en el que estaba representada la esfera del firmamento y que se utilizaba para observar las alturas, situación y movimientos de los astros.

Figura 2. Mapa antiguo de la Nueva España donde se representa a California como isla.

En el mismo diario de Kino encontramos este otro interesante fragmento:

Saliendo de San Dionisio y junta de los ríos Colorado y Grande, a las 50 leguas de camino al sudueste, llegamos a la nación quíquima y cutgana y hasta al desemboque de los referidos ríos [...] En 3 {de marzo de 1702}, a mediodía, pessamos el sol con el astrolabio, y hallé 52 grados de altura de sol; que, añadiéndole los seis y medio de declinación austral que esse día tenía, eran 58 grados y medio; y el cumplimiento de 90 grados son 31 grados y medio y esta era la altura de polo o latitud geográfica en que nos hallávamos. [...]

Vemos aquí cómo tomando en cuenta la posición del Sol determinaron la distancia a que se encontraban del ecuador, estableciendo así la latitud de la desembocadura del río Colorado, en la parte norte de California. Aquí observamos de nuevo la aplicación de los conocimientos astronómicos de la época y el empleo del astrolabio, antecesor del sextante.

Refirámonos ahora a otro asunto en el que Kino no fue tan afortunado como en la cuestión de la peninsularidad de California. Nos referimos a la polémica que tuvo con don Carlos de Sigüenza y Góngora sobre si los cometas podían tener o no efectos perniciosos para los hombres. Esta polémica se dio en la ciudad de México y podría pensarse que no tuvo ninguna relación con California, pero creemos que hay base para pensar que sí la hubo, según veremos enseguida. Como se sabe, Kino logró interesar a doña María Guadalupe Lancaster, duquesa de Aveiro, en la empresa de las misiones de California, de tal manera que ella aportó considerables fondos económicos para ese fin.[10] Kino entró en contacto con ella estando en Europa. Ya próximo a embarcarse para la Nueva España le ennvió algunas cartas en las que, entre otros asuntos, hace referencia a un cometa que en todo el mundo se vio a fines de 1680 y principios de 1681, meses en que están fechadas tales cartas.

En una de ellas Kino escribe a la duquesa que el cometa:

Significa y amenaza muchas fatalidades [...] muchas calamidades para la Europa, particularmente para tres o quatro reinos significa muchas esterilidades, hambre, tempestades, algunos temblores de la tierra, grandes alteraciones de los cuerpos humanos, discordias, guerras, muchas enfermedades, calenturas, peste, muertes de muchíssima gente y particularmente de algunas personas muy principales. Dios nuestro Señor nos mire con ojos de piedad.[11]

En otra carta, como la anterior enviada de Cádiz y en el mismo mes de enero de 1681, Kino reitera a la duquesa su opinión de que el cometa es presagio "de considerables daños, de múltiples y funestos sucesos, de improductividad de la tierra", etcétera.[12]

Al llegar a la ciudad de México, a mediados de ese año de 1681, se entera de que el también religioso Carlos de Sigüenza y Góngora hacía algunos meses había publicado un folleto que intituló: *Manifiesto filosófico contra los cometas despojados del imperio que tenían sobre los tímidos* ,[13] en el que afirmó que carecían de fundamentos los efectos perniciosos que se atribuían a los cometas. Kino se sintió obligado a refutar esto publicando rápidamente un trabajo que intituló: *Exposición astronómica de el cometa, que el año de 1680 por los meses de Noviembre y Diziembre, y este año de 1681 por los meses de Enero y Febrero, se ha visto en todo el mundo.*[14] En tal *Exposición* fundamentalmente sostuvo el mismo criterio que manifestó a la duquesa en las cartas antes mencionadas, con la circunstancia de que tuvo expresiones poco consideradas hacia Sigüenza y Góngora. Éste, dolido en su amor propio de intelectual criollo, reacciona frente al europeo y elabora su célebre *Libra astronómica y filosófica*,[15] que es una amplia y razonada réplica a los argumentos de Kino. La opinión general es que de la polémica salió airoso Sigüenza y Góngora.

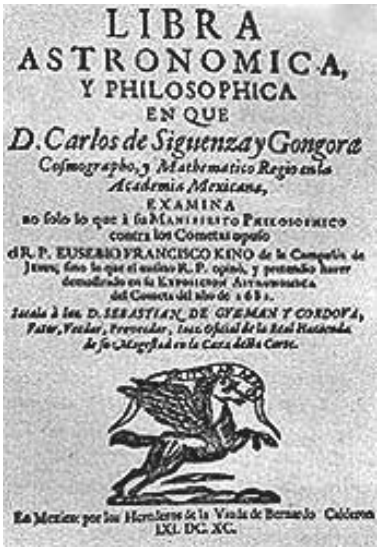

LIBRA
ASTRONOMICA,
Y PHILOSOPHICA
EN QUE
D. Carlos de Siguenza y Gongora
Cosmographo, y Mathematico Regio en la
Academia Mexicana,
EXAMINA
no solo lo que à su MANIFIESTO PHILOSOPHICO
contra los Cometas opuso
el R. P. EUSEBIO FRANCISCO KINO de la Compañia de
Jesus; sino lo que el mismo R. P. opinò, y pretendio haver
demostrado en su EXPOSICION ASTRONOMICA
del Cometa del año de 1681.
Sacala à luz D. SEBASTIAN DE GUZMAN Y CORDOVA,
Pastor, Vecdor, Proveedor, Juez Oficial de la Real Hacienda
de su Magestad en la Casa desta Corte.
En Mexico: por los Herederos de la Viuda de Bernardo Calderon
LXI. DC. XC.

Figura 3. Portada de la obra de Sigüenza y Góngora donde rebate los puntos de vista que sobre el cometa de 1681 había expresado Eugenio Kino.

Al respecto, José Gaos ha dicho (pp. XI-XII de la Presentación) que la *Libra...* representa, en la historia de las ideas en México,la transición de la Edad Media a la Edad Moderna; [16].el paso de la concepción "astrológica" de los cometas a la moderna concepción "astronómica" de ellos[17]. Cabe agregar que en su tiempo la polémica tuvo resonancia más allá de los límites de la Nueva España, por lo que suponemos que esto preocupó a Kino, ante el temor de que el caso pudiera dañar el concepto que de él y de sus conocimientos astronómicos tenía la duquesa de Aveiro. Sobre todo lo que podía afectar en la disposición de ésta a patrocinar la causa de las misiones de California, que tanto significaban en el corazón de Kino. Creemos que hay indicios de que tuvo tal preocupación. Por ejemplo, camino a California, en junio de 1682, escribe a la duquesa diciéndole que le remitió cien ejemplares de su referida *Exposición astronómica de el cometa*[18] Al año siguiente - -en el que estuvo tanto en California como en Sinaloa- le escribe otra carta en la que menciona también al cometa, manifestando textualmente que "por acá no hemos dexado de ver y experimentar muchos effectos suyos".[19] En fin, apuntamos este esbozo de hipótesis con el ánimo de ver si los especialistas —que conocen bien de la materia— estiman pertinente ahondar en el asunto.

Ahora nos ocuparemos de un acontecimiento que atrajo sobre Baja California la atención de la comunidad científica europea. Me refiero a la observación del tránsito de Venus por el disco solar, realizado en el extremo sur de la península, el 3 de junio de 1769, por la expedición franco-española que encabezó el abate Chappe d'Auteroche.*

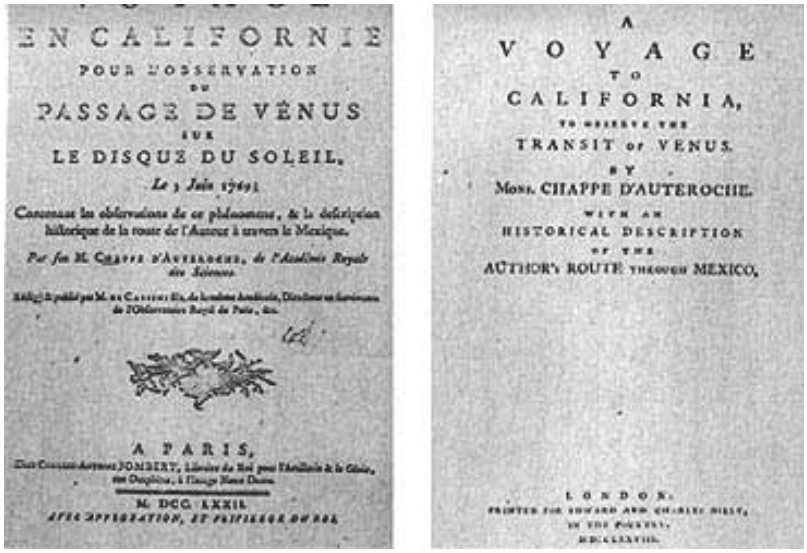
La periodicidad del fenómeno es muy peculiar, pues hay un largo intervalo de más de cien años, seguido de uno corto de ocho y luego otro de más de un siglo. Así vemos que ha habido tránsitos de Venus por el disco solar en 1631 y 1639, 1761 y 1769, 1874 y 1882, y los próximos serán en 2004 y 2012.[20] Por ello se entiende que el fenómeno era largamente esperado por los astrónomos y su llegada causaba gran expectación. Cabe agregar que en el siglo XVIII - —en el que hay que ubicarnos—. se dio la circunstancia de que las observaciones que se realizaron en el tránsito de 1761 no fueron satisfactorias por razones que yo no alcanzo a comprender, de tal manera que el tránsito que se repetiría en 1769 era la última oportunidad de observar el fenómeno que tenía la generación de astrónomos de ese entonces, pues para que se diera de nuevo tendrían que transcurir más de cien años.

Así las cosas, al aproximarse el tránsito de 1769, la Sociedad Real de Londres solicitó autorización al rey Carlos III de España para enviar un astrónomo inglés que lo observara en la Nueva España, que por su ubicación geográfica se consideraba idónea para ello. Debido a la situación internacional de la época y por cuestiones de tipo político y militar, la autorización fue negada.[21]

Por otra parte, el gobierno de España invitó a la Real Academia de Ciencias de Francia a que enviara para el fin de referencia a un astrónomo francés, que integraría una expedición junto con elementos españoles. La Real Academia designó al distinguido astrónomo abate Chappe d'Auteroche, quien contaba con la experiencia de haber participado en la observación de 1761, para la cual había hecho un largo y penoso recorrido, de París hasta Siberia.[22]

Con suficiente anticipación, Chappe se hizo a la mar para cumplir su nueva misión científica, de la cual tenemos información por el relato que al respecto escribió y que posteriormente se publicara bajo el título deV*iaje a California para la observación del paso de Venus por el disco del Sol el 3 de junio de* 1769.

A propósito hay que mencionar que sólo existen la edición que se hizo en francés en 1772 [23] y la traducción al inglés de 1778 [24], reeditada en 1973. Al no haber traducción al español, debemos subsanar esta grave omisión dado que se refiere expresamente a Baja California.


EN CALIFORNIE
POUR L'OBSERVATION
DU
PASSAGE DE VÉNUS
SUR
LE DISQUE DU SOLEIL,
Le 3 Juin 1769.
A PARIS,
M. DCC. LXXXII.

A
VOYAGE
TO
CALIFORNIA,
TO OBSERVE THE
TRANSIT OF VENUS.
BY
MONS. CHAPPE D'AUTEROCHE.
WITH AN
HISTORICAL DESCRIPTION
OF THE
AUTHOR'S ROUTE THROUGH MEXICO.
LONDON.

Figura 4. Portada de la obra publicada por Cassini con los datos consignados por el abate Chappe sobre su viaje a California. Debido a que la Corona española guardaba celosamente todo lo relativo a sus colonias, esta obra resultó una buena fuente de información sobre la Nueva España y en particular sobre la California. Tan sólo seis años despues de haber aparecido la obra original en francés, fue traducida al inglés.

Acompañaron a Chappe en la expedición Jean Pauly, ingeniero y geógrafo del rey de Francia; Mexander Jean Noel, dibujante; Dubois, experto en la compostura de aparatos astronómicos, y un sirviente de Chappe. Los comisionados españoles fueron los astrónomos Vicente de Doz y Salvador de Medina, quienes además deberían vigilar a los franceses, pues la Corona española siempre evitó celosamente que los extranjeros penetraran a sus dominios americanos, de tal manera que ésa era la primera autorización que daba para que entrara una expedición científica extranjera.[25]

El texto de Chappe relata con mucha vivacidad una serie de peripecias que les ocurrieron en el largo trayecto —de casi cinco meses—: que tuvieron que hacer para llegar a su destino. Se embarcaron en Cádiz el 21 de diciembre de 1768 y tras una azarosa navegación llegaron a Veracruz. El recorrido por tierra, de ahí hasta el puerto de San Blas, en el Océano Pacífico, abundó en incomodidades y contratiempos, así como la navegación hacia la punta de la península de California, adonde por fin arribaron el 19 de mayo de 1769.[26] A pesar de todo, llegaban oportunamente para cumplir su cometido. Por ello Chappe expresa textualmente: "Sentí un torrente de gozo y satisfacción, imposible de expresar[...]".[27]

Pero pronto se enteraron de que en San José del Cabo había una maligna epidemia, que causó la muerte a

más de tres cuartas partes de la población, por lo que fueron advertidos de que deberían alejarse. Chappe se opuso a ello en virtud de que el cambio de sitio podría afectar los resultados de la observación y permaneció en el lugar; en donde el 3 de junio observó el fenómeno con todo éxito. Esto le costó la vida, pues a consecuencia de los vómitos y fiebres de la epidemia murió, a la edad de 47 años, siendo sepultados sus restos en suelo surcaliforniano. También fallecieron en la expedición el astrónomo español Medina y el técnico francés Dubois. Estos sucesos —tan representativos de la actitud ante la ciencia de los hombres del Siglo de las Luces— han despertado el interés de varios autores, de manera que hay una nutrida bibliografía, misma que nos concretamos a mencionar en la respectiva nota de pie de página.[28] Aquí solamente nos referimos a un documento muy poco conocido, pues hasta donde sabemos, no lo cita ninguno de los autores que se han ocupado del tema. Se trata de la historia del viaje, escrita por Pauly, el ingeniero y geógrafo, que fue uno de los supervivientes de la expedición. Su interés estriba en que complementa en algunos aspectos el texto de Chappe y además informa de lo acontecido después de la muerte de éste. Por ejemplo, explica cómo Pauly reunió todos los documentos de la observación astronómica y después de un largo viaje los entregó a la Real Academia de Ciencias de Francia. En premio a su celo fue recibido por el rey Luis XV, quien le otorgó una pensión en reconocimiento a sus servicios. Una traducción al inglés del documento, manuscrita, está en la Biblioteca de Berkeley, California, de donde obtuvimos copia, que cualquier interesado puede consultar,en el Archivo de Microfilm de nuestro Centro de Investigaciones Históricas.[29]

Nos referiremos ahora a otro interesante personaje que está vinculado a la expedición científica que venimos mencionando: el ilustrado criollo don Joaquín Velázquez de León, de quien se han ocupado en diversos trabajos Roberto Moreno de los Arcos e Iris Engstrand.

Figura 5. Portada del libro que sobre la vida científica de Don Joaquín Velázquez de León ha publicado el profesor Moreno de Arcos.

Velázquez de León circunstancialmente se encontraba en el sur de Baja California cuando llegó la expedición francoespañola. Tenía allá aproximadamente un año, cumpliendo la comisión que recibiera en la ciudad de México, su lugar de residencia, de parte del visitador don José de Gálvez, para la búsqueda de minas y perfeccionamiento de su explotación[30].

En virtud de que cultivaba también la astronomía y las matemáticas se puso en contacto con Chappe, ofreciéndole su colaboración para los efectos de observar el tránsito de Venus. Acordaron que, para mayor seguridad, Chappe y demás miembros de la comitiva harían la observación en San José del Cabo, mientras que Velázquez de León lo haría en el Real de Santa Ana, situado un poco hacia el norte, pues en esa forma tendrían dos sitios de observación.

Aunque Velázquez de León tenía a la mano instrumentos muy limitados, realizó la observación con éxito, de tal manera que cuando comunicó sus resultados a Chappe, éste —según consigna Humboldt en su *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*— "quedó sorprendido de la armonía que había entre la observación de Velázquez y la suya. Sin duda extrañó el encontrar en California a un mexicano que sin pertenecer a ninguna academia, ni haber salido jamás de Nueva España, hacía tanto como los académicos".[31]

Tales resultados pueden consultarse, en su versión latina, en el capítulo que Moreno de los Arcos dedica a la estancia de este personaje en la Baja California, en su obra *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México, 1773-1775*.[32]También merecieron ser publicados en la edición francesa del viaje de Chappe.[33]

Cabe preguntarnos: ¿cuál fue el fruto que en el fondo se tuvo con estas observaciones? Iris Engstrand, en su obra *Royal Officer in Baja California, 1768-1770, Joaquín Velázquez de León*, nos informa que, una vez que se cotejaron en Europa estos resultados con los de otros astrónomos que también observaron el fenómeno, se llegó a determinar en 93 726 900 millas inglesas la distancia media que hay entre el Sol y la Tierra.[34] Al respecto comenta Engstrand que tal cálculo, realizado en el siglo XVIII, difiere muy poco de lo que sobre el particular tienen como válido los astrónomos actuales.[35]

Hay otro aspecto importante de la labor científica de Velázquez de León en Baja California, y que Moreno de los Arcos menciona en su trabajo "Ilustración y colonización civil" que pronto publicaremos en la obra *Panorama histórico de Baja California*, conmemorativa del XXV Aniversario de la Universidad Autónoma de Baja California.* Desde que llegó a la península, Velázquez de León se dedicó a hacer observaciones sobre la altura del Sol y las estrellas y de ello dibujó la verdadera longitud y latitud de Santa Ana —sitio en el que residía—. Advirtió así que en cuanto a Baja California estaban equivocados los mapas europeos más célebres, "con lo que cayó en cuenta" —nos dice Moreno de los Arcos— "que estaba parado más o menos a ochenta leguas de donde creía que estaba".[36] De esto derivó que el error abarcaba también la localización de toda la Nueva España, cosa que pudo corroborar cuando posteriormente regresó a la ciudad de México.

Pasando ya al siglo XIX encontramos que en el *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España*, que Alexander von Humboldt publicó en 1808, hay un entusiasta elogio para las excelencias de Baja California como asiento para las observaciones astronómicas. Pondera la serenidad de su cielo, libre de nubosidades, agregando que, por lo tanto, un astrónomo no puede hallar una morada más propicia que esta tierra.[37] Como vemos, parece que Humboldt vislumbró que aquí se establecería el observatorio astronómico más importante sostenido íntegramente por un país de habla hispana.

NOTAS

1 Miguel Venegas, Noticia de la California y de su conquista temporal y espiritual, Editorial Layac, México, 1943, pp. 90-91.

2 Ibid., pp. 90-91

3 Ibid., pp. 99-100.

4 Miguel del Barco, *Historia natural y crónica de la antigua California*, edición y estudio preliminar de Miguel León-Portilla, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, 1973.

5 Ibid., p. 186.

6 William More Gabb, "Vocabulary of the Kutcham, H'taan, Kiliwi and Cochimi", en A. S. Gatschet. *Yuma Sprachstamm in Zeitschrift für Ethnologie*,Berlín, 1877, pp. 390-407.

7 Mauricio Mixco, "Textos para la etnohistoria en la frontera dominicana de Baja California", Tlalocan, revista del Instituto de Investigaciones Históricas y del Instituto de Investigaciones Antropológicas, vol. VII, 1977, pp. 205-226.

8 Ibid., p.209.

9 *Cfr*. Ernest J. Burrus, *Kino escribe a la duquesa*, Madrid, Colección Chimalistac. Ediciones José Porrúa Turanzas, 1964. pp. 2-3.

10 Amplia información sobre el apoyo de la duquesa de Aveiro a las misiones californianas se encuentra en *Kino escribe a la duquesa.*

11 Ernest J. Burrus, op. cit., p. 41.

12 Ibid. p. 147.

13 Carlos de Sigüenza y Góngora,*Manifiesto filosófico contra los cometas despojados del imperio que tenían sobre los tímidos*, pp. 10-17 *de la Libra astronómica*, edición de la UNAM.

14 Ejemplares de este trabajo pueden ser consultados en la Biblioteca Nacional de México y en la Huntington Library de San Marino, California, EUA.

15 Carlos de Sigüenza y Góngora, *Libra astronómica y filosófica*, edición de Bernabé Navarro y presentación de José Caos, Centro de Estudios Filosóficos, UNAM, México, 1959.

16 Ibid., p. XI de la Presentación

17 Ibid., p. XII.

18 Ernest J. Burrus, *op. cit.* pp. 178-181.

19 *Ibid.*, p.216.

* Para una explicación de este fenómeno y su utilización en la determinación de la distancia Sol-Tierra, véase el trabajo de M. A. Moreno más adelante. (ponencia, VII)

20 Cornelia S, Smith, *La saga del abate francés Juan Chaope d'Auteroche*, La Paz, Baja California Sur, Gobierno del Territorio de Baja California Sur, 1974, p. 5.

21 Iris Wilson Engstrand, Royal Officer in Baja California, 1768-1770 *Joaquín Velázquez de León*, Dawson's Book Shop, Los Angeles, 1976, p, 69.

22 Cornelia S. Smith, *op. cit*, p. 5.

23 Jean Baptiste Chappe d'Auleroche, *Voyage en Californie pour l'Observation du Passage de Vénus sur le Disque du Soleil, le 3 Juin 1769*, reeditada y publicada por M. de Cassini e hijos, París: Chez Charles-Antoine Jombert, 1772.

24 Jean Baptiste Chappe d'Auteroche, *A Voyage to California to Observe the Transit of Venus...with an Historical Description of the Author's Route through Mexico*, reimpresión de 1778, edición en inglés:

Richmond, Surry, Richmond Publishing Co., 1973.

25 Roberto Moreno de los Arcos, "Velázquez de León y Baja California", conferencia dictada en Tijuana, Baja California, el 15 de julio de 1980, organizada por el Centro de Investigaciones Históricas, UNAM-UABC.

26 Jean Baptiste Chappe d'Auleroche, *A Voyage to California to Observe the Transit of Venus,* p. 59.

27 *Ibid.* p.62.

28 Es una bibliografía muy amplia, por lo que sólo mencionaremos las obras y trabajos que consideramos de más fácil acceso: Angus Armitage, Chappe d'Auteroche. A Pathfinder for Astronomy", *Annals of Science, X* (diciembre, 1954), 277-293; Francisco de las Barras y de Aragón, "Paso de Venus por el disco del Sol", *Anales de la Univesidad Hispalense, X,* núm. 11 (1949), 25-53; James Ferguson, "The Transit of Venus", *Philosophical Transactions of the Royal Society,* LIII (Londres, 1764), 30; Roberto Moreno de los Arcos, Los instrumentos cientificos del abate Chappe d'Auteroche", *Anales de la Sociedad Mexicana de la Ciencia y Tecnología,* México, vol. 4, 1974.

29 *Cfr. Relación de materiales del Archivo de Microfilm,* Tijuana, Baja California, Centro de Investigaciones Históricas, UNAM-UABC, 1979, p. 43 (entrada 359, rollo 34).

30 Roberto Moreno de los Arcos, *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México 1773-1775,* UNAM, México, 1977, p. 69.

31 Alexander von Humboldt, *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España,* estudio, preliminar, revisión del texto, cotejos, notas y anexos de Juan A. Ortega y Medina, Porrúa, México, 1966, p. 82.

32 Es el capítulo 3, "El Viaje a la Baja California, 1768-l770" pp. 51-62.

33 Véase nota 23.

34 Iris Wilson Engstrand, op. cit, p. 92.

35 *Ibid.*

* Ya publicada.

36 Página 10 del manuscrito.

37 Alexander von Humboldt, op. cit. p. 82.

Indice

VII. VIAJE DE LA COMISIÓN MEXICANA A JAPÓN PARA LA OBSERVACIÓN DEL TRÁNSITO DE VENUS DE 1874

M. A. MORENO C.

ANTECEDENTES

DESDE QUE Copérnico (1473-1543) presentó su revolucionario trabajo acerca de nuestro Sistema Solar, las distancias relativas entre los diferentes constituyentes de éste entonces conocidos estaban expresadas en términos de la distancia entre el Sol y la Tierra. Sin embargo, esta distancia absoluta (en leguas, kilómetros o cualquier otra unidad de medida) no era conocida no siendo posible obtenerla sólo a partir de cálculos teóricos por lo que se hizo necesario determinarla mediante algún método de observación.

En 1716, Halley (1656-1742), renombrado astrónomo inglés, propuso un método relativamente simple para determinar indirectamente la distancia absoluta entre el Sol y nuestro planeta. El método desarrollado para aplicarse durante las observaciones que se realizarían de los tránsitos de Venus por el disco solar en los años de 1761 y 1769 proponía llevar a cabo mediciones muy exactas, por al menos dos astrónomos localizados en diferentes partes de la Tierra, del tiempo que Venus tardaría en cruzar frente al disco solar en su viaje de Oeste a Este.

Por estar ubicados en lugares diferentes de nuestro planeta, los observadores del tránsito verían que Venus cruzaba el brillante disco solar a lo largo de trayectorias ligeramente distintas, por lo que el tiempo medido por cada uno de ellos sería algo diferente del medido por otro observador localizado en algún otro sitio de la Tierra. La relación entre esas diferencias de tiempo y las posiciones exactas de los lugares de observación permitiría conocer la llamada paralaje solar, cantidad angular muy pequeña que se define como el ángulo bajo el que un observador hipotético, situado en el centro del Sol, vería el semidiámetro (radio) de la Tierra. Conocida la paralaje solar y mediante el uso de relaciones trigonométricas simples, se puede encontrar el valor absoluto de la distancia Sol-Tierra.

La ocurrencia de los tránsitos de Venus por el disco solar sucede de acuerdo a un patrón temporal muy peculiar: dos tránsitos consecutivos ocurren separados por casi exactamente ocho años, y ambos ocurrirán en junio o en diciembre. Después de haber sucedido éstos, pasará más de un siglo antes de que vuelva a realizarse otro de estos pasajes. A continuación se dan las fechas en que han ocurrido los últimos cuatro pasos de Venus: 6 de junio de 1761, 3 de junio de 1769, 9 de diciembre de 1874 y 6 de diciembre de 1882. Los próximos cuatro ocurrirán el 8 de junio de 2004, el 6 de junio de 2012, el 11 de diciembre de 2117 y el 8 de diciembre de 2175.

Venus es uno de los llamados planetas interiores porque la órbita que describe alrededor del Sol tiene un radio menor a la que la Tierra cubre en su recorrido anual alrededor de la misma estrella. Por esta razón, desde nuestro planeta pueden verse las llamadas conjunciones de Venus, esto es, observamos a este planeta en la misma dirección que al Sol. La conjunción se conoce como superior cuando Venus se encuentra en la parte opuesta de su órbita respecto de nosotros, o sea, más allá del Sol, y será inferior cuando esté entre el Sol y la Tierra.

Una condición necesaria para que podamos observar un tránsito de Venus es que este planeta se encuentre en conjunción inferior, lo que sucede cada 584 días. En principio debería de verse un tránsito cada año, siete meses y nueve días, pero como el plano de la órbita de Venus y el plano de la órbita terrestre forman un angulo de 3º23', esto no ocurre así.

Los planos que contienen a las órbitas de los dos planetas se intersectan a lo largo de la llamada línea nodal y los puntos donde se cortan dichas órbitas se llaman nodos. La condición indispensable "para que suceda un tránsito es que la conjunción inferior se verifique en las inmediaciones de los nodos; esto ocurre

en los meses de junio y diciembre, época en que la Tierra pasa por el plano de la órbita de nuestro vecino, el planeta Venus.

Las dos condiciones arriba explicadas se dan en un lapso de ocho años y después tiene que transcurrir más de un siglo para que vuelvan a ocurrir. Es por ello que los tránsitos de Venus no son fenómenos comunes a una sola generación humana y ésta es también la razón por la cual los astrónomos de los siglos XVIII y XIX hicieron un gran esfuerzo por realizar esas observaciones.

Durante el estudio de los tránsitos sucedidos en 1761 y 1769 se pusieron en práctica las sugerencias hechas por Halley (Diaz Covarrubias, 1882). Discutiendo los datos obtenidos por las diferentes expediciones que observaron esos tránsitos, incluidos los reportados por el abate francés Chappe d'Auteroche y sus compañeros, los españoles Doz y Medina (Cassini, 1772), así como los del novohispano Velázquez de León (Moreno de los Arcos, 1973), instalados en diferentes sitios del sur de la península bajacaliforniana, Encke encontró un valor de la paralaje solar de 8".58 (ocho punto cincuenta y ocho segundos de arco), mientras que Powalky, analizando esta misma información, encontró un valor de 8".86. La diferencia entre estas cantidades proviene del hecho de que para realizar el análisis de los datos proporcionados por los astrónomos, hubo necesidad de uniformarlos y esto se hizo utilizando criterios individuales.

Para tener una idea de lo pequeña que es la cantidad que se obtuvo de las mediciones arriba indicadas, recuérdese que el Sol, el objeto celeste de mayor tamaño angular aparente, tiene un semidiámetro de 960 segundos de arco aproximadamente, lo que es casi 110 veces mayor que la paralaje solar.

Al medir cantidades tan pequeñas, son de enorme importancia los errores que se cometan al efectuar la observación. Un error de apenas una décima de segundo de arco (0".1 a 0".2) es suficiente para ocasionar un error de más de 8 millones de kilómetros en la determinación de la distancia Sol-Tierra. Como en las mediciones realizadas durante el tránsito de 1769 los errores resultantes fueron apreciables, la distancia calculada tenía una gran incertidumbre, por lo que los astrónomos de la segunda mitad del siglo XIX querían llevar a cabo mediciones de gran precisión durante el tránsito que ocurriría en 1874. Para ello contaban con telescopios mejorados tanto en el aspecto mecánico como en la óptica, asimismo, los relojes eran más precisos. Además, por primera vez podrían obtenerse registros permanentes del fenómeno a observar, ya que pocos años antes se incorporaron a la astronomía las entonces recientemente desarrolladas técnicas fotográficas.

Como ya se dijo anteriormente, los astrónomos del siglo XIX dieron una gran importancia a las observaciones de los tránsitos venusinos de 1874 y 1882 ya que querían fijar con exactitud la distancia Sol-Tierra, lo que a su vez les permitiría conocer de manera correcta las dimensiones del Sistema Solar.

Los países "civilizados" de ese entonces prepararon con gran anticipación las expediciones que habrían de ir a la zona (figura 1) desde donde sería visible el fenómeno en el año de 1874. Inglaterra envió expedicionarios a Egipto, Hawaii, Isla Rodríguez, Nueva Zelanda e Isla Desolación. Italia envió astrónomos a la India (al norte de Calcuta); Francia instaló a los suyos en Nagasaki, Pekín, Saigón, Noumea e islas San Pablo y San Mauricio. Alemania distribuyó cinco grupos entre Asia y África. Los campamentos rusos se instalaron en Beobachtugs y la península de Kamtchatka. Estados Unidos envió una expedición que sé ubicó en Kobe, Japón. Finalmente, el gobierno mexicano nombró una comisión que instaló dos campamentos en las afueras de la ciudad japonesa de Yokohama.

Figura 1. La zona oscurecida marca los lugares desde donde fue posible observar completo el paso deVenus ocurrido el 9 de Diciembre de 1874.

LA COMISIÓN MEXICANA

Francisco Díaz Covarrubias (1833-1889), ingeniero geógrafo egresado del Colegio de Minería (1853), fue un educador y científico notable que desde muy joven se dio a conocer por sus investigaciones y trabajos geodésicos y astronómicos, que le permitieron elaborar una Carta Hidrográfica del Valle de México muy completa (Orozco y Berra, 1864), así como determinar con precisión las coordenadas geográficas de la capital de la República y de otras importantes poblaciones del país.

Al triunfo de la causa republicana en 1867, fue nombrado oficial mayor del Ministerio de Fomento por el presidente Juárez. Sin descuidar sus labores oficiales, colaboró estrechamente con Gabino Barreda en la formación del plan de estudios que dio origen a la Escuela Nacional Preparatoria. Como apasionado de la astronomía, es muy posible que debido a su interés por esta ciencia, se incluyera en el plan de estudios preparatorios la cosmografía como una de las primeras materias a estudiar.

Desde su época de estudiante realizó observaciones de los fenómenos astronómicos (L. G. León, 1911) que eran visibles desde nuestro país. De enero a junio de 1863 instaló el primer observatorio astronómico oficial que existió en México, localizado en Chapultepec y del cual fue director. Desgraciadamente, debido a la guerra de intervención que Francia llevó a cabo en contra de nuestro país, este observatorio tuvo que cerrar en junio de 1863 y Díaz Covarrubias se exilió siguiendo de cerca al grupo encabezado por Juárez.

El 11 de abril de 1874, el Sr. Francisco Díaz Covarrubias, presidente anual de la Sociedad Científica. Humboldt, presentó ante los miembros de esa organización una ponencia que intituló "Exposición popular del objeto y utilidad de la observación del paso de Venus por el disco del Sol". Este trabajo llamó la atención de varios miembros de esa sociedad, discutiéndose la posibilidad de envíar un grupo de astrónomos mexicanos a realizar las observaciones. Díaz Covarrubias resaltó el hecho de que debido a la hora en que ocurriría el fenómeno astronómico en cuestión, la zona donde sería visible en su totalidad era casi antípoda de nuestro país, lo que dificultaba mucho formar una comisión en tan poco tiempo. Sin embargo, el asunto quedó latente en el ánimo de varias personas.

El 8 de septiembre de 1874, al conmemorarse la defensa del Molino del Rey y del Castillo de Chapultepec, el diputado Juan José Baz le habló del asunto del tránsito de Venus al presidente Sebastián Lerdo de Tejada; éste se entusiasmó y el 11 de ese mismo mes mandó llamar a Díaz Covarrubias para que le informara al respecto (L. G León, 1911). Este le expuso con toda amplitud lo que ya había dicho en su plática del 11 de abril de ese año. Interrogado por el Presidente sobre si se podría formar una comisión de astrónomos mexicanos que fueran a efectuar la observación, Diaz Covarrubias contestó que en nuestro país había gente capacitada y los instrumentos necesarios; lo que haría falta sería el apoyo económico y, sobre todo, hacer los preparativos inmediatamente, ya que el tiempo era el factor más importante.

Después de esta entrevista, Díaz Covarrubias se dedicó a conseguir informes exactos del camino que podría seguir y del tiempo que tomaría hacerlo. Luego de consultar a las líneas navieras sobre las fechas de salida de sus barcos de puertos mexicanos y de la duración de su travesía, concluyó que si era posible estar en Asia u Oceanía antes del 20 de noviembre, tendría posibilidades de realizar satisfactoriamente las observaciones.

Figura 2. Ruta seguida por los comisionados mexicanos durante su viaje de 1874-1875.

Puesto que los caminos entre la ciudad de México y los puertos del Pacífico mexicano o no existían o eran muy malos, Díaz Covarrubias decidió que lo más seguro era viajar por ferrocarril a Veracruz y de ahí embarcarse con destino a Nueva York. De esta capital partirían por tren, cruzando de este a oeste el territorio de los Estados Unidos, llegando a San Francisco, California, de donde finalmente embarcarían rumbo a Oceanía o China.

Volvió Díaz Covarrubias a entrevistarse con el presidente Lerdo de Tejada, informándole detalladamente del itinerario que había elaborado. Lerdo de Tejada lo aprobó y facultó a Díaz Covarrubias para que formara una comisión que habría de realizar ese viaje y que sería presidida por Díaz Covarrubias mismo. Los miembros de esta comisión fueron: Francisco Díaz Covarrubias, oficial mayor del Ministerio de Fomento y presidente de la comisión; Francisco Jiménez, director del Observatorio Central instalado en lo alto del Palacio Nacional y segundo astrónomo; Manuel Fernández Leal, ingeniero topógrafo y calculista de la comisión; Agustín Barroso, ingeniero calculista y fotógrafo de la comisión, y Francisco Bulnes, cronista de la comisión.

Díaz Covarrubias se dedicó a organizar el trabajo de la comision y a conseguir los fondos autorizados por el Gobierno para los gastos de ésta. Fernández Leal, Barroso y Bulnes se dedicaron a reunir los instrumentos. El Ministerio de Fomento prestó un telescopio cenital, un barómetro y un teodolito; la Escuela de Minería proporcionó otro telescopio cenital y un cronómetro; del Colegio Militar se obtuvieron otro telescopio y un cronómetro. El equipo restante fue proporcionado por el propio Díaz Covarrubias. Jiménez fue el encargado de desarmar, inventariar y guardar todo ese delicado equipo.

Figura 3. Miembros de la Comisión Astronómica Mexicana.

El 18 de septiembre por la mañana, los cinco miembros de la comisión se presentaron en Palacio Nacional a recibir las últimas instrucciones del Presidente. Por la noche partieron hacia Orizaba los señores Díaz Covarrubias, Barroso y Bulnes; al día siguiente se les unieron en esa ciudad los señores Jiménez y Fernández Leal.

La razón por la que fueron a Orizaba en lugar de dirigirse directamente a Veracruz es que en esos días había en el puerto una epidemia de vómito negro y, no queriendo arriesgar un contagio, fueron a Orizaba a esperar noticias del arribo a Veracruz de algún barco que los pudiera llevar a Nueva York.

El 24 de septiembre embarcaron en el vapor francés *CaraveIle*, que los llevó a La Habana, Cuba, donde atracaron el día 28 de ese mismo mes.

El 30 de septiembre dejan La Habana a bordo del vapor *Yazoo*, arribando el 5 de octubre a Filadelfia. En esta ciudad se les presentó un problema que por poco hace fracasar el viaje de la comisión. Por haber estado el *Yazoo*en La Habana, las autoridades sanitarias estadounidenses querían imponer una cuarentena a todos los pasajeros, pues temían un posible contagio de fiebre amarilla. Gracias a los esfuerzos del capitán del *Yazoo* y del ministro mexicano en Washington, Ignacio Mariscal, los comisionados consiguieron permiso para desembarcar en Filadelfia y proseguir su camino hacia Nueva York. En esa ciudad permanecieron un día, tiempo necesario para recabar información sobre los vapores que salían de San Francisco hacia el Oriente. El 7 de octubre dejan Nueva York y comienzan a cruzar el extenso territorio estadounidense de este a oeste, llegando sin mayor novedad a San Francisco el 14 del mismo mes. Díaz Covarrubias (1876) y Bulnes (1875) narran con gran amenidad sus impresiones de esta parte del viaje en sendos libros.

Figura 4. Portadas de los libros que narran las peripecias e impresiones de los miembros de la Comisión Astronómica Mexicana.

Los comisionados permanecieron en San Francisco cinco días, tiempo que aprovecharon para reorganizarse y pedir informes sobre la comisión estadounidense que meses atrás había partido hacia Japón, lugar donde llevarían a cabo las observaciones del tránsito de Venus.

Barroso aprovechó esos días para adquirir el material fotográfico que trataría de utilizar en la fotografía del tránsito. Compró una cámara que utilizaba placas de vidrio de formato grande y que pensaba adaptar a uno de los telescopios pequeños que llevaban consigo desde México.

El 19 de octubre se embarcaron rumbo a Japón en el vapor *Vasco de Gama.* Después de una turbulenta travesía, llegaron al puerto de Yokohama el día 9 de noviembre, ¡un mes exacto antes de que se produjera el tránsito que iban a observar!

Durante la travesía, Díaz Covarrubias había decidido establecer las estaciones mexicanas en Japón, por lo que al llegar a Yokohama intentó realizar las gestiones necesarias. Debido a que arribaron a este puerto durante un periodo oficial de festividades públicas, hubo de pasar varios días antes de poder entrar en contacto con los representantes del gobierno japonés.

Durante el tiempo de espera, Díaz Covarrubias contrató a un carpintero chino que entendía algo de inglés. Éste comenzó a construir las instalaciones necesarias para las dos estaciones de observación mexicanas.

Aunque tardó algunos días en contestar, el gobierno japonés dio todo tipo de facilidades a nuestros compatriotas, llegando incluso a instalar un ramal de la línea telegráfica oficial en la estación que ocupó Diaz Covarrubias, y mediante la cual éste pudo intercambiar información con los astrónomos estadounidenses y franceses que se encontraban ya instalados en Kobe y Nagasaki.

La primera estación astronómica mexicana se instaló en una pequeña colina conocida como Bluff. La razón de ello fue que, por estar este promontorio dentro de la zona de libre acceso a los extranjeros, no era necesario obtener autorización especial. Este observatorio quedó terminado el 27 de noviembre, quedando Jiménez a su cargo y como ayudante Fernández Leal (Bulnes, 1875). El instrumento principal de este observatorio fue un telescopio refractor marca Troughton & Simms, con distancia focal de un metro 22 centímetros, lente objetiva de siete centímetros y medio, y el ocular montado sobre un micrómetro de alta precisión.

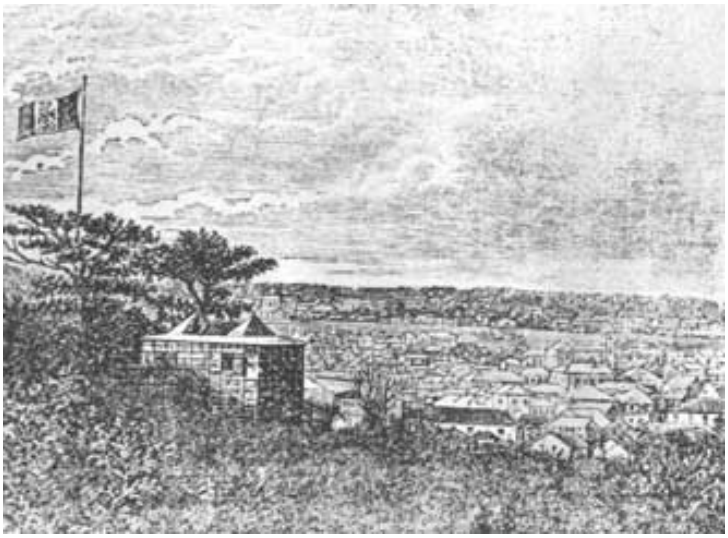


Figura 5. Observatorio del profesor Jiménez en el Bluff.

El observatorio que ocuparían los señores Díaz Covarrubias, Bulnes y Barroso fue instalado en la colina de Nogue-no-yama, localizada fuera del sector permitido a los extranjeros, razón por la cual el presidente de la Comisión Mexicana tuvo que solicitar permiso especial al gobierno imperial. Al mismo tiempo le solicitó se les permitiera izar la bandera de México en cada uno de los campamentos. La autorización para ambas cosas fue concedida el 25 de noviembre, procediéndose mmediatamente a levantar el edificio que albergaría los instrumentos que esos astrónomos utilizarían.

Figura 6. Observatorio del presidente de la comisión en Nogue-no-yama.

Las dos estaciones astronómicas mexicanas fueron iguales, con la única diferencia de que la de Nogue-no-yama tenía un pequeño cuarto oscuro adjunto. Este sería utilizado por Barroso para manipular y revelar las placas de coloidón que tomarían durante el tránsito.

El telescopio utilizado para tomar las fotografías fue el que prestó el Colegio Militar. Tenía una distancia focal de 1.25 m y un lente objetivo con diámetro de un decímetro. Fue necesario hacerle una gran cantidad de adaptaciones mecánicas para que pudiera servir al fin que Barroso lo destinó.

EL TRÁNSITO DE VENUS

Los informes que sobre el clima de Yokohama había recibido Díaz Covarrubias indicaban que el cielo estaba generalmente despejado en los meses de noviembre y diciembre; sin embargo, desde el 23 de noviembre al 7 de diciembre el cielo estuvo cubierto por gruesas nubes. En el libro de Bulnes ya citado, se lee:

A las dos de la tarde del 8 de diciembre, las nubes comenzaron a desfilar por el horizonte. A las diez de la noche sólo un nimbus cargado de electricidad esperaba su *congé* de la acción del viento y a media noche el cielo estaba limpio. El Sr. Díaz estuvo hasta las dos de la mañana, desde esa hora se paseó en el terrado donde se levanta nuestro pabellón, hasta las siete. La faja dorada de un stratus cortaba en ese instante el disco del Sol. No había ninguna otra nube. El éxito de la observación era seguro.

Como un gesto de agradecimiento por las muchas atenciones y facilidades que los mexicanos habían recibido del pueblo y de los funcionarios japoneses, el presidente de la Comisión Mexicana invitó al gobierno japonés para que enviara a algunos estudiantes a su observatorio. El ofrecimiento fue aceptado, presentándose desde varios días antes al evento dos jóvenes de la escuela naval.

El día del tránsito se presentaron gran número de personalidades, tanto del gobierno japonés como del grupo de representantes extranjeros. A todos se los atendió, pidiéndoles solamente que permanecieran en silencio para no interrumpir a la persona que llevaba la cuenta del tiempo.

Bulnes continúa diciendo:

A las once y minutos el fenómeno principió, el Sr. Díaz dio la señal a Mr. Janssen, jefe de la Comisión Francesa, y en respuesta aprendimos que en el cielo de Nagasaki había gran cantidad de nubes; no obstante se había observado el primer contacto.

A las tres y cuarenta y tantos minutos, Venus salía del disco del Sol; en el observatorio del Bluff las observaciones tuvieron el mismo buen resultado que en Nogue-no-yama. La comisiones francesa y americana tuvieron la desgracia de perder el contacto más importante: el de salida. Una espesa nube que determinaba un aguacero había interceptado los visuales de los observadores de Nagasaki.

Después de terminadas las observaciones, Díaz Covarrubias envió un telegrama al presidente de la República, informándole del buen éxito alcanzado por la comisión. Por razones desconocidas, este telegrama llegó con meses de retraso.

Durante los días siguientes al tránsito, los comisionados siguieron trabajando en sus observatorios para calcular con toda exactitud la posición geográfica de éstos. También tuvieron que cumplir con gran número de compromisos sociales y culturales que les impuso el trato con funcionarios japoneses y embajadores de otros países.

LOS RESULTADOS

Los primeros resultados obtenidos por los comisionados mexicanos fueron los fotográficos. En el Apéndice IV del ya citado libro de Díaz Covarrubias se presenta el informe completo que Barroso entregó respecto a todo el trabajo fotográfico. En ese mismo informe se presentan 14 de las 17 fotos obtenidas. Tres de ellas resultaron de mala calidad y tuvieron que ser desechadas. En las fotografías restantes se puede claramente apreciar la trayectoria que el planeta Venus describió al interponerse entre el Sol y nosotros.

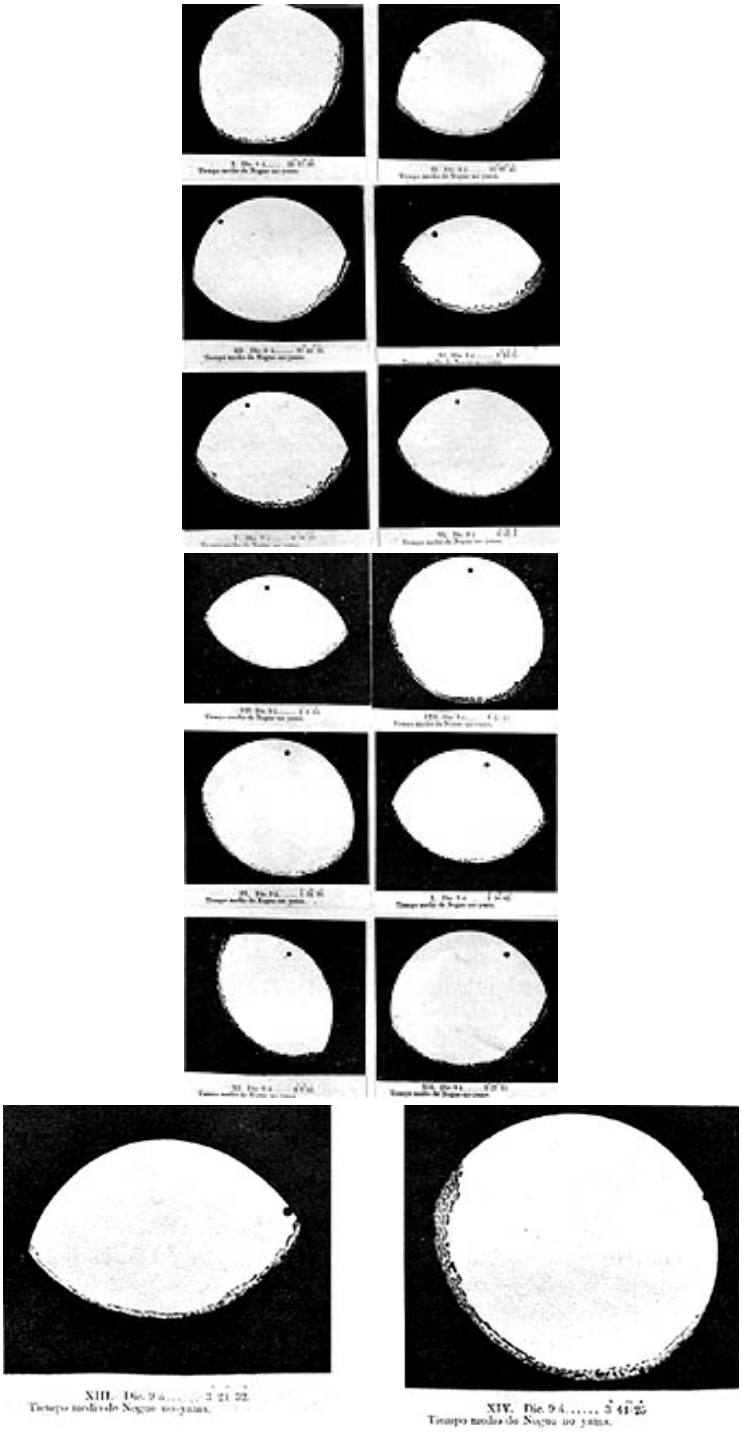


Figura 7. Secuencia fotográfica del paso de Venus por el disco solar lograda por Barroso.

Otro dato que se tuvo disponible inmediatamente fue el referente a los tiempos de las diferentes fases del fenómeno tal y como fue obtenido por los observadores de las dos estaciones. Estos datos se presentan a continuación:

Fases	*Hora media de Nogue-no-yama*	
Primer contacto exterior	8 de diciembre de 1874 a	$23^h\ 4^m\ 7^s.0$
Primer contacto interior	" " " " "	$23^h\ 29^m\ 24^s.0$
ruptura de ligamento	" " " " "	$23^h\ 30^m\ 25^s.6$
Formación de ligamento	9 de diciembre de 1874 a	$23^h\ 30^m\ 25^s.6$
Segundo contacto interior	" " " " "	$3^h\ 21^m\ 45^s.4$

Segundo contacto exterior	"	"	"	"	"	$3^h\ 21^m\ 45^s.4$

Hora media de bluff

Primer contacto exterior	8 de diciembre de 1874 a					$23^h\ 3^m\ 59^s.0$
Primer contacto interior	"	"	"	"	"	$23^h\ 29^m\ 50^s.0$
ruptura de ligamento	"	"	"	"	"	$23^h\ 30^m\ 43^s.5$
Formación de ligamento	9 de diciembre de 1874 a					$3^h\ 21^m\ 20^s.9$
Segundo contacto interior	"	"	"	"	"	$3^h\ 21^m\ 50^s.9$
Segundo contacto exterior	"	"	"	"	"	$3^h\ 48^m\ 4^s.0$

Como ya se dijo, en los días inmediatamente posteriores al tránsito se continuaron haciendo observaciones de estrellas brillantes de referencia que servirían para determinar con gran exactitud la posición de los observatorios. Con este mismo fin, Díaz Covarrubias estuvo intercambiando señales telegráficas con las comisiones francesa y estadounidense situadas en Nagasaki y Kobe, respectivamente.

El presidente de la Comisión Mexicana decidió dejar Japón y viajar rumbo a París los primeros días de enero de 1875. Hizo saber a sus acompañantes que deseaba llegar cuanto antes a esa ciudad para dar a conocer los resultados obtenidos por ellos lo más pronto posible, ya que decía tener temor de que, a su regreso a México, la comisión fuera acusada por los opositores del gobierno de Lerdo de Tejada, de haber éste enviado de paseo, y a un alto costo, a los astrónomos mexicanos, quienes no obteniendo datos de valor los habrían copiado de los presentados por otras comisiones.

Díaz Covarrubias logró lo que se había propuesto; el viaje hacia París se hizo lo más rápido posible y durante el trayecto los comisionados se dedicaron a analizar los datos obtenidos, y con ellos, el presidente de la comisión redactó y publicó a mediados de 1875 una memoria en la que consignó los resultados de sus observaciones (Díaz Covarrubias, 1875).

De todas las expediciones que realizaron observaciones del tránsito de 1874, la primera que presentó resultados fue la mexicana. Los franceses publicaron sus datos en 1877, los ingleses en 1881, los rusos en 1891, y los demás grupos más o menos por el mismo tiempo.

CONCLUSIONES

A pesar de la difícil situación económica y política que el país vivía en el periódo de los hechos aquí presentados, había un grupo de personas de gran capacidad y preparación que hacían todos los esfuerzos posibles para que nuestro país entrara en el campo de la investigación científica.

En el ámbito nacional, estos esfuerzos estaban encaminados a un mejor conocimiento de los recursos y limitaciones existentes en el México de ese momento.

En el plano internacional se trató de establecer contacto con el mayor número posible de sociedades científicas de otros países. La asistencia de mexicanos a congresos científicos internacionales se fue haciendo frecuente.

El viaje de la Comisión Astronómica Mexicana, primer viaje oficial al extranjero de un grupo de científicos nacionales con una misión de investigación científica bien definida llevada a cabo en el México independiente, logró, entre otras cosas, establecer un gran número de contactos con científicos de otros países, que posteriormente beneficiaron el desarrollo de la astronomía mexicana.

Esta fue específicamente la situación en el caso de las relaciones con la comisión francesa presidida por Janssen, fundador de los observatorios de Meudon y Mont-Blanc. Estas relaciones se fueron fortaleciendo

y ensanchando con los años. En 1882, Francia envió una comisión astronómica a Puebla, en México, para que observara el tránsito de Venus de ese año. Bouquet de la Grye, presidente de esa comisión, reafirmó la amistad que ya unía a un grupo de astrónomos de ambos países. Fue este mismo personaje, quien, en 1887, dio los pasos necesarios para que el almirante Mouchez, director del Observatorio de París, invitara oficialmente al gobierno mexicano, a través del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, para que formara parte del grupo de países que levantarían la llamada *Carta del cielo*, uno de los grandes proyectos astronómicos de fines del siglo pasado, que dio gran proyección a la astronomía en nuestro país.

El viaje de la Comisión Mexicana a Japón demostró a propios y extraños que, si bien en número limitado, en México había personas con capacidad para contribuir al desarrollo de la ciencia. A pesar de los cambios ocurridos en el gobierno en 1876, los recién llegados a la administración pública reconocieron este hecho, ya que dieron los pasos necesarios para instalar el Observatorio Astronómico Nacional, creado por decreto presidencial del 18 de diciembre de 1876 e inaugurado por el presidente Porfirio Díaz el 5 de mayo de 1878.

Otro aporte de este viaje fue la gran cantidad de noticias que los comisionados trajeron sobre Japón, su pueblo y su gobierno, así como las relaciones no oficiales que Díaz Covarrubias, quien siempre recibió trato de ministro de nuestro país por parte de los funcionarios japoneses, estableció con esas autoridades. Esas relaciones seguramente ayudaron a que pocos años después se establecieran relaciones oficiales entre ambos países.

Los datos obtenidos por las diferentes comisiones que realizaron observaciones en 1874 y 1882 fueron analizados por Airy, Newcomb y otros. El valor de la paralaje se fijó en 8".794; sin embargo, y a pesar de todos los esfuerzos hechos, no fue posible una mejor determinación que la hecha el siglo XVIII. Esto se debió fundamentalmente a la atmósfera del planeta Venus. La distancia Sol-Tierra fue determinada, años después, utilizando otros métodos.

El 19 de noviembre de 1875 regresó a la capital del país la comisión astronómica presidida por Francisco Díaz Covarrubias. Al día siguiente, el periódico *El Siglo Diez y Nueve* daba noticia del muy solemne recibimiento que los preparatorianos y pueblo en general tributaron a los comisionados a su arribo a la estación de Buenavista.

El pueblo mexicano de ese tiempo fue testigo de las diferentes polémicas que se dieron en los círculos políticos del país en torno a la utilidad de haber enviado esta Comisión a Japón y, como de costumbre, no fue ajeno al ambiente motivado por ese suceso, haciendo chistes respecto a él; incluso tenemos noticias fidedignas de que por ese tiempo abrió sus puertas una pulquería que fue muy popular en la ciudad de México y que se llamó "El Tránsito de Venus por el Disco del Sol".

Figura 8. Restos del observatorio de Díaz Covarrubias, relocalizado un siglo después.

En 1974 se publicó un libro en japonés que recordaba los hechos de un siglo atrás. En él se hace referencia constante a la labor de Díaz Covarrubias y sus compañeros durante su estancia en Japón. En esa publicación se relocalizan los sitios donde estuvieron instaladas las diferentes comisiones extranjeras en Japón. Se presentan fotografías de lo que aún queda de la estación de observación en Nogue-no-yama: una piedra de las que utilizó el artesano chino Mow-Cheong para construir la base sobre la que se montó el telescopio utilizado por Francisco Díaz Covarrubias.

BIBLIOGRAFÍA

Bulnes, F., *Sobre el hemisfenio norte once mil leguas. Impresiones de viaje a Cuba, los Estados Unidos, el Japón, China, Cochinchina, Egipto y Europa,* Imprenta de la Revista Universal, primera calle de San Francisco número 13, México, 1875 (Biblioteca Nacional de México).

Cassini, M., *Voyage en Californie pour l'Observation du Passage de Vénus sur le Disque du Soleil, le 3 Juin 1769. Contenant les observations de ce phénomene, et la description historique de la route de l'Auteur a travers le Mexique* por el desaparecido M. Chappe D'Auteroche, de l'Académie Royale des Sciences, Antoine Jombert, París, 1772.

Díaz Covarrubias, F., *Observaciones del tránsito de Venus hechas en Japón por la Comisión Astronómica Mexicana,* Librería Española de E. Denné Schmitz, calle de Monsigny 15, París, 1875.

Díaz Covarrubias, F., *Viaje de la Comisión Astronómica Mexicana al Japón para observar el Tránsito del planeta Venus por el disco del Sol el 8 de diciembre de* 1874, Imprenta Políglota de C. Ramiro y Ponce de León, calle de Santa Clara, esquina, México, 1876.

—, *Exposición popular del objeto y utilidad de la observación del paso de Venus por el disco del Sol* Tipográfica de M. Pérez Lete, Placeres número 49, Guadalajara, México, 1882.

León, L. G., *Los progresos de la astronomía en México desde* 1810 *hasta* 1910, Concurso Científico y Artístico del Centenario, Tipográfica de la Vda. de F. Díaz de León, sucs., avenida del 5 de Mayo y Motolinía, México, 1911.

Moreno de los Arcos, R., *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el valle de México,* 1773-1775, Universidad Nacional Autónoma de México, 1973.

Orozco y Berra, M., 1864, *Memoria para la carta hidrográfica del valle de México,* Imprenta de A. Boix, México, 1864.

Indice

VIII. ENTRE ECLIPSES Y COMETAS: REMINISCENCIAS DE LA VIDA DE JOAQUÍN GALLO

JOAQUÍN GALLO SARLAT

ESTA síntesis biográfica está basada en el libro *Joaquín Gallo Monterrubio, astrónomo, universitario y hombre cabal*, editado por el que esto escribe. Igual que aquella obra, el presente trabajo ha sido dividido en cuatro partes, atendiendo a las diferentes etapas de la vida del biografiado, convergentes en una sola trayectoria: la astronomía.

La primera, etapa comprende su niñez y juventud durante los años de 1882 a 1910. La segunda parte abarca de 1910 a 1929, fecha en que el observatorio pasa a formar parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. La tercera etapa corresponde a su vida dentro del claustro universitario, de 1929 a 1946. La última parte se desarrolla hasta 1965, año de su fallecimiento.

El nacimiento del ingeniero Joaquín Gallo Monterrubio, el 24 de noviembre de 1882, sucedió en la época en que brillaba esplendoroso el llamado Gran Cometa del 82 que tanta admiración causó entre quienes lo vieron, ya que "brilló muy grande y hermoso, causando expectación general, pues tanto su núcleo como su cauda tenían muy hermoso aspecto y gran brillantez", según relatan las crónicas de esa época.

El México en que le tocó nacer a Joaquín Gallo era, en mucho, diferente del que ahora vemos. Era una ciudad importante, sí, pero nunca con el tamaño y la población que ahora tiene. Por las noches, al alzar la vista, podían verse los astros brillando en el cielo, pues en ese tiempo tampoco había luz eléctrica en el alumbrado público.

El cometa de 1882, al igual que sus predecesores, fue considerado por muchos pregonero de males y desastres; sin embargo, como ya se ha demostrado infinidad de veces, esos funestos presagios no se cumplieron por carecer de la más mínima base científica, y en cuanto al desarrollo de la cultura en nuestros países, podemos —haciendo uso de la licencia literaria— afirmar que el cometa del 82 trajo una cauda de gente importante, ya que, nacidos en esa época, tenemos a José Vasconcelos, Antonio Caso, Isidro Fabela, Alejandro Quijano, Manuel M. Ponce, Salvador I. Reynoso, Joaquín Gallo Monterrubio y otros ilustres mexicanos.

Otro suceso ocurrido ese mismo año y que de alguna manera habría de influir en la vida científica del ingeniero Gallo fue la orden que el gobierno de Porfirio Díaz dio al entonces director del Observatorio Astronómico de Chapultepec, ingeniero Angel Anguiano, para que trasladara ese centro de investigación a la entonces alejada y muy tranquila villa de Tacubaya. En ese lugar, y a partir de 1884, empezó la construcción del edificio expresamente proyectado para el Observatorio Astronómico Nacional.

El padre de nuestro biografiado, Eduardo L. Gallo, editor de libros y miembro del cuerpo directivo de la Lotería Nacional, llevaba de la mano al pequeño Joaquín a la azotea de su casa; pasaba con él largo tiempo mirando el cielo, enseñándole las estrellas más brillantes y los nombres de los planetas y constelaciones. Joaquín se aficionó tanto a este estudio, que con frecuencia subía en las mañanas a contemplar la salida del Sol, marcando en el pretil la dirección por donde aparecía el astro rey en las distintas épocas del año.

Alguna vez fue con su padre a Tacubaya a visitar el edificio en construcción del observatorio. Pudieron ver a Saturno rodeado por sus anillos y algunas de sus lunas, utilizando el telescopio refractor montado provisionalmente en los jardines del edificio adjunto. ¡Quién habría de decir a Joaquín Gallo que, andando el tiempo, él sería el director de ese observatorio en construcción! Esto debió de haber sido hacia 1891, cuando Joaquín tenía nueve años de edad, pues su padre murió en 1893.

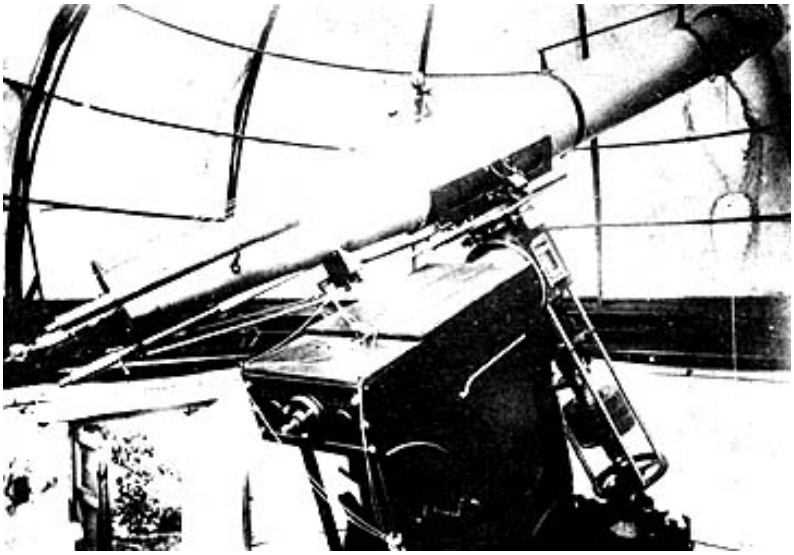


Figura 1. Telescopio refractor de 5 metros de distancia focal y lente de 38 centímetros de diámetro. En 1891 se encontraba instalado provisionalmente en los jardines del ex arzobispado de Tacubaya.

En 1901 se inscribió en la Escuela Nacional de Ingenieros para cursar la carrera de ingeniero geógrafo. El 24 de diciembre de 1908, presentó su examen profesional. Su título está fechado el 3 de febrero de 1909 y firmado por Justo Sierra, ministro de Educación Pública y Bellas Artes.

Pero ya antes, desde 1902, había ingresado al Observatorio de Tacubaya para realizar prácticas de astronomía, y al año siguiente se le aceptó como meritorio gratificado, siendo exigua, naturalmente, esa gratificación.

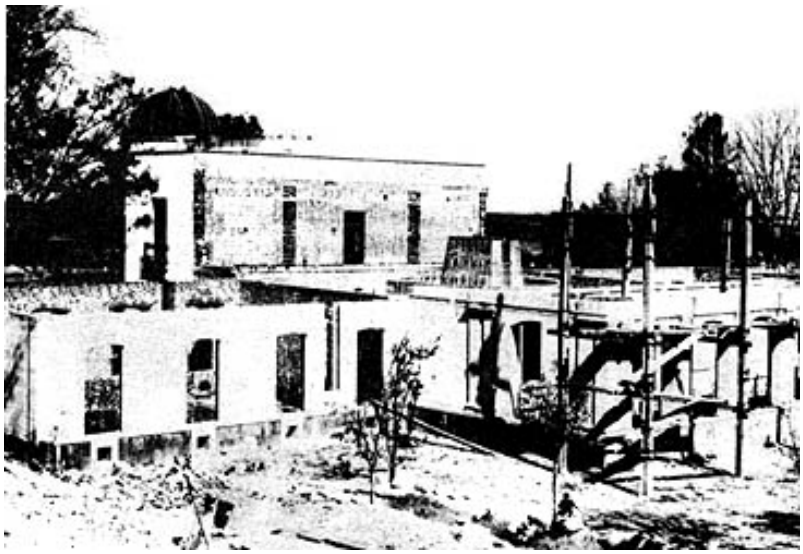


Figura 2. Construcción del edificio del Observatorio Astronómico Nacional en Tacubaya. Fotografía tomada hacia 1895.

En esa época, los astrónomos de Tacubaya estaban trabajando intensamente en la obtención de las placas fotográficas necesarias para cumplir con el compromiso internacional que, años antes, había contraído el gobierno de México, a través del Observatorio Nacional, de participar en la elaboración del *Catálogo fotográfico y carta del cielo.* Por las noches sin Luna y despejadas, los encargados de manejar el telescopio refractor especialmente adquirido para este proyecto, tomaban las fotografías y, según nos dice Luis G. León (1911):

La placa con su imagen latente de la cuadrícula y de las estrellas, es llevada al cuarto obscuro y sometida a las operaciones siempre interesantes, y aun emocionantes del revelado y fijado. Las operaciones de manipulación en el cuarto obscuro fueron verificadas por los Sres. Francisco Estañol y Joaquín Gallo, este último, joven meritorio del Observatorio.

Durante unas vacaciones, en 1904, Joaquín Gallo tuvo oportunidad de visitar el ya desde entonces prestigiado Observatorio de Yerkes, aprovechando la rebaja en el pasaje que los ferrocarriles estadounidenses daban a los asistentes a la Feria Mundial que se celebraba en San Luis, Missouri, ya que el pasaje de ida y vuelta costaba sólo 60 dólares, ¡y los dólares de ese tiempo se cotizaban a la par con el peso! Durante su visita a ese observatorio tuvo ocasión de familiarizarse con un espectroheliógrafo, aprovechando posteriormente la experiencia ahí adquirida para poner en operación un instrumento similar del observatorio de Tacubaya. Durante ese mismo año, se le nombró astrónomo interino.

Acompañando a Valentín Gama, subdirector del observatorio de Tacubaya, fue a España a observar en Almazán, provincia de Soria, el eclipse total de Sol que tuvo lugar el día 30 de agosto de 1905.

Llegando a ese país, se le encargó que buscara el sitio más apropiado para la instalación del campamento de la expedición mexicana. Puso tanto empeño en reunir la información pertinente y en la búsqueda del lugar más adecuado, que cuando las expediciones de franceses y estadounidenses llegaron a España recurrieron a él para ubicar sus respectivos campamentos, quedando éstos en las cercanías del solar ocupado por los mexicanos.

Los instrumentos que nuestros compatriotas llevaron para observar ese eclipse eran un fotoheliógrafo, un celostato, dos cámaras fotográficas de distancia focal larga (19 y 8 metros respectivamente) y algunos instrumentos meteorológicos.

De los sucesos ocurridos el día del eclipse, nos habla Valentín Gama en el informe que posteriormente entregó a Felipe Valle (1908) y que éste hizo publicar:

El día 30 amaneció perfectamente despejado, el Sol brillaba con todo su esplendor; pero, por desgracia, a las 10 a.m. aparecieron los primeros cirrus en el Norte, ya a las 10.30 se cubrió el cielo completamente de éstos y de cúmulo—stratus y cúmulos a diferentes alturas: los altos—cirrus marchaban hacia el Nordeste, las nubes bajas permanecían casi inmóviles.

Una luz cenicienta había sucedido a la blanca del Sol; un débil huso del astro se percibía a la simple vista a través de las nubes, y faltando ya poco tiempo para el principio de la totalidad cada uno marchó a su sitio a esperar la señal convenida.

Al acabar la totalidad dábamos por seguro que ningún resultado satisfactorio se había obtenido, pues la cantidad de nubes no disminuyó; pero afortunadamente casi todas las fotografías se lograron, mostrando algunas buenos detalles, y otras poca corona[...]

Aprovechando ese viaje, nuestros astrónomos reforzaron o establecieron nuevos contactos con científicos de su especialidad en Europa y los Estados Unidos, contactos que posteriormente servirían a Joaquín Gallo durante sus muchos años dedicado profesionalmente a la astronomía.

A su regreso de Europa, continuó participando en los trabajos que le correspondían al observatorio de Tacubaya en la *Carta del cielo y catálogo fotográfico.* También se dedicó a la espectroscopía solar y a la actinometría.[1]

Por ese tiempo es designado astrónomo titular, y comienza a intervenir en la preparación del *Anuario del Observatorio,* publicación periódica que dirigiría posteriormente hasta 1945.

Entre 1908 y 1909 vuelve a salir primeramente a Polotitlán, Estado de México, donde instala un campamento desde el que observa un eclipse anular de Sol; después, visita los observatorios de Lick y

Mount Wilson en California, Estados Unidos, y finalmente, viaja acompañando a Felipe Valle a los congresos de astronomía en París y de geodesia en Londres. Visitaron también los observatorios de París, Marsella, Roma, Messina, Barcelona, Berlín, Greenwich y Oxford.

A su regreso, Joaquín Gallo y los demás astrónomos del Observatorio de Tacubaya se dedican a estudiar y admirar el Cometa Halley. Desde tiempo inmemorial, estos objetos han causado pánico en mucha de la gente que los ve, pánico que la astronomía se ha encargado de demostrar que no tiene ningún fundamento científico. Durante la primera parte de 1910, los astrónomos de todo el mundo tuvieron que dedicar largas horas de su trabajo a tranquilizar los ánimos de la gente.

Acerca de la espectacularidad que este cometa presentó, Gallo (1949) nos dice que "[...] se veía la cauda del cometa con una extensión de 1800, es decir, mientras el núcleo estaba cerca de la parte Este del horizonte, la cauda llegaba hasta el horizonte Oeste".

El 22 de junio de ese mismo año, el ingeniero Joaquín Gallo contrajo nupcias con la señorita Julia Sarlat Dueñas, con quien habría de compartir los siguientes 55 años de su vida.

El 1º de septiembre de 1910 muere Felipe Valle, director del observatorio de Tacubaya. Pocos días después, el ingeniero Valentín Gama fue nombrado para ocupar ese cargo, quedando Joaquín Gallo como su ayudante.

El 20 de noviembre de ese año da principio la etapa violenta de la Revolución mexicana. Con ese estallar revolucionario termina para el ingeniero Gallo, como para la mayoría de los mexicanos, una época de su vida que puede ser calificada de tranquila y romántica.

Durante esa etapa, la vida cultural del país sufrió un estancamiento; las escuelas y universidades resintieron en su vida normal de enseñanza e investigación las consecuencias de la lucha armada. Las pocas instituciones científicas que había en México detuvieron su trabajo, pues no era posible obtener ni lo más indispensable para continuar las investigaciones.

Gama fue nombrado rector de la Universidad Nacional en septiembre de 1914, dejando interinamente como director del observatorio al ingeniero Gallo. A fines de ese año, volvió por poco tiempo al observatorio y, cuando el presidente Eulalio Gutiérrez lo nombró secretario de Agricultura y Fomento, se separó definitivamente del instituto del que había sido director desde 1910.

De la situación por la que pasó la astronomía mexicana en esos años violentos, nos habla el ingeniero Gallo (1960): "El Observatorio Astronómico ha tenido una interrupción en sus labores; en 1915 fue clausurado de enero a marzo y de junio a septiembre, cuando la ciudad de México y sus alrededores eran campo de lucha entre las fuerzas de don Venustiano Carranza y Francisco Villa."

A pesar de las muchas dificultades que el ingeniero Gallo y su reducido grupo de colaboradores tuvieron que enfrentar durante los años difíciles de la revolución, siempre hicieron esfuerzos por continuar honrosamente con su trabajo y muy especialmente con el compromiso internacional contraído por México de efectuar la fotografía de la zona correspondiente al observatorio de Tacubaya para la *Carta del cielo y catálogo fotográfico.* Asimismo, se logró continuar de manera ininterrumpida la publicación del *Anuario del Observatorio,* cuyo primer número apareció en 1881.

Durante esa época se logró emprender algunos otros trabajos, especialmente aquellos que de alguna manera tenían repercusión social. De esto nos vuelve a hablar el ingeniero Gallo:

Cuando se reanudaron las labores en 1915, se encontró que los Telégrafos Nacionales tenían uniformada la hora en todas sus líneas; que los Ferrocarriles recibían señales de Estados Unidos y de acuerdo con la posición de sus estaciones empleaban la conveniente; así en Guadalajara, Jal., los FCN recibían la hora del meridiano 105 o de la montaña; en el FC del Pacífico la hora de California; en los Telégrafos la hora de México. Por tanto una preocupación constante fue la unificación de la hora. Se empezó por solicitar que

los FC diesen al Observatorio la cantidad que pagaban a EUA por el servicio de las señales, comprometiéndose el Observatorio a suministrarlas de hora en hora. No había contestado el ingeniero Pani, director de los Ferrocarriles, cuando ya se tenía la línea de la Estación Tacubaya hasta el Observatorio. Apurado se vio el mecánico, Sr. Alva, en adaptar un antiguo reloj para hacer contactos eléctricos cada sesenta minutos. Se dio el servicio pero los FC no dieron la subvención solicitada. Las mismas señales se trasmitieron a los Telégrafos.

Cuando se estableció definitivamente el gobierno del Sr. V. Carranza se empezó a tramitar la unificación de la hora, pero no fue sino hasta 1920 cuando se decretó que la hora de México, la capital, rigiera provisionalmente en toda la República, excepto en los estados de Sinaloa, Sonora y territorios de California.

Se estableció, desde 1916, que el Observatorio diera la hora telefónicamente por las mañanas y este servicio se extendió tanto que no eran suficientes dos teléfonos y dos personas que atendieran las llamadas que se calcularon en unas 80 por minuto. La hora por radio, dada por la XEQK, vino a aliviar mucho esa atención. Como dato curioso voy a narrar que por 1917, al hacer sus experiencias el Sr. Prieto, cuyos conocimientos eran notables, instaló un receptor provisional con el que oía música de San Antonio, Texas. Muchas personas iban a oírla, prefiriendo eso a ver las estrellas; creo que fue en el Observatorio donde se oyó por primera vez música del extranjero.

Nuestro biografiado se preocupó siempre por transmitir sus conocimientos astronómicos a la gente joven; es así como en 1911 se inicia como profesor de cosmografía en la Escuela Nacional Preparatoria. En 1915 comienza su cátedra en la Escuela Nacional de Ingenieros y a partir de 1920 forma parte del profesorado de la Facultad de Filosofía y Letras. Su labor pedagógica siguió de manera ininterrumpida hasta 1946.

Joaquín Gallo estaba convencido de que "la cultura de un pueblo se juzga por la falta de supersticiones y por sus conocimientos astronómicos", razón por la cual, durante toda su vida, dio gran importancia a la divulgación de la astronomía. A este respecto nos dice (Gallo, 1960):

La labor de extensión cultural se inauguró en 1916, abriendo las puertas del Observatorio al público, pues había la costumbre que, para ver un astro a través del telescopio, diese el permiso el secretario de Fomento. Las visitas se establecieron los sábados, pero hubo necesidad de permitir que los jueves también fuese el público a observar. No faltó repórter americano que tomara fotografías de la gente formada, en gran cantidad, deseosa de llegar al ocular para ver Saturno, por ejemplo. Las escuelas tenían días especiales para asistir a conferencias de sus maestros o del personal del Observatorio y para ver la serie de fotografías que se exhibían en el octágono y la colección de instrumentos antiguos que se habían empleado en diversos trabajos. Las conferencias se sustentaron en Puebla, Toluca, Querétaro, San Luis Potosí, Guanajuato, León, Monterrey, Tampico, Veracruz, Jalapa, sin costo alguno para la Universidad o para los gobiernos estatales, gracias a la venta de tablas de logaritmos calculados por Carlos Rodríguez, editadas por el Observatorio. Siempre se procuró dar noticias y explicaciones astronómicas, sea por los diarios o por radio. En la biblioteca se sustentaban las conferencias ilustradas con proyecciones.

Como representante de México, viaja Gallo en 1918 al Congreso de la Sociedad Astronómica Norteamericana celebrado en Estados Unidos. Con el mismo carácter, va en 1922 al Congreso de la Unión Astronómica Internacional, efectuado en Europa.

El año de 1923 fue crucial para Joaquín Gallo, pues lo dedicó a preparar todo lo concerniente a la observación del eclipse total de Sol que ocurriría el 10 de septiembre de ese año y que sería visible a lo largo de una franja que cruzaría México desde Ensenada, Baja California, hasta Chetumal, Quintana Roo.

Gallo fue encargado por el gobierno de la República de prestar toda la ayuda necesaria a las diferentes expediciones científicas que vendrían de otros países. Los astrónomos mexicanos, encabezados por Gallo, se dividieron en dos grupos para la observación de este evento; uno se instaló en la Hacienda de Laguna Seca, San Luis Potosí, y el otro en las cercanías de la estación de ferrocarril de Yerbanís, Durango.

Nuestro gobierno aprobó un presupuesto de diez mil pesos para los gastos de las expediciones nacionales, traslado de instrumentos, manutención, compra de placas fotográficas, etc. A pesar de la aprobación, el dinero no llegaba, sufriendo Gallo humillaciones sin cuento, y finalmente tuvo que poner dinero de su propio peculio para los gastos iniciales de compra de material fotográfico.

A pesar de la difícil situación económica del observatorio, los resultados obtenidos por los astrónomos mexicanos fueron publicados, primeramente como una memoria técnica (Gallo, 1923), y posteriormente con carácter informativo y de divulgacion (Gallo, 1924).

Posteriormente al eclipse, Gallo viajó a Los Ángeles, California, donde se celebró una reunión para analizar la información obtenida por todos los astrónomos que asistieron a ese eclipse.

Durante su ausencia, quedó como encargado del observatorio el ingeniero Francisco Escalante, pero fue cesado por órdenes superiores por tener contacto con algunas personas pertenecientes a la orden de los Caballeros de Colón. Era la época de la persecusión religiosa emprendida por Calles y, durante ella, se pedía a los empleados públicos que concurrieran a patentizar su apoyo incondicional a la política del Presidente mediante manifestaciones, pero a quienes no acudían se les cesaba. Sin duda no fueron fáciles esos años para la ciudadanía y, menos aún, propicios para la investigación científica.

Durante toda la época revolucionaria, Joaquín Gallo vivió dentro de un espíritu de austeridad, ajeno a todo boato y, a veces, con dificultades enormes desde el punto de vista económico, pues en ocasiones el erario no tenía dinero ni para pagar el sueldo de los pocos empleados del observatorio. Pasaban las decenas, que era la forma como se pagaba entonces, y pasaban otras decenas y, de vez en cuando pagaba el gobierno alguna cantidad a cuenta de lo atrasado.

En 1928 recibe Joaquín Gallo el grado de doctor en ciencias por la Northwestern University de Chicago y, un poco antes, realiza en colaboración con el doctor Ladislao Gorcinsky importantes estudios sobre actinometría, trabajo que valió para que el gobierno polaco le otorgara una condecoración.

Esta es, puede decirse, la segunda etapa de la vida del ingeniero Gallo, durante la que se dedicó a la investigación astronómica y a la divulgación de sus conocimientos, pero a la vez, llena de problemas e incomprensiones. Llega hasta el año de 1929, en el que el observatorio pasó a depender de la Universidad Nacional de México —cuando ésta logró su autonomía—, aunque no en forma completa, pues el rector era designado por el presidente de la República.

Figura 3. Observatorio Astronómico Nacional en Tacubaya. Fotografía tomada en 1929.

El principio de la tercera etapa de la vida astronómica de Joaquín Gallo se inicia con el cambio de adscripción del Observatorio. El 11 de julio de 1929 apareció el *Decreto presidencial* que incorporaba ese centro de investigación a la estructura universitaria. En octubre de 1929 se hizo la entrega del material,

instrumentos y útiles del Observatorio por riguroso inventario. Creo innecesario decir que el Sr. Lic. Ignacio García Téllez, rector de la Universidad, se sirvió seguirme considerando como Director del Observatorio, después de haberlo entregado, lo mismo que la Estación Magnética de Teoloyucan. Había que celebrar ese paso; se solicitó que la antigua Avenida Zaragoza, se llamara Avenida Observatorio; que se asfaltara el pavimento de ella hasta frente a la Dirección de Geografía y se reanudaron las labores con entusiasmo, lográndose fotografiar al planeta X, llamado después Plutón, descubierto en el Observatorio Lowell, en Flagstaff, Arizona, el 31 de marzo de 1930 y se comunicó al Observatorio Harvard la posición y magnitud de ese planeta transneptuniano.

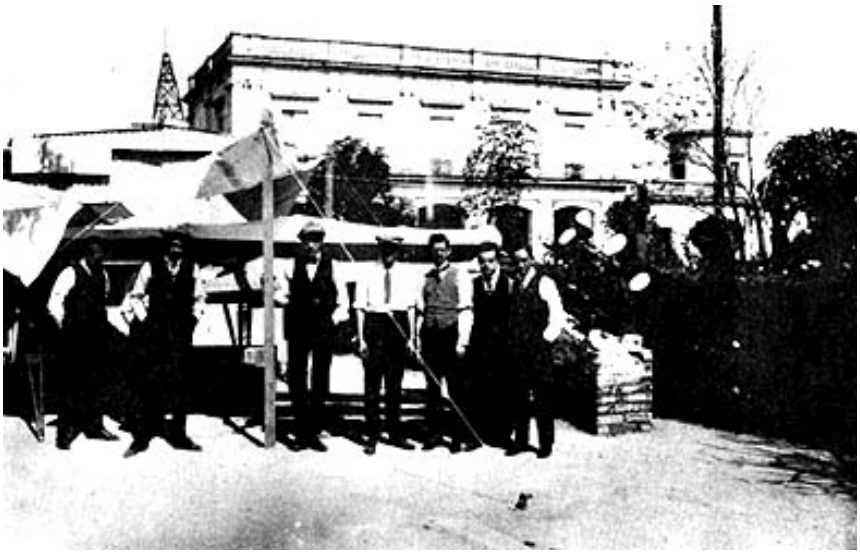


Figura 4. Don Joaquín Gallo (segundo de izquierda a derecha) y algunos de sus colaboradores, en los patios del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya.

Al ser ratificado el doctor Joaquín Gallo Monterrubio como director del Observatorio Astronómico Nacional, pasa a formar parte del Consejo Universitario y de algunas de sus comisiones. Posteriormente, fue designado interinamente secretario general y fungió como rector, por breve tiempo, cuando el licenciado García Téllez se ausentó para llevar a cabo su campaña electoral, pues pretendía la gubernatura de su estado, Guanajuato.

En l930 Joaquín Gallo recibe el grado de doctor en ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México.

Durante la época en que el general Lázaro Cárdenas quiso imponer obligatoriamente la educación llamada socialista a todos los niveles de enseñanza, la Universidad Nacional, secundada por otras universidades de la República y por parte muy importante de la ciudadanía, se opuso y enarboló la bandera de la "libertad de cátedra", despertando la ira del gobernante, quien retiró el subsidio, por lo que la Universidad Nacional Autónoma de México sufrió penurias sin cuento, pero logró que se respetara el derecho a la libre enseñanza universitaria y a la libre investigación, sin obedecer a doctrina alguna.

Esa época de lucha contra el poder del gobierno fue muy dura, pero gloriosa, pues campeaba el espíritu de libertad y, la universidad triunfó, pues por lo menos a nivel universitario, esa educación no se estableció.

Claro es que el observatorio resintió también la penuria que atravesó la universidad bajo el lema que le impuso el rector Manuel Gómez Morín de "Austeridad y Trabajo". Largos años pasaron para que la situación económica mejorara, pero no lo suficiente para la adquisición de instrumentos modernos para la investigación astronómica.

Los rectores con los que a Joaquín Gallo le tocó trabajar fueron: licenciado Ignacio García Téllez, ingeniero Roberto Medellín, licenciado Manuel Gómez Morín, doctor Fernando Ocaranza, licenciado Luis Chico Goerne, licenciado Mario de la Cueva, licenciado Rodolfo Brito Foucher, doctor Gustavo Baz, doctor Salvador Zubirán e ingeniero Nabor Carrillo.

Concurre como invitado a la inauguración, en 1939, del Observatorio de McDonald, Texas, estrechando vínculos de amistad y de recíproca colaboración científica con destacados astrónomos del mundo.

El 7 de abril de 1940, observa en la ciudad de Chihuahua el eclipse anular de Sol. Ese mismo año publica la *Memoria* correspondiente (Gallo, 1940). En ella nos dice, entre otras muchas cosas:

Muy interesante es la observación hecha por el Sr. Dr. Gilberto Pérez Rodríguez, secundado por una pléyade de radioaficionados. Sabido es que las trasmisiones de radio de la ciudad de México no se escuchan en Chihuahua durante el día, es decir, mientras dura la acción solar, la ionósfera no está en condiciones de reflejar las ondas con un ángulo tal que llegue a esa lejana capital. [...] repentinamente se oyeron las estaciones de México a las 15h 10m con gran intensidad. A esa hora la superficie eclipsada del Sol era sensiblemente un 65 por ciento.

El 23 de noviembre de 1940, se realizó una ceremonia por los XXV años que cumplía Joaquín Gallo como director del observatorio de Tacubaya. Con ese motivo, el rector de la Universidad, doctor Gustavo Baz, le hizo entrega de un diploma y una medalla conmemorativa por los servicios prestados a la ciencia mexicana y a la Universidad Nacional Autónoma de México.

A fines de 1943, en plena segunda Guerra Mundial, Joaquín Gallo parte hacia Perú, encabezando una misión mexicana para observar el eclipse total de Sol que ocurrió el 25 de enero de 1944. Luis Enrique Erro, director del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla [2], tuvo mucho empeño en que se realizara esa misión, consiguiendo del gobernador del estado de Puebla y del presidente de la República, general Manuel Ávila Camacho, algunas facilidades para el viaje, sin embargo, a última hora Erro no pudo asistir.

El viaje resultó un tanto azaroso, pues a bordo de un pequeño barco de guerra de nuestra armada, el *Querétaro,* sorteando riesgos y dificultades, se trasladó la misión hasta El Callao, puerto principal cercano a la capital peruana, de donde emprendieron un recorrido de 770 kilómetros por una carretera en regular estado, para llegar a Chiclayo, en el norte de Perú en donde se llevó a cabo la observación, dejando muy bien plantada la bandera de México, pues la nuestra fue la única misión extranjera que concurrió a efectuar la observación de ese eclipse, por el riesgo de viajar durante la guerra. Un poco después de su regreso a México, Félix Recillas publicó (Recillas, 1944) una descripción de este viaje.

Por causas de enfermedad, el 28 de agosto de 1946 se retira Joaquín Gallo de Sus labores en la universidad, en el observatorio y en las cátedras. Se le designa director honorario del observatorio y el Consejo Universitario lo nombra investigador emérito.

Así llegamos a la cuarta etapa de la vida del doctor Gallo, quien el 30 de abril de 1947 entrega el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya al doctor Guido Münch, encargado de la dirección, junto con todas las pertenencias bajo riguroso inventario y dejando también la casa que durante tanto tiempo había ocupado en el propio observatorio.

Un poco después publica un *Curso de cosmografia* (Gallo y Anfossi, 1949) que, arreglado por el maestro Anfossi, fue declarado texto oficial de la materia en la Escuela Nacional Preparatoria. Y, a la fecha, continúa siendo impreso en nuevas ediciones para uso de los estudiantes de preparatoria.

Durante su tiempo libre cuida de su salud y se dedica a escribir folletos y memorias sobre los eclipses que observó durante su larga vida de astrónomo.

Ya anteriormente había escrito algunos folletos de divulgación que se distribuían en forma gratuita: El *EL Sistema Solar, Las estrellas, Las nebulosas* y una *Carta lunar* son algunos de ellos. Había escrito además

numerosos artículos en periódicos y revistas.

Estuvo presente en la inauguración, en Tonantzintla, Puebla, de la Estación de Observación Astronómica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Durante 1951/1952 es miembro de la junta de Gobierno de la Universidad, de la que se retira al cumplir la edad de 70 años, según los reglamentos. En 1959 inaugura el planetario construido por la Sociedad Astronómica de México, primero de la República. En 1960 celebra sus bodas de oro matrimoniales. En 1962 la Sociedad Astronómica de México le rinde homenaje y le otorga una medalla por haber dedicado toda su vida a la astronomía.

Muere a las 5.15 de la mañana del 19 de octubre de 1965 y es sepultado el día 20, diciendo la oración fúnebre el licenciado Mario de la Cueva, en representación de la universidad.

En la madrugada de esos días podía observarse en todo su esplendor el cometa Ikeya— Seki, por lo que podemos decir que la vida de este astrónomo, universitario y hombre cabal, transcurrió entre cometas y eclipses.

BIBLIOGRAFÍA

Gallo, J., "The Eclipse Expedition of the Mexican National Observatory", *Popular Astronomy,* vol.31, núm. 9, 1923.

—, *El eclipse total de Sol del 10 de septiembre de* 1923, Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, México, 1924.

—, *Memoria de la observación del eclipse de Sol,* Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, Imprenta Universitaria, México, 1940.

—, *Panorama de la astronomía en México,* edición particular, México, 1960.

—, y A. Anfossi, *Curso de cosmografía,* Publicistas e Impresores; Beatriz de Silva, México, 1949. La séptima edición de esta obra fue editada en 1977 por Editorial Progreso, México.

Gallo Sarlat, J., *El ingeniero Joaquín Gallo Monterrubio, astrónomo, universitario y hombre cabal,* edición particular, Cerrada Presa Escolta 185, San Jerónimo, C. P. 10200, México, 1982.

León, G. L., *Los progresos de la astronomía en México desde* 1810 *hasta* 1910, Tipográfica de la Viuda de F. Díaz de León, México, 1911.

Recillas, F., "Mexican Eclipse Expedition", *Sky and Telescope,* núm. 31, 8—9, 1944.

Valle, F., *Informe del director sobre el resultado de la Comisión Mexicana para la Observación del Eclipse Total de Sol del 30 de agosto de 1905,* Observatorio Astronómico Nacional, Imprenta y Fototipia de la Secretaría de Fomento, México, 1908.

NOTAS

1 La espectroscopía estudia la composición química mediante el análisis de la luz, mientras que la actinometría es la parte de la física que se encarga de la medida de las radiaciones en general y de la radiación solar en particular.

2 Véanse, por ejemplo, los trabajos de B. Bok y P. Pismis en este volumen.

IX. ASTRONOMÍA MEXICANA 1930-1950*[1]

BART J. BOK

ENTRE LOS años treinta y cuarenta fui observador y, en parte, un participante en el renacimiento de la astronomía mexicana. En esta ocasión deseo contarles la historia de la manera como yo la vi. Hablaré brevemente sobre las contribuciones hechas por dos mexicanos amigos míos, Luis Enrique Erro y Guillermo Haro, los cuales dominaron el escenario de la astronomía mexicana durante los años que van de 1930 a 1950. Luis Enrique murió de un ataque cardiaco en 1955 a la edad de 58 años y hoy estamos honrando a un sano y vigoroso Guillermo que, esperamos, estará con nosotros durante varias décadas más. Con estos dos astrónomos han trabajado durante el periodo que estamos recordando alrededor de una docena de gente más joven, la mayoría de la cual está presente aquí. Voy a nombrar en especial a dos de ellos, en primer lugar a Carlos Graef Fernández y, en segundo, a París Pismis de Recillas. Pero primeramente me gustaría hablar sobre los comienzos de la nueva astronomía mexicana, que se desarrolló bajo el liderazgo de Luis Enrique Erro.

Cuando conocí a Erro, era un diplomático mexicano de origen español, afable y refinado, y un ardiente observador aficionado de estrellas variables. Fue amigo cercano de León Campbell [2] y se le reconocía como uno de los miembros más trabajadores de la Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables.

A mediados de los años treinta., Erro era conocido como un importante revolucionario mexicano que, más tarde, habría de ayudar a Lázaro Cárdenas a construir el México nuevo. Diez años antes, a mediados de los años veinte, Erro tuvo que exiliarse en Cuba, desde donde dirigía el contrabando de armas hacia Veracruz, apoyando de esta manera a la Revolución mexicana, que estaba entonces en su fase armada. Después de terminada la etapa violenta de la revolución, regresó a México, ocupando varios cargos dentro del gobierno. Durante el mandato del presidente Cárdenas llegó a ser asesor presidencial, y ocupó este puesto desde 1935 hasta 1955. En la historia de México siempre será recordada su actuación como diputado (1933-1934), desde la cual intervino muy directamente en la radicalización del Artículo 30 de la Constitución Política Mexicana. Este artículo, donde se establece que la educación primaria es obligatoria, gratuita y laica, está basado en la separación entre Estado e Iglesia.

Erro sufría de una dolencia que lo limitaba de manera severa: la sordera. Al presidente Cárdenas le preocupaba mucho esto y, en parte para ayudar a Erro a obtener el mejor aparato auditivo que en aquel entonces fuera posible comprar, lo nombró su embajador en Francia. En París, Erro pudo conseguir un buen aparato auditivo y era éste el que usaba cuando lo conocí en el observatorio de la Universidad de Harvard.

Existe una simpática historia sobre su aparato auditivo. Uno similar era usado por Annie J. Cannon, famosa por haber participado en la preparación del *Catálogo estelar* de Henry Draper. Durante las fiestas que se daban en la residencia Shapley en el observatorio de Harvard, tanto Erro como Annie Cannon oían, cada vez que se acercaban, silbidos en sus aparatos. Fue un intercambio clásico basado en un fenómeno de inducción en acción. Pero mientras esto no se aclaró, la señorita Cannon no creía que fuera muy correcto que ese guapo y esbelto diplomático mexicano de bigote le estuviera silbando constantemente durante la fiesta.

En los comienzos de nuestra amistad, Erro me había platicado sobre el crítico encuentro entre él y Cárdenas, y el significado que tuvo para el futuro de la astronomía en México. El presidente sintió que había llegado la hora de recompensar a Erro por los servicios prestados a la revolución y al joven gobierno revolucionario. Así que le preguntó a Luis Enrique qué era lo que deseaba para sí mismo. La respuesta fue: "Un observatorio nacional para México". Cárdenas estuvo de acuerdo, pero le preguntó de inmediato a Erro de qué manera pensaba llevar a cabo este propósito si en el país no se contaba con experiencias

técnicas y sólo había un observatorio, el de Tacubaya, dirigido por Joaquín Gallo.[3] Las principales actividades del observatorio de Tacubaya eran cronometrar la hora para México, completar la preparación de la zona mexicana para la *Carta del cielo*, el catálogo astrográfico y publicar un *Anuario.* Erro le contestó que contaba con buenos contactos en el Observatorio de Harvard, donde había llegado a conocer, a través de Leon Campbell y la AAVSO, al gran Harlow Shapley. De esta manera, Erro llegó al observatorio de Harvard, primero en 1939 solo, y después en 1940 con su colaborador Carlos Graef. En el observatorio de Harvard, Shapley había organizado varias reuniones informales a las cuales fueron invitados Cecilia Payne-Gaposchkin, Fred Whipple, Donald Menzel, George Dimitroff y yo, y fue allí donde surgió, poco a poco el plan básico que condujo más tarde a la fundación del observatorio de Tonantzintla.

Durante el par de años que había transcurrido desde la conversación entre Erro y Cárdenas, en México se habían producido varios cambios. Cárdenas había nacionalizado la industria petrolera y la revolución social de México, alcanzando ésta así su mayoría de, edad. En la sucesión planeada de presidentes mexicanos, Cárdenas fue sucedido por Manuel Ávila Camacho, nativo del estado de Puebla y amigo por muchos años de Erro. También Ávila Camacho se expresó muy en favor del plan de Erro, pero insistió en que el nuevo observatorio fuese construido en el estado de Puebla. En este propósito lo apoyaba enérgicamente el médico Gonzalo Bautista, competente gobernador de Puebla. Fue lástima que Bautista muriera tan joven, ya que tenía madera para llegar a presidente.

Tras consultar con Ávila Camacho y Bautista, Erro eligió un cerro cercano a Tonantzintla, aproximadamente a 13 km de la ciudad de Puebla, como el sitio indicado. En este tiempo era un sitio excelente, pero diez años después la contaminación luminosa y de polvo industrial había cobrado su tributo y el lugar se convirtió, en el mejor de los casos, en mediocre. Desde el cerro del observatorio uno tiene una magnífica vista del Popocatéped y el Iztaccíhuatl, del Paso de Cortés, de la pirámide de Cholula y de la montaña de la Malinche. También se tiene una vista panorámica del valle de Cholula con sus 366 iglesias —una para cada día del año y una extra para los años bisiestos—.[4] El observatorio de Tonantzintla, que alberga actualmente la sede del Instituto Nacional de Astronomía, óptica y Electrónica (INAOE), dirigido por Haro, así como el reflector de un metro de diámetro y el antiguo refractor de la *Carta del cielo* (operados por el Instituto de Astronomía de la UNAM), ya no es lugar apropiado para montar nuevos telescopios. Partiendo de Puebla, el observatorio es fácil de encontrar. Se toma la carretera panamericana hacia Atlixco, se da vuelta a la derecha en Tonantzintla, donde pronto se llega a la avenida Annie J. Cannon, la cual conduce a uno directamente al observatorio. El lugar bien vale la pena de ser visitado.

Al principio de los años cuarenta viajé al observatorio de Tonantzintla dos veces: una vez en agosto de 1941, cuando la construcción se hallaba en plena marcha, y otra vez en febrero de 1942, durante la ceremonia de inauguración, ¡sólo unas semanas después de Pearl Harbor!

Figura 1. 17 de Febrero de 1942; el presidente Manuel Ávila Camacho inaugura el Observatorio Astrofísico Nacional instalado en Tonantzintla, Puebla.

Puede ser de interés hacer notar aquí que el vicepresidente de Estados Unidos, Henry Wallace, envió un mensaje a Harlow Shapley diciéndole que complacería al presidente Franklin D. Roosevelt que los astrónomos estadounidenses aceptaran la invitación a la ceremonia de inauguración hubiera o no guerra.

El presidente Ávila Camacho nombró a Erro director del nuevo observatorio. Aquél, por su parte, designó a Carlos Graef director asistente. Graef, que posee el grado de doctor en matemáticas del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), había sido alumno en el MIT de Manuel Sandoval Vallarta, el bien conocido físico mexicano especialista en rayos cósmicos, ya fallecido. Los profesores Escalante, Urquijo Alba y Recillas fueron los primeros miembros integrantes del personal de Tonantzintla. Juan Presno fungió como bibliotecario y administrador.

Figura 2. Luis Enrique Erro (primera fila, extrema derecha) y algunas personalidades invitadas a la ceremonia de inauguración del Observatorio Astrofísico Nacional instalado en Tonantzintla, Puebla.

Los instrumentos principales del nuevo observatorio comprendían un reflector Schmidt 27-31, óptica de Perkin-Elmer y mecánica del taller del observatorio de Harvard. No fue asunto fácil terminar un telescopio cuando se iniciaba la movilización general que siguió a la entrada de Estados Unidos en la segunda Guerra Mundial, pero se logró —y además con gran prontitud—. El nuevo telescopio tenía algunos defectos que no detuvieron su operación, pues pudieron ser corregidos después de terminada la guerra en 1945. La adición de mayor importancia hecha al telescopio posteriormente fue la adquisición de un prisma objetivo de ángulo de 4º que ofreció nuevas oportunidades de investigación durante la dirección de Haro.

Para completar el equipo original de telescopios del observatorio se compraron un refractor visual de 12 pulgadas y varias cámaras de 3-5 pulgadas de la variedad de patrullaje usadas en Harvard. Al principio, las investigaciones consistieron principalmente en hacer estudios de los colores estelares, de las magnitudes y espectros de la Vía Láctea austral. Más tarde se efectuaron estudios solares. El trabajo inicial de investigación recayó en ciertos campos de las constelaciones *Puppis y Vela*, de la región del centro de la galaxia y del polo galáctico Sur. Se han llevado a cabo esfuerzos heroicos para explorar más al sur, pero desde la latitud 19ºN las oportunidades de fotografiar la estrella Carina, la constelación de la Cruz del Sur y las Nubes de Magallanes son muy limitadas.

La inauguración del observatorio de Tonantzintla (17 de febrero de 1942) fue todo un acontecimiento. El presidente Ávila Camacho y el gobernador Bautista —y Erro sobre todo— hicieron los honores. Más de mil personas se reunieron, entre ellas altos funcionarios del gobierno, soldados y hombres de negocios sin

olvidar la prensa. Además, se encontraban presentes alrededor de 30 prominentes astrónomos estadounidenses y canadienses y también prácticamente todos los astrónomos profesionales o aficionados de México. A causa de la guerra no pudieron asistir los astrónomos de la URSS y de otros países europeos.

El nacimiento y la inauguración del observatorio de Tonantzintla están relatados minuciosamente en los informes escritos por Mayall (1942), Menzel (1942), Payne-Gaposchkin (1942) y Bok (1941).

Con alegría especial recuerdo un incidente de la inauguración. Un gran número de personas importantes se había reunido en el edificio donde estaba colocado el reflector tipo Schmidt para presenciar cómo el presidente Avila Camacho y el gobernador Bautista oprimían los botones para hacer mover el telescopio. Yo me quedé atrás con el resto del grupo oficial, cuando entro, en tropel, un gran número de campesinos de Tonantzintla y sus alrededores, vestidos con sus trajes de manta blanca. Me saludaron, y uno de ellos dijo con orgullo: "Señor profesor, éste es nuestro telescopio."

Después de la inauguración tuvo lugar la Conferencia Científica Interamericana, que comenzó en la Universidad de Puebla y siguió en la Universidad Nacional Autónoma de México, que en aquel entonces se encontraba en el corazón de la ciudad de México. Un informe publicado en *Sky and Telescope* y escrito por Payne-Gaposchkin cubre esta fase del gran recorrido, que terminó con nuestra visita a la Universidad de Morelia, donde fueron conferidos cuatro grados honorarios: los recipientes fueron Sandoval Vallarta, H. N. Russell, W. S. Adams y H. Shapley.

Pasados los días de la inauguración y de la conferencia, Erro se puso a trabajar en la edificación de la astronomía y la astrofísica modernas de México. Los primeros años no fueron nada fáciles: el director pensó que algunos de los mejores físicos pasarían gustosamente a Tonantzintla para convertirse en astrofísicos, mas no resultó de la manera como fue planeado. La historia ha sido contada bella y comprensivamente en un ensayo intitulado *Luis Enrique Erro and the Dawn of Astrophysics in Mexico,* escrito por Paris Pismis. Paris se encontraba presente en la inauguración y se había unido al personal del observatorio de Tonantzintla unas semanas antes. Cuando escribió su historia, Erro ya había fallecido y ella trabajaba en la Universidad de México, donde actualmente es uno de los miembros más prominentes del grupo de astronomía, y recientemente se la nombró investigadora emérita.

Sin embargo, Erro pudo persuadir a Agustín Prieto, Octavio Cano y Luis Rivera Terrazas de venir a Tonantzintla —los tres, hombres muy capaces—y, además, había reclutado a un joven, Guillermo Haro. Conocí a Haro en la ciudad de México bajo circunstancias que él quizá ya olvidó. Estudiante recientemente graduado de la Facultad de Filosofía de la Universidad de México, llegó a ser por un tiempo reportero del diario *Excélsior* de esa capital. Erro me indicó que había hecho arreglos para que Haro me entrevistara y así fue como Haro y yo nos conocimos. Haro aceptó la oferta de Erro. En 1943 Haro viajó a Harvard con una beca especial y se quedó allí alrededor de un año, principalmente con el fin de familiarizarse con la variedad de telescopios de la estación de Oak Ridge. Para mí (y para Priscilla, mi esposa, y nuestros hijos) fue un año muy grato, ya que todos llegamos a conocer muy bien a Guillermo. Su primer artículo científico lo escribió durante el tiempo de su estadía en Harvard (Haro, 1944). Desde un principio, Guillermo mostró un gran interés en el descubrimiento de estrellas débiles muy rojas o muy azules. Al principio aplicó en nuestro reftactor Ross de 8 pulgadas el método de descubrimiento Tikhov (véase *Astron. Nachr,* 218, 145, 1922). El lente del refractor de 8 pulgadas tenía una curva de color con pendiente apropiada a ese trabajo. Más adelante, pasó a placas de imagen múltiples, expuestas a través de tres filtros sucesivos sobre emisiones 103a e IN. Su pericia y perseverancia en descubrir objetos luminosos extremadamente débiles produjeron ya resultados durante su larga estadía en Harvard. Estos persisten hasta el presente y le han traído gran fama como observador y descubridor a través de los últimos 40 años.

Carlos Graef, un matemático y físico de corazón, no llegó a sentirse en el observatorio de Tonantzintla realmente como en su casa. Decidió regresar a la física y a la ciudad de México. Después de su partida, Guillermo Haro se convirtió en la mano derecha de Erro. Los contactos con la Universidad de México se hicieron gradualmente más estrechos y, en 1948, el rector de la Universidad nombró a Haro director para que se encargara de la reorganización del observatorio de Tacubaya. Joaquín Gallo se había jubilado en

1946 y se le había nombrado director emérito. Fue Guillermo Haro quien se ocupó de que los jóvenes y prometedores astrónomos mexicanos fuesen a las mejores universidades extranjeras a obtener su doctorado. Y fue él quien dirigió la búsqueda del sitio para el nuevo Observatorio Astronómico Nacional, que finalmente quedó instalado en la sierra de San Pedro Mártir, en Baja California.

Desde 1953 hasta el presente, Haro ha producido un verdadero torrente de artículos científicos. Para esta ocasión, Manuel Peimbert presentó un resumen de las contribuciones de Haro a la ciencia y yo no intento duplicar el esfuerzo de Manuel. Creo suficiente decir que el nombre de Guillermo se halla firmemente asentado en los anales de la astronomía. Los objetos Herbig-Haro y una clase de galaxias azules llevan su nombre. Uno piensa en él, y en el de mis buenos amigos del observatorio de Byurakan, cuando se refiere a las estrellas ráfagas. La inteligente y perspicaz perseverancia de Haro lo ha llevado al descubrimiento de estrellas azules cerca de los polos galácticos, de nuevas nebulosas planetarias y de estrellas de alta luminosidad. Su colaboración con gente como Braulio Iriarte y Enrique Chavira ha producido varias listas de novas, supernovas y objetos de líneas de emisión. Guillermo, junto con Eugenio Mendoza, fue directamente responsable de traer la astronomía infrarroja a México. En suma, hizo avanzar nuestros horizontes galácticos y extragalácticos.

Para concluir mi historia sobre Guillermo Haro, quisiera hacer por lo menos una breve referencia a su larga lista de grados honoríficos y premios. Mencionaré aquí únicamente dos premios —uno muy bien conocido, el otro pocas veces mencionado—. El primero se refiere a su labor, de 1961 de 1967, como primer vicepresidente latinoamericano de la Unión Astronómica Internacional (IAU), un reconocimiento de alcance mundial a sus logros científicos. Señalaré que en agosto pasado, en Patras, Grecia, Manuel Peimbert fue elegido como el tercer vicepresidente latinoamericano de la IAU. Y además, todavía le estoy muy agradecido a mi amigo Jason Nassau, hace mucho tiempo fallecido, por haber gestionado un doctorado *honoris causa* que le fue otorgado a Guillermo Haro por la Case Western University.

El joven revolucionario que años atrás, en 1941, me entrevistó para *Excélsior* ha llegado seguramente lejos. Nunca pensé que él y yo veríamos el día en el que sería considerado el decano de los astrónomos mexicanos.

BIBLIOGRAFÍA

Bok, B., "Mexico's New National Observatory", *Sky and Telescope,* Vol. 1, núm. 2, 3-4, 1941.

Haro, G., *Prooeedings of the National Academy of Science,* vol. 30, 247, 1944.

Mayall, N. U., "Mexico Dedicates a New Observatory", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol.* 54, núm. 319, 117-122, 1942.

Menzel. D. H., "Sojourn in Mexico", *Sky and Telescope,* vol. 1 núm. 7, 3-5, 1942.

Payne-Gaposchkin, C. H., 1942, *Sky and Telescope,* vol. 1, núm. 6.

P. Pismis, "Luis Enrique Erro and the Dawn of Astrophysics in Mexico", en prensa.

NOTAS

* Traducción de Jana Banda.

1 Discurso pronunciado el viernes 25 de febrero de 1983, en la cena del Simposio Científico Internaciónal celebrado en honor de Guillermo Haro.

2 Leon Campbell, astrónomo del Observatorio de Harvard, fundó y organizó en 1911 una organización de

astrónomos aficionados para el estudio de estrellas variables, llamada desde entonces American Association of Variable Star Observers (AAVSO).

3 Véase el trabajo de Joaquín Gallo Sarlat en este mismo volumen.

4 En realidad no hay 366 iglesias; además, muchas de estas construcciones son capillas que sólo se usan eventualmente para el culto.

Indice

X. EL AMANECER DE LA ASTROFÍSICA EN MÉXICO

PARIS PISMIS

EL AÑO es 1942. En una colina que delata la historia prehispánica de México, se elevan edificios, casetas dispersas recién construidas, su color amarillo brillando intensamente bajo un sol invernal. Se aguarda la llegada del presidente don Manuel Ávila Camacho y su comitiva. Están congregados alrededor de la escalinata del edificio principal, frente a los dos volcanes, los dirigentes del pueblo de Tonantzintla, del estado y la ciudad de Puebla, un grupo representativo de reconocidos intelectuales, maestros, científicos mexicanos, secretarios de Estado, diputados, senadores, entre otros, y un elenco de astrónomos-astrofísicos norteamericanos. Los europeos se encontraban aislados a causa de la segunda Guerra Mundial. Así se celebraba la inauguración del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla el 17 de febrero de 1942, acto que daría la pauta y marcaría el principio de una época que continuamos.

La fundación del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla fue la obra, y no será exageración decirlo, de una persona, un entusiasta astrónomo aficionado, Luis Enrique Erro. Don Luis era ampliamente conocido en los círculos políticos a través de sus variadas funciones en la política del país como innovador y ahora vertía toda su capacidad y energía en crear una institución que conduciría la astronomía de un solo brinco hacia la astronomía moderna, la astrofísica. Este fue un brinco arriesgado, más aún cuando el país no contaba con jóvenes entrenados en esta disciplina. El pasado ha mostrado que los adelantos en la ciencia y la cultura pocas veces ocurren paulatinamente, sino bruscamente, de modo discontinuo. Son la visión y la creatividad y en no menor medida el espíritu de aventura los que abren los nuevos horizontes. Luis Enrique Erro fue uno de estos espíritus audaces y quien hizo posible tal avance en la astronomía en nuestro país. Su obra abrió el camino para encauzar la astronomía mexicana del siglo pasado al siglo XX.

Aunque el instrumental disponible del observatorio era escaso, se contaba con un gran telescopio de 26-30 pulgadas, tipo Schmidt, de diseño novedoso, instalado bajo una insólita cúpula dodecagonal. En 1936 el óptico alemán Schmidt ideó y construyó el primero de este tipo de telescopios, los cuales tienen un espejo esférico (los reflectores clásicos tienen espejos parabólicos), al cual acoplándole una placa de vidrio delgado: placa correctora, con una superficie tallada se logra que las imágenes, de otra manera malas, se corrijan a un área puntual simétrica pequeña, dando así la posibilidad de alcanzar objetos muy débiles. Las fotografías con este instrumento son igualmente buenas y nítidas en toda la extensión que cubre el campo, 5º x 5º. No es mi intención describir en más detalle tal télescopio, sino enfatizar que Tonantzintla fue una de las pocas instituciones en poseer una cámara Schmidt de las más grandes que existían en esa época. El observatorio fue construido casi simultáneamente a los de Harvard, al del Case Institute of Technology, de Cleveland, y al observatorio de la Universidad de Michigan. La óptica fue obra de Perkin-Elmer, firma que aún hoy es una de las mejores en su ramo, y las partes mecánicas en los talleres del observatorio de Harvard. El encargado de la estación de observaciones de Harvard, el doctor George Z. Dimitroff, viajó a México y supervisó personalmente el montaje del telescopio e hizo la demostración, ante los asistentes a la ceremonia de inauguración, de que el telescopio funcionaba: ¡Sí obedecía a los controles eléctricos! Creo que en las noches anteriores Dimitroff, los ayudantes mecánicos y tal vez el mismo don Luis habían pasado muchas horas sin descanso en el telescopio dándole los últimos retoques.

Un dato curioso es que las partes del telescopio fueron conducidas en camión desde Cambridge, Mass., hasta la frontera en Laredo por dos jóvenes astrónomos, ambos estudiantes graduados de Harvard; uno mexicano y el otro norteamericano, ambos menores de 25 años de edad. Es muy loable tal demostración de confianza hacia la juventud, fe y confianza que me parecen justificadas y las cuales comparto siempre y ampliamente.

Como parte relevante de los festejos de inauguración se celebró un simposio con la asistencia de científicos mexicanos y una treintena de los astrofísicos más distinguidos de la época; entre ellos, por supuesto, el doctor H. Shapley, director del observatorio de Harvard, del que puede decirse fue el padrino

del observatorio de Tonantzintla; el profesor Henry Norris Russell, director del observatorio de la Universidad de Princeton; el doctor W.S. Adams, director del observatorio de Monte Wilson; el doctor O. Struve, director del observatorio de Yerkes, de la Universidad de Chicago; el doctor J. A. Pearce, director del Dominion Astrophysical Observatory de Canadá, y otros directores más. Don Manuel Sandoval Vallarta, entonces profesor de física en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT); Robert McMath, el astrónomo solar; Joel Stebbins, el pionero en fotometría fotoeléctrica, y un grupo de astrónomos de Harvard como Donald Menzel, F. L. Whipple, los esposos Gaposchkin, el doctor Bok y el gran matemático G. D. Birkhoff de la Universidad de Harvard, por mencionar sólo unos cuantos.

La primera sesión del simposio tuvo lugar en Tonantzintla; los temas tratados fueron sobre la estructura y la constitución de la Vía Láctea, nuestra galaxia, y la relación de ésta con otros sistemas galácticos. Es de lamentar que las memorias de esta reunión no fueran editadas a pesar de la insistencia de los ponentes; más tarde los autores tuvieron que publicar sus contnbuciones en diferentes revistas.

Algunos de los resultados expuestos en esa reunión han sobrevivido al escrutinio de las investigaciones posteriores. La relación del material difuso con las estrellas había sido el tema de varios trabajos. La formación de estrellas por condensación de nubes de polvo interestelar propuesta por Whipple es aún hoy un proceso aceptable. Whipple proponía un mecanismo interesante: según él la radiación de una fuente cercana causaría una asimetría en la presión de la radiación sobre el polvo y no estando presente en el lado de sombra, tenderían las partículas a juntarse. La composición del material interestelar en forma de nubes fue propuesta por Stebbins con base en sus mediciones fotoeléctricas.

Adams, por otra parte, también proponía que la estructura del material interestelar se hallaba en forma de nubes; sus argumentos se basaban en la multiplicidad de las líneas interestelares observadas en el espectro de las estrellas. Hoy en día tal estructura del material entre las estrellas es ampliamente conocida.

Los doctores C. Graef, J. Lifchitz, Martínez y Baños presentaron trabajos teóricos sobre la trayectoria de los rayos cósmicos en el campo de la Tierra, tema en que el doctor Sandoval Vallarta fue pionero. El doctor D. H. Menzel expresaba elocuentemente la relevancia de esa reunión, al decir (traduciendo sus palabras) que "no cabe duda de que la conferencia fue una de las más importantes de la historia de la ciencia. Su valor, medido solamente con el gran número de nuevos adelantos y descubrimientos reportados por primera vez, fue verdaderamente grande". (*Sky and Telescope*, vol. I, abril de 1942.)

Las festividades incluyeron un amplio margen de actos sociales, recepciones, banquetes, paseos. La Universidad Nicolaita de Morelia, una de las más antiguas de este continente, confirió grados honoríficos de doctor en ciencias a los doctores Adams, Russell, Shapley y Sandoval Vallarta, en una ceremonia solemne en su sede. Todos los participantes expresaron, aparte de su agradecimiento, satisfacción porque la astronomía contaba ahora con un observatorio en una latitud geográfica de +19º, desde donde podría alcanzarse a estudiar casi la totalidad de la Vía Láctea.

Pasada la emoción de la inauguración y disminuida la euforia, comenzamos a afrontar la realidad. Estábamos en una institución que había nacido de la nada, con elementos humanos que se enfrentaban con un tema nuevo o bien fragmentariamente conocido. Un ambiente de investigación no se puede crear por decreto y Tonantzintla no podía ser una excepción. Es cierto que se tenía un director dotado de una vitalidad y visión extraordinarias, y un subdirector, un brillante físico teórico, Carlos Graef, recién doctorado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, pero no adiestrado como astrónomo. En este punto, quisiera recordar las ideas de un astrofísico teórico, cuyo nombre cada astrofísico debe conocer; Svein Rosseland, de Noruega, el primero en escribir un libro sobre astrofísica teórica. Teniendo, él mismo, un excelente entrenamiento en física teórica, decía con cierto resentimiento que los físicos creen poder conquistar la astrofísica de inmediato, pero se equivocan, pues la astrofísica tiene un método de atacar problemas bien diferente y no se puede aprender a sentirlo en unas cuantas semanas: la astronomía es una ciencia esencialmente observacional, mientras que la física es esencialmente experimental.

Mi charla no será del todo elogiosa con respecto a la situación observada en las etapas iniciales. Pero

espero poder mantener cierta objetividad apoyándome en los siguientes argumentos. Durante varios años de mi estancia en el observatorio de Harvard había tenido ocasión de conocer, al lado de los temas cultivados allá, variados temas de actualidad a través de los astrónomos visitantes de relieve que pasaban largas o cortas temporadas en Harvard. Anteriormente, durante mis estudios de doctorado, había presenciado y compartido los esfuerzos de la formación de un instituto astronómico, el Observatorio de la Universidad de Estambul, al lado de investigadores alemanes. Creo haber tenido, por lo tanto, una perspectiva adecuada para permitirme ahora la libertad de presentar con franqueza mis impresiones de la lucha de los primeros años de la astrofísica de Mexico.

El nuevo observatorio naturalmente carecía de raíces, buscaba una orientación. Un grupo de jóvenes entrenados en la Universidad de México en física teórica, en especial bajo la tutela de A. Baños, estaba entusiasmado ante la perspectiva de hacer astrofísica. Se trataba de crear un profesionalismo. Sólo uno de ellos había tenido la suerte de estudiar (enviado por Erro) posgrado por un año en Harvard, en donde impresionó con su capacidad y su conocimiento firme de la física y las matemáticas a algunos profesores, entre ellos el astrónomo teórico D. H. Menzel.

Se procuró dar instrucción astronómica a estos jóvenes en el propio observatorio de Tonanzintla. El mismo Luis Enrique Erro les daba charlas sobre temas generales de astronomía también durante las largas noches de observación en el telescopio, animándolos y entusiasmándolos. Hubo un seminario en mecánica cuántica complementado con el libro de Zamanzky y muy bien dirigido por Carlos Graef. A esto siguió otro seminario sobre la dinámica de sistemas estelares basados en el libro recién aparecido de Chandrasekhar. Esta última actividad condujo a la elaboración de la tesis de licenciatura de Fernando Alba. El tema de la tesis le interesó al mismo Chandrasekhar, pues se trataba de evaluar el efecto de los encuentros estelares dentro de un cúmulo donde la distribución de velocidades se suponía elipsoidal en lugar de esférica, generalizando así el tratamiento de Chandrasekhar. Siguiendo la sugerencia de Erro, di un cursillo sobre fotometría astronómica.

Por otro lado, el telescopio Schmidt no tenía una óptica tan buena como se esperaba. Aun así se trató de llevar adelante algunos programas sobre estadística estelar. En esencia, eran determinaciones sobre magnitudes y colores de las estrellas en la región sur de la Galaxia y conteo de estrellas. Este último era un legado de Harvard; pero de la sección decadente de ese observatorio. El tiempo mostró lo que algunos veíamos anticipadamente, lo obsoleto de tal investigación. La estadística es un buen método si se aplica haciendo selecciones continuas. La estadística estelar a base de conteos estelares no es la solución al problema de encontrar la estructura, la distribución del material estelar o de polvo y gas en nuestra Galaxia. Sospecho que dicho programa se adoptó en reconocimiento a Harvard por la ayuda que nos había prestado en la construcción del telescopio y en el donativo de una cámara chica que cubría gran campo. Pero con lo que se disponía de instrumental en ese momento, bien podían hacerse contribuciones valiosas sobre cúmulos estelares en la galaxia. No fue la estadística de un campo general, sino de objetos específicos como los cúmulos estelares —los llamados cúmulos abiertos— la que proporcionaría, con los datos obtenibles en esa época, información sóbre la estructura en grande del sistema galáctico para definir el plano galáctico, es decir; el plano de simetría y la localización de los brazos espirales. Las investigaciones posteriores sobre los cúmulos galácticos, usando la técnica de la fotometría en tres colores de W. Becker y otros, han mostrado que estos objetos, en su mayoría, delinean los brazos espirales.

En el curso de los primeros años ningún trabajo fue publicado dentro de la línea que nos trazaban los astrónomos de Harvard. Nuestro anhelo era encontrar un camino propio. Sin embargo, quiero mencionar algunas contribuciones que se hicieron en esos primeros años, las cuales no requerían de observaciones. Carlos Graef publicó los resultados de sus importantes investigaciones sobre la cosmología de Birkhoff (*Physical Review*); permítanme referirme a mi trabajo realizado en Tonantzintla de 1942 a 1946: publiqué en el *Astrophysical Journal* dos artículós, uno en colaboración con un joven colega, A. Prieto, sobre la cinemática galáctica, encontrando un valor de la constante A de Oort de 13 kms s-1 por kiloparsec, siendo éste el valor más pequeño que se había encontrado hasta entonces. El futuro mostró que la constante A es, en efecto, más pequeña de lo que se creía en ese tiempo. El segundo trabajo demostraba que las cefeidas de periodo corto ahora llamadas RR Lira, en especial las del cúmulo M3, sí mostraban una relación

periodo-luminosidad contraria a lo que se creía hasta entonces.

En marzo de 1943, un año después de la inauguración del observatorio, se, organizó un congreso de física en Puebla, al que asistió un elenco de científicos extranjeros. Fue idea de Luis Enrique Erro, quien de esta manera tendría ocasión de llamar la atención sobre el nuevo observatorio e impulsar la ciencia en México.

Hubo participación activa de los mexicanos en el Congreso de Física en la Universidad de Puebla. Carlos Graef presentó sus resultados sobre el movimiento del perihelio de Mercurio según la teoría de relatividad de Birkhoff; Félix Recillas hizo la presentación de una solución de la ecuación de la transferencia de la radiación extendiéndola a términos de segundo orden. Ese trabajo le valió una invitación del gran astrofísico Chandrasekhar: para estudiar con él el posgrado en la Universidad de Chicago. Pero ante la indecisión de la dirección en dar su consentimiento, el joven compañero Recillas tuvo que aceptar la oportunidad que le ofreció el profesor Lefschetz, gran amigo de los matemáticos mexicanos, y estudió el posgrado en matemáticas, doctorándose en Princeton. Las memorias de este congreso, como las del anterior, no fueron publicadas.

Estas actividades no fueron suficientes para satisfacer los anhelos y aspiraciones de los jóvenes del nuevo observatorio congregados con la expectación de hacer ciencia. El trabajo de observación no les daba satisfacción suficiente pues no veían en él una meta teóricamente alcanzable; la teoría y la observación se mantenían obligatoriamente separadas, puesto que la cámara Schmidt no rendía datos astrofísicos cuantitativos.

Existía inquietud y aumentaban las tensiones entre el personal y la dirección por un proceso, llamémoslo de retroalimentación. El éxodo se iniciaba. Varios elementos valiosos se alejaron para integrarse al Instituto de Física o al de Matemáticas, recién creados por la UNAM. La situación la describió elocuentemente Erro, quien, durante una conversación, dijo que él había logrado crear todo —es decir el observatorio— pero que había fracasado en su trato con los científicos.

Afortunadamente, algunos compañeros pudieron sobrellevar la tensa situación. Hacia 1945-1946 Guillermo Haro regresó de Harvard, donde fue tan apreciado por su labor, su capacidad y su dedicación, que, en ausencia de los astrónomos, que estaban dedicados a trabajos relacionados con la guerra, se le encargó la dirección de la estación de observación del observatorio de Harvard. Rivera Terrazas, quien radicó en Yerkes por un año, había regresado también a Tonantzintla.

En 1945 la perspectiva era halagadora, pues el espejo de la cámara Schmidt, refinado su tallado en los talleres de Perkin-Elmer, volvió a Tonantzintla junto con un nuevo prisma objetivo. Ahora sí se diversificaba la investigación realizable con el telescopio, dando la enorme ventaja de poder estudiar el espectro de los objetos celestes, estrellas y nebulosas. Con el sabio uso de las posibilidades técnicas, empleo de filtros, hipersensibilización de las placas fotográficas, mucho empeño, imaginación, tenacidad y entusiasmo, pronto aumentó el rendimiento astrofísico del observatorio. Se advertía un nuevo y segundo periodo de euforia; los resultados que ya aparecían publicados en revistas, las pláticas dadas en la Sociedad Astronómica de México y los informes publicados en la revista *El Universo* muestran elocuentemente la intensa actividad iniciada con la instalación de equipo nuevo en Tonantzintla.

Los campos de investigación fueron tanto galácticos como extragalácticos. A partir de 1950 se daba a conocer en varias publicaciones el descubrimiento de las estrellas de alta luminosidad y gigantes en el ecuador galáctico; de estrellas calientes de alta luminosidad, con líneas de emisión; de nebulosas de emisión en las regiones del sur; de nebulosas planetarias; de estrellas azules en los casquetes polares; de supernovas en otras galaxias, y de novas en la región de Sagitario. El descubrimiento de nebulosas en la galaxia de Andrómeda por G. Haro, identificadas erróneamente como cúmulos globulares por Hubble y Baade, había llamado especialmente la atención. La ubicación de las estrellas T-Tauri en la nebulosa de Orión, donde no se esperaba encontrarlas, y en otras nebulosas brillantes fue estudiada intensamente. Estas investigaciones culminaron con el descubrimiento de las ráfagas en las mismas estrellas T-Tauri y en otras. Las correlaciones entre el material interestelar circundante a estas estrellas, las peculiaridades de sus

variaciones, y otras particularidades, fueron los desarrollos siguientes a la etapa inicial. En este último tema Tonantzintla lleva la antorcha. El director Erro cosechaba finalmente el fruto tan deseado de la institución que fundó y guió durante los primeros años, difíciles e inciertos. Tonantzintla había encontrado su camino, camino recorrido, desde entonces, tan heroica como exitosamente por Guillermo Haro. Aunque a la fecha no se ha trabajado cuantitativamente, principalmente por falta de equipo, la contribución de Haro (y de sus colaboradores) ha sido reconocida internacionalmente y dado muchos honores a México.

Hasta aquí, la situación que guarda la astrofísica en Tonantzintla. En su periodo inicial se advirtió cierta rivalidad con el observatorio de Tacubaya, dependencia de la Universidad Nacional Autónoma de México fundada el siglo pasado. Tacubaya había tomado parte en el proyecto internacional del *Catálogo astrográfico* y publicado varios tomos de las regiones asignadas a Tacubaya entre las declinaciones de -11º a -19º. Otra publicación es un *Anuario* que aún continúa apareciendo. Cuenta, además, con una biblioteca amplia y completa en lo que toca a publicaciones y revistas astronómicas desde el siglo pasado. Aparentemente existían relaciones cordiales entre los dos observatorios. Tuve varias reuniones, tanto en Tonantzintla como en Tacubaya, donde expuse temas diversos, y que sirvieron para mostrar el esfuerzo que se estaba haciendo.

Tacubaya contaba con larga historia: había organizado expediciones para observar diversos fenómenos, como eclipses totales del Sol, el último en Chiclayo, Perú, en colaboración con Tonantzintla, organizado y dirigido por Joaquín Gallo como todas las demás expediciones anteriores. En cuanto a la actividad astrofísica, la cámara Brashear de prisma objetivo instalada en Tacubaya había servido para obtener placas espectrales. Morgan, Keennam y Kellman en su Prefacio al *Atlas de la clasificación espectral* expresan su agradecimiento al Dr. J. Gallo por haberles proporcionado placas espectrales de las regiones sureñas. Se habían empezado a tomar placas de la segunda época de la zona de Tacubaya con objeto de determinar los movimientos propios[1], principalmente los movimientos rápidos. De los resultados de este proyecto sólo una parte se publicó en 1944. Poco después el Dr. Gallo se retiró de la dirección del observatorio de Tacubaya y el programa quedó inconcluso.

Cabe señalar que en Tacubaya también se hicieron esfuerzos para ingresar en la astronomía moderna. Gallo, al enviar a uno de sus jóvenes colaboradores, Guido Münch, a estudiar en el observatorio de Yerkes de la Universidad de Chicago, demostró tal tendencia. Münch fue el primer mexicano en doctorarse en astrofísica y desde entonces su trayectoria científica ha sido brillante. Es de lamentar que su estancia en México como científico no haya sido permanente.

En el año de 1948 el Observatorio Astronómico de Tacubaya hacía su entrada definitiva en la astronomía contemporánea. En esta fecha Haro se encargó de la dirección y yo me incorporé como astrónoma. Poco después Guillermo Haro fue nombrado también director del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla.

Convencidos de que nuestra labor más importante dentro de la Universidad sería la formación de jóvenes astrónomos, nos propusimos un programa para entrenar a estudiantes de física de la Facultad de Ciencias de la UNAM en astronomía. Yo me encargué de la fase formal de la enseñanza y Haro de la fase observacional. Al mismo tiempo hicimos un programa completo para la carrera de astrónomo (es mi deber mencionar la colaboración de Félix Recillas en esta tarea). El proyecto incluía una base amplia de materias de física y matemáticas con especial orientación a la astrofísica. El proyecto fue ratificado por el Consejo Universitario de la UNAM, aunque no pasó de inmediato al plan de estudios. Sin embargo, el entrenamiento deseado se daba en forma de clases particulares, en Tacubaya.

Tuvimos tres estudiantes, alumnos de la Facultad de Ciencias, quienes siguieron con sumo entusiasmo los variados cursos que les impartíamos, aunque no recibieran ningún crédito escolar por ello. Más tarde Luis Rivera Terrazas se incorporó al programa dando clases sobre el material interestelar.

Sería natural y lógico principiar un curso exploratorio, de carácter general, mostrando lo que hay de nuevo en la astronomía moderna, pero preferí no hacerlo así, pues podía traer riesgos. Los jóvenes, acostumbrados al adiestramiento teórico, quizás por falta de instrumental para experimentos

menospreciarían la astronomía de un curso descriptivo. Por lo tanto, principié dándoles un curso de estructura estelar, un curso teórico al estilo de Chandrasekhar, axiomático hasta donde puede ser la astrofísica, para contrarrestar una posible desilusión.

Una vez adquirida la confianza, comenzamos a explorar casi todas las facetas de la astronomía moderna. Los fines de semana los estudiantes se trasladaban a Tonantzintla para adquirir instrucción y experiencia en trabajos de observación dirigidos por Haro. Los tres jóvenes son ahora astrónomos de relieve en su campo. Dos de ellos obtuvieron el doctorado en los años cincuenta, Arcadio Poveda en la Universidad de California en Berkeley y E. Mendoza en la Universidad de Chicago; la astronomía ya empezaba a ser diversificada mediante la aplicación de la teoría.

Los intereses y anhelos de los dos observatorios, el de Tacubaya y el de Tonantzintla, fueron fusionados por casi veinte años, ya que Guillermo Haro dirigía ambas instituciones dignamente, y se dio una estrecha interacción de los dos centros de investigación. El observatorio de Tacubaya se inclinaba más hacia el trabajo teórico, y Tonantzintla a la observación. Un producto de esta fusión es la aparición del *Boletín de los observatorios de Tonantzintla y Tacubaya,* que publicaba el mayor número de contribuciones de los astrónomos de los dos observatorios. No fuimos indiferentes a los adelantos de la astrofísica fuera de la región convencional, la región óptica del espectro: me refiero a la radioastronomía. Durante la celebración de los 400 años de la fundación de la Universidad Nacional de México (por decreto de Carlos V) tuvimos un *simposium* de astronomía en el antiguo observatorio de Tacubaya. Todos los investigadores presentamos ponencias que eran el resultado de nuestras investigaciones. La astronomía con ondas de radio era una técnica muy novedosa. La línea del hidrógeno neutro en longitud de onda de 21 centímetros no había sido observada aún, aunque Van de Hulst, unos años antes, había calculado y sugerido la posibilidad de su observación en la galaxia. Con la perspectiva de promover la radioastronomía en México, dimos los primeros pasos para recopilar información con respecto a esta técnica. El Dr. Merino Coronado, quien se había asociado al observatorio de Tacubaya para colaborar en ese proyecto, hizo una presentación, en el *simposium* arriba mencionado, del instrumental y técnicas existentes y de nuestros proyectos futuros. Recuerdo el comentario de un astrónomo convencional en el sentido de que sería mejor iniciar la fotometría fotoeléctrica en México.

A mediados de los años cincuenta, renovamos el intento de lanzarnos a la radioastronomía. La dificultad principal era el poder asegurar la colaboración técnica de expertos electrónicos, mas creíamos poder superar esta dificultad. Sin embargo, nos afectó el consejo en contra de un eminente astrónomo holandés, de quien esperábamos obtener entrenamiento y orientación y tuvimos que posponer este proyecto por algún tiempo —es decir hasta ahora—, no sin tristeza de nuestra parte.

Pero México necesitaba aumentar su instrumental con un telescopio reflector para complementar el rendimiento de la cámara Schmidt. En 1960 se instaló en Tonantzintla un reflector de un metro de diámetro dotado de todos los adelantos técnicos de la época. Sigue siendo hasta la fecha un instrumento excelente, fácil y cómodo en su manejo. Este reflector, el mas grande de México hasta hace dos años, es una evidencia más de la capacidad y visión de Haro, quien, además de planear y supervisar el proyecto, también supo encontrar fondos —de la Fundación Jenkins y la Fundación Rockefeller, más los de la UNAM— para financiarlo.

Se hicieron estudios fotométricos por algunos años en el campo general y en cúmulos galácticos. El equipo fotoeléctrico, de lo más novedoso en esa época, se debió a la colaboración de Harold Johnson, una autoridad en el campo. Poco después fue posible la adquisición de un espectrógrafo. Su acoplamiento al reflector ofreció la posibilidad de estudiar los espectros detallados de estrellas y nebulosas, clasificarlas, estudiar sus propiedades físicas, temperaturas, velocidades radiales, etc. En el presente, los instrumentos auxiliares son variados y el procesamiento de datos se hace por computadoras. Desgraciadamente las condiciones atmosféricas y el deterioro del sitio, debido principalmente a la iluminación creciente de sus alrededores, aminoran el rendimiento de tan buen equipo.

El desarrollo de la astronomía en México está culminando con un nuevo reflector de 2.m instalado en el

nuevo Observatorio Astronómico Nacional en las montañas de San Pedro Mártir, Baja California, inicialmente promovido por Haro. Arcadio Poveda y sus colaboradores invirtieron mucha energía y tiempo para poner en marcha el nuevo sitio, el reflector de 2.1 m, así como los otros telescopios de 1.5 m y de 83 cm respectivamente. Un segundo reflector de 2.1 m de diámetro está por instalarse en Cananea, proyecto desarrollado por el INAOE,[2] el sucesor del Observatorio Astrofísico de Tonantzintla. Una vez más estamos enfrente de una nueva era. La perspectiva de incrementar los instrumentos auxiliares más complejos con estos telescopios es bien clara.

Quisiera recordar una etapa más en la trayectoria de la astrofísica en México. En 1955, cuando el observatorio de Tacubaya había trasladado sus oficinas a Ciudad Universitaria, principiamos formalmente la enseñanza de la astronomía en la Facultad ae Ciencias, conforme al programa. propuesto en 1949. Cinco estudiantes entusiastas siguieron mi curso, que consistió en dar un panorama general de lo que abarcaba la astronomía de esa época. Un año más tarde, Luis Rivera Terrazas se incorporó dando un curso más. Quiero expresar mi agradecimiento al Dr. A. Barajas y al Dr. Nabor Carrillo, en esa época director de la Facultad de Ciencias y rector de la UNAM, respectivamente, quienes dieron todo el apoyo para la aceptación formal de los cursos de astronomía como parte de la carrera de física.

Entre tanto, nuestros primeros estudiantes regresaban con su doctorado, ayudándonos en la enseñanza. No puedo dejar de mencionar que la mayoría de los astrónomos de la actual generación son egresados de la Universidad Nacional Autónoma de México. Tampoco puedo dejar de señalar que ningún astrónomo ha egresado de la Universidad de Puebla a pesar de la proximidad de esta universidad al observatorio de Tonantzintla.

La enseñanza de la astronomía en la UNAM ha seguido ininterrumpidamente desde 1955. Todo estudiante con dedicación y capacidad ha tenido la oportunidad de emprender estudios de posgrado en universidades extranjeras, contribuyendo a su regreso a la diversificación de los temas cultivados en México y a la superación de la astrofísica que fue el sueño, hace cuarenta años, de un pionero, Luis Enrique Erro.

NOTAS

1 Al comparar placas de la misma región del cielo pero tomadas con varios años de diferencia, es posible, después de efectuar mediciones muy precisas, determinar los llamados movimientos propios de las estrellas en esa zona del cielo. [E.]

2 Instituto Nacional de Astrofisica, Óptica y Electrónica.

Indice

XI. UNA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA IMPORTANCIA INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA MEXICANA

LUIS F. RODRIGUEZ Y JORGE CANTO

INTRODUCCIÓN

EN CUALQUIER estructura de producción, la evaluación del trabajo del personal involucrado en ella constituye uno de los aspectos más difíciles y delicados a los que debe uno enfrentarse. La dificultad en la evaluación se agudiza cuando el bien producido no es un bien material, sino que, como en el caso de la ciencia, el producto son *ideas.*

Con el fin, de realizar la evaluación de su personal, las estructuras científicas establecen tradicionalmente distintos consejos o comités que, con base en el *curriculum vitae* de la persona, evalúan y deciden, por ejemplo, si amerita ser contratada a cierto nivel o bien ser promovida a una categoría superior, etcétera. Un aspecto de gran importancia en la evaluación del trabajo de un científico (es decir; de sus ideas) es el número de artículos que publica, si se considera que las ideas generadas por los científicos son plasmadas invariablemente en un artículo científico. Sin embargo, quizá más importante que la cantidad es la calidad de dichos artículos (y por tanto de las ideas tras ellos). La evaluación cuantitativa del primer criterio (es decir, el número de artículos científicos) es obvia y directa. Cuantificar el segundo criterio, por otro lado, es mucho más difícil. Claramente, la calidad de un artículo científico estará directamente relacionada con la impresión que causa en la comunidad científica internacional. Un buen indicador es, por ejemplo, el número de veces que el trabajo es citado en las obras de otros especialistas.

El uso del número de citas que alcanza un artículo como medida objetiva del valor científico de su contenido es objeto de discusión. Por ejemplo, se puede argumentar que al número lo influye la moda en la investigación. Sin embargo, cuando se usa con las debidas precauciones sus resultados son confiables (Garfield, 1979).

En este trabajo hemos querido aplicar criterios de evaluación similares, no a una persona, sino al grupo de investigadores del Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional Autónoma de México (IAUNAM). Primero, con los artículos elaborados por los investigadores del IAUNAM en la década pasada y publicados en las cuatro revistas internacionales más importantes. Segundo, mediante el análisis del relieve que la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica* (publicación del IAUNAM) tiene en la comunidad científica internacional.

ARTÍCULOS PUBLICADOS Y CITAS RECIBIDAS POR LOS INVESTIGADORES DEL INSTITUTO DE ASTRONOMÍA

Entre 1970 y 1980 el Instituto de Astronomía publicó un promedio de 20 a 30 artículos por año. La mitad apareció en revistas internacionales de gran prestigio, como *The Astrophysical Journal* (publicación de la Sociedad Astronómica de Estados Unidos), *Astronomy and Astrophysics* (que edita un consorcio de países europeos), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (de la Sociedad Astronómica Real de la Gran Bretaña) y *The Astronomical Journal* (de la Sociedad Astronómica de Estados Unidos). La otra mitad apareció, de 1970 a 1974, en el Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya (publicado por el IAUNAM) y, a partir de 1974, en la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica.*

Para evaluar de manera aproximada la presencia y el relieve de la astronomía mexicana en el contexto internacional, procedimos a hacer la siguiente estadística. Tomamos todos los artículos publicados en 1980 por *The Astrophysical Journal,* la revista estadounidense de más prestigio, y por *Astronomy and Astrophysics,* su contraparte europea, y contamos los realizados, en parte o en su totalidad, por personal del IAUNAM. Los resultados se presentan en la cuadro 1. De similar manera se enumeraron las citas

dadas en dichos artículos, que correspondían a trabajos anteriores, totales o parciales, de integrantes del IAUNAM (cuadro 1). Así, del total de artículos publicados en las dos revistas internacionales de mayor prestigio (y por tanto representativas de la producción mundial), el 0.67% de ellos involucró a personas del IAUNAM. Por otro lado, del total de artículos citados en el total de artículos publicados, el 0.54% correspondió a autores nacionales.

CUADRO 1

ARTÍCULOS PUBLICADOS Y CITAS RECIBIDAS POR EL IAUNAM EN 1980 EN *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL* Y *ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS*

Revista	*Artículos*			*Citas*		
	Total publicados	*Por Personal del IAUNAM*	%	*Total dado*	*Al personal del IAUNAM*	%
The Astrophysical Journal	1 228	10	0.81	32 256	170	0.53
Astronomy and Astrophysics	1 006	5	0.50	19 321	107	0.55
Las dos revistas	2 234	15	0.67	51 577	277	0.54

A primera vista, estos porcentajes podrían parecer pequeños; sin embargo, y como mostraremos en la siguiente sección, son altamente significativos e indican que la actividad del IAUNAM tiene alto nivel en el contexto mundial.

UNA COMPARACIÓN DEL GASTO CON EL IMPACTO

La cantidad y calidad de la producción científica de un centro de investigación dependerá, entre muchas otras cosas, de la cantidad y calidad de sus investigadores, así como de los recursos que éstos tengan a su disposición para el desarrollo de su actividad, tales como bibliotecas, computadoras, equipo experimental (telescopios de alto nivel e instrumental asociado con el caso de la astronomía), facilidades para asistir a congresos, infraestructura administrativa, etcétera.

Hacer una comparación justa de la calidad de la producción científica del IAUNAM con otros centros de investigación en el mundo deberá tomar en cuenta aquellos factores. Es obvio que un analisis detallado de todos estos elementos es imposible, principalmente por la falta de información sobre los que existen en otras instituciones. Una forma indirecta de lograrlo consiste en comparar la producción (cantidad y calidad) del IAUNAM con otras instituciones, pero tomando en cuenta el presupuesto asignado a cada institución.

Es evidente que una institución con mayor personal científico deberá pagar también más sueldos. Por otro lado, el personal más calificado percibe normalmente un sueldo elevado. También una biblioteca bien provista, una buena computadora, etcétera, cuestan más dinero. Así podríamos decir que, a igualdad de eficiencia, una institución con mayor presupuesto debería producir mayor y mejor calidad de trabajos científicos en comparación con una de menores recursos económicos.

De los datos publicados en *Physics Today* (Feshbach, 1981) estimamos que la investigación básica en los Estados Unidos recibió en 1980 un subsidio federal de 4350 millones de dólares, que equivale aproximadamente a 109 mil millones de pesos. De esta cantidad, alrededor del 10% se destina a la astronomía. O sea que en 1980 Estados Unidos invirtió alrededor de 10 mil millones de pesos en estudios astronómicos. No poseemos cifras al respecto, pero podemos suponer razonablemente que el resto del mundo invierte una cantidad similar, llegando a la conclusión de que en 1980 se gastaron algo así como 20 mil millones de pesos en la investigación astronómica en todo el mundo.*

Por otro lado, en 1980 el IAUNAM ejerció un presupuesto de 57 millones de pesos (*Cuenta anual* 1980), es decir, aproximadamente el 0.3% del gasto mundial en este campo. Comparando tal porcentaje con el 0.67% correspondiente a los artículos publicados por autores mexicanos o con el 0.54% correspondiente al número de citas recibidas por mexicanos, podemos concluir que el IAUNAM es un instituto de astronomía al menos comparable y posiblemente superior al promedio mundial.

LA INFLUENCIA DE LA REVISTA MEXICANA DE ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

En la sección anterior consideramos el relieve que tiene internacionalmente el trabajo que realiza el IAUNAM, con base en los artículos publicados y las citas que merecieron en las dos revistas más importantes del mundo. A su vez, el IAUNAM publica desde 1974 la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (RMAA)*, de aparición semestral y con artículos de miembros del IAUNAM y de científicos de otros países. En los últimos años apareció un número considerable de artículos de colegas españoles y latinoamericanos. Sin embargo, el prestigio de la *RMAA* es, fundamentalmente, reflejo de la labor académica del IAUNAM.

¿Cómo ha recibido la comunidad internacional a la *RMAA*? ¿Cuál es su influencia en el mundo científico? Para contestar estas preguntas y evaluar el valor científico de la *RMAA*, hicimos un estudio estadístico similar al realizado por Abt (1981) para el *Astrophysical Journal y el Astronomical Journal*, las dos principales revistas astronómicas norteamericanas. Consideramos al efecto los 31 artículos publicados en el primer volumen de la *RMAA* (1974-1975) y procedimos a contar las citas que ameritó cada uno de ellos durante los cinco años siguientes a su publicación. La información se obtuvo de la misma fuente que Abt, del *Science Citation Index* (1981). En la figura 1 mostramos un histograma de los resultados obtenidos; El promedio de citas recibidas por años y por artículos es de 0.9. Para tener una idea del significado de esta cifra podemos citar el estudio de Abt, en el que se consideran los 326 artículos publicados durante 1961 en las dos revistas ya mencionadas y el número de citas recibidas por ellos de 1962 a 1977. Se encuentra un promedio de 1.1 citas por año y por artículo. Esta cifra se compara favorablemente con el valor de 0.9 que obtuvo la*RMAA* , y más si tomamos en cuenta que ésta apareció en 1974, mientras que las revistas norteamericanas que analiza Abt son las de mayor prestigio en el mundo y tienen casi un siglo de estar en circulación. Por lo tanto, podemos concluir que la tasa de citas recibidas por la *RMAA* es comparable a la de las mejores revistas del mundo.

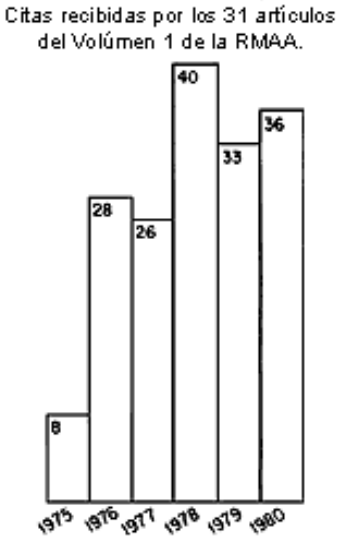


Figura 1. Histograma que muestra las citas recibidas por cada uno de los artículos publicados en el primer volumen de la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica* durante los cinco años posteriores a su publicación.

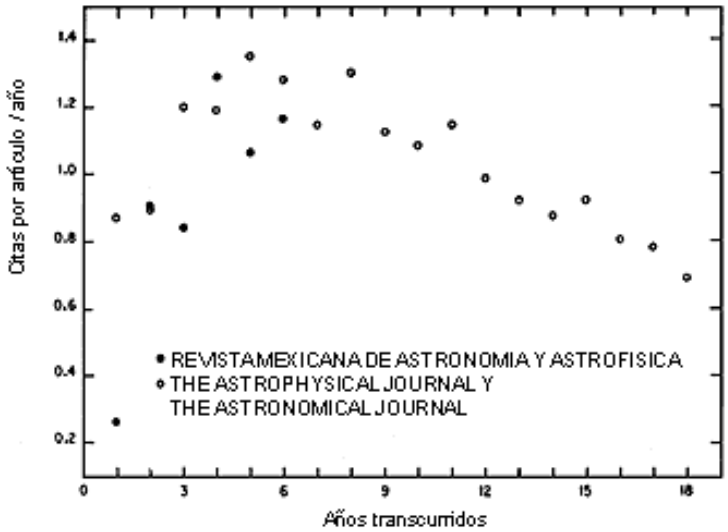


Figura 2. Se muestran los resultados de la estadística llevada a cabo por Abt y la hecha por los autores de este trabajo.

Alguien podría objetar que nuestras estadísticas y la de Abt se refieren a periodos de tiempo distintos y que, por tanto, su comparación no es enteramente válida, pues cada año la producción científica va en aumento. Sin embargo, si bien ahora hay más astrónomos que puedan citar un artículo, también hay, proporcionalmente, más artículos que pueden ser citados. Nuestra hipótesis es que ambos efectos se cancelan y por tanto nuestra comparación es válida.

Finalmente, es interesante ver que nuestra estadística tiene mucha similitud con la hecha por Abt. Primero, la figura 2 muestra el número de citas recibidas por artículos en cada año para la estadística de Abt (respecto a 1961) y la nuestra (respecto a 1974). Ambas son muy parecidas, con la excepción de que el primer punto de la *RMAA* tiene un valor muy inferior al de las revistas estadounidenses. Esto se puede deber, quizá, a que algunos de sus artículos fueron publicados en el mismo 1975 y a que entonces era poco conocida por la comunidad científica. Otra similitud interesante entre ambos estudios es el hecho de que una fracción pequeña de los artículos tiende a captar la mayoría de las citas. En el estudio de Abt, 19 de los 326 artículos (6%) recibieron 796 de las 2 152 citas (37%). En el caso de la *RMAA*, 2 artículos de los 31(6%) recibieron 81 de las 171 citas (47%).

Por último, el estudio de Abt indica que la tasa de citas recibidas por un artículo astronómico tiene una vida media de aproximadamente veinte años. La figura 2 indica que esta conclusión puede ser válida también para los artículos de la *RMAA* pues después de seis años no hay evidencia de una declinación en las citas recibidas.

BIBLIOGRAFÍA

Abot, H. A., *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 93, 207, 1981.

Cuenta anual 1980, Patronato Universitario de la UNAM, México.

Feshbach, H., *Physics Today*, vol. 34, núm. 4, 38,1981.

Garfield, E., *Scientometrics*, 1, 359, 1979.

Science Citation Index, 1981, Institute for Scientific Information, Filadelfia, EUA. 1975-1980

NOTAS

* Se comprende que esas equivalencias corresponden a viejos pesos. La nueva moneda circuló en 1992 y el cambio de cartera se hizo a partir del 1º de enero de 1993. [E.]

Indice

XII. LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL

MANUEL ÁLVAREZ Y EDUARDO LÓPEZ

ANTECEDENTES

AL REFERIRNOS a los hechos que dieron por resultado la instalación y crecimiento del Observatorio Astronómico Nacional[1] en Baja California, mencionaremos aquellos en los que directa o indirectamente muchos de nosotros participamos, lo que nos da la oportunidad de exponer "nuestra" interpretación. Al decir "últimos diez años del Observatorio" no queremos decir sus años finales, todo lo contrario, esperamos que sus quince primeros años constituyan una experiencia que podamos aprovechar y capitalizar aquellos que estamos interesados en su funcionamiento y operación.

La tradición astronómica mexicana tiene cimientos históricos, pero también refleja uno de los problemas que son "común denominador" de la mayoría de las acciones emprendidas en nuestros países ("dependientes", del "tercer mundo", "en desarrollo", etc.). Este común denominador es la existencia de "la visión global de un proyecto", pero de manera "casi exclusivamente personal", faltando esta misma visión global en términos institucionales. Los esfuerzos individuales pocas veces trascienden y es necesario revisar periódicamente los esquemas originales, que la mayoría de las veces cambian y hay que adaptarlos debido a las circunstancias en las que nos vemos envueltos.

El observatorio de Tacubaya cumplió su función en su momento histórico y el crecimiento desmesurado de la ciudad obligó, en los años cincuenta, a cerrar las instalaciones que por varias décadas habían hospedado al Observatorio Astronómico Nacional, y que se trasladaron al pueblo de Tonantzintla, en las cercanías de la ciudad de Puebla, en donde por varios años se ha continuado con el trabajo de observación. La concentración urbana y el clima hacen que el proceso se repita, y nuevamente, por razones científicas de investigación así como meteorológicas, se ve la necesidad de iniciar la búsqueda de un nuevo lugar para las instalaciones del observatorio. En esta ocasión, se procura que el lugar escogido cumpla algunos requisitos que aseguren la continuidad en el trabajo astronómico. Además, se toma la decisión de que el desarrollo del Observatorio Astronómico Nacional se haga con recursos propios, tanto materiales como, sobre todo, humanos. Decisión sabia a largo plazo, pero que dificultó el proceso como lo hemos podido apreciar a lo largo de estos años. En el propio Instituto de Astronomía [2] se desarrollan muchos de los instrumentos de trabajo, desde el diseño de los telescopios hasta la construcción del instrumental auxiliar para las mediciones astronómicas. Sin embargo, la mayor parte de estos esfuerzos han sido resultado de decisiones prácticamente "personales" en las que la discusión y análisis de los objetivos buscados entre los miembros de la comunidad astronómica han sido mínimos. La preparación de los astrónomos que han salido al extranjero y los que se están formando en México refleja esta misma situación.

UN NUEVO LUGAR PARA EL OBSERVATORIO

Al tomarse la decisión de instalar el Observatorio Astronómico Nacional en el "mejor" lugar de México, algunos miembros del Instituto de Astronomía se dieron a la búsqueda de un sitio que reuniera condiciones óptimas. Hubo una motivación adicional que logró que este proceso se acelerara: el interés por parte de algunos astrónomos de la Universidad de Arizona de instalar un telescopio en un lugar que asegurara un gran número de noches fotométricas[3] de observación. Con estos elementos, se hizó un análisis de fotografías meteorológicas tomadas por satélites artificiales, tanto en la región visible como en el infrarrojo, obteniéndose así una primera evaluación estadística a partir de una muestra al azar. Esto ocurría en 1967 y 1968, y el resultado de estos estudios indicó que la región del NW de México y del SW de los Estados Unidos era el lugar adecuado desde el punto de vista climatológico. Las primeras expediciones a la sierra de San Pedro Mártir en Baja California la establecieron como sitio óptimo. (Mendoza, 1971;

Mendoza et. al., 1972; Mendoza, 1973.)

Pero ¿era el mejor lugar desde el punto de vista del apoyo logístico? ¿Cómo iba a operar este observatorio si en la región la infraestructura existente era prácticamente nula? ¿De qué manera se iba a permitir un desarrollo relativamente autónomo? Resolver este problema iba a requerir del esfuerzo conjunto de toda la comunidad astronómica y no exclusivamente de la dedicación y el espíritu de unos cuantos individuos.

LOS TRABAJOS INICIALES

De esta manera se iniciaron los trabajos y, a mediados de 1967, los investigadores Guillermo Haro, Eugenio Mendoza y Jorge Ruiz llegaron a un pequeño rancho en las faldas de la sierra de San Pedro Mártir, donde fueron recibidos amistosamente por sus dueños, la familia Meling, que habita en este lugar desde finales del siglo pasado. Explicado el motivo de su viaje, el grupo recorrió a caballo por muchas horas los senderos únicamente frecuentados por los vaqueros y los animales que pastorean en la región. Fue así como, después de buscar en varios lugares de la sierra, se decidió instalar un pequeño telescopio con el cual se iniciaron las pruebas que permitieron evaluar *in situ* el hogar del futuro observatorio.

Algunos años antes, una compañía maderera había abierto una brecha con el fin de explotar el bosque de coníferas de la sierra de San Pedro Mártir, bosque que en la actualidad se encuentra enfermo. De haberse otorgado la concesión para explotarlo, es probable que, con la escasa precipitación pluvial de la región, del bosque sólo permaneciera el recuerdo. La brecha tuvo nuevamente uso y Tomás Farldow y Andrés Meling, empleados para trabajar en el observatorio, comenzaron a habilitar este camino de acceso con el fin de asegurar la continuidad en el trabajo de los astrónomos que vendrían en el futuro.

Durante todo 1967 y buena parte de 1968 y 1969, la rutina de trabajo era la siguiente: un pequeño grupo de astrónomos del Instituto se desplazaba desde la ciudad de México hasta Tijuana; de allí por caminos, brechas y veredas hasta el observatorio de San Pedro Mártir. El viaje tomaba un mínimo de 9 o 10 horas. Ya en ese lugar, parte de su tiempo lo utilizaban para efectuar observaciones astronómicas de estrellas dobles con el fin de obtener una evaluación de la "calidad de la imagen". Además, hacían mediciones climatológicas con equipo que el Instituto de Geofísica de la UNAM había facilitado. Pero no sólo eso; éste grupo de astrónomos se dedicaba a cortar leña, a acarrear agua, a aserrar tablones, a construir habitaciones, a manejar de un lado para otro en medio de nieve o lluvia, etcétera. No es de sorprender entonces que en este arduo trabajo hayan participado solamente unos cuantos miembros del instituto. A fines de 1968, Guillermo Haro concluyó su periodo corno director del Instituto de Astronomía y tomó su lugar Arcadio Poveda, quien continuó apoyando la construcción del observatorio. Entre los astrónomos que dedicaron su tiempo y esfuerzo en estos primeros años podemos mencionar, además de los directores, a Manuel Méndez, Luis Carrasco, Rafael Costero, Marco A. Moreno, Salvador González Bedolla, Roberto Ortega, Rosario Peniche, Manuel Álvarez, Manuel Orona, Eugenio Mendoza y otros más, que, como ya señalamos, llevaron a cabo su labor con entusiasmo y dedicación. Todos recordamos anécdotas y hechos que matizaron nuestro trabajo, enriqueciendo sin duda nuestra existencia y modulando aquellos primeros años del observatorio.

Queremos citar aquí un párrafo escrito por Tomás Farldow, quien nos relata de manera clara lo que significaba el trabajo en esos días. [...]en octubre de 1967 se abrió una brecha a San Pedro Mártir con un trascavo, los operadores eran Andrés Meling y un norteamericano [...] Se instaló un telescopio de 14 pulgadas (36 cm) y nos trasladábamos en un *pick-up* de doble tracción, dormíamos debajo de los pinos y cocinábamos a la intemperie y después se empezó a construir una cabaña con trozos de pino para protegernos un poco [...] El 13 de diciembre nos agarró una nevada y tuvimos que bajarnos al [rancho] Meling y el 28 del mismo mes subimos dos personas a rescatar un vehículo. Para sacarlo, subimos caminando y caminamos desde las 2 de la tarde hasta las 12 de la noche para recorrer algo así como 3 kilómetros. El siguiente día salimos con el *pick-up* y el trascavo a las 9 de la mañana y salimos de la nieve a las 8 de la noche [...] Regresamos el día 6 de marzo del 68 y se empezó a construir otra cabaña de dos pisos en la cual se hospedarían los jefes y los astrónomos y después se subió una "traila" y una *pick-up* 68 de doble tracción [...]

Los problemas de la UNAM y del país en 1968 afectaron sensiblemente al instituto y por ende al observatorio. Por aquellos años, se habían obtenido recursos económicos suficientes para la construcción del camino de acceso, los que fueron totalmente cancelados, y solamente después de más de un año de esfuerzos continuos se logró que el camino actual al observatorio fuera terminado. A mediados de 1970, pudo subir (por el nuevo camino todavía en construcción) el primer "tráiler" habitación destinado a los trabajadores. Inicialmente, los astrónomos vivíamos en tiendas de campaña y los trabajadores en una cabaña de leñadores que los vaqueros habían construido. Más adelante, a mediados de 1969, se terminó de habilitar la llamada "cabaña roja" para los astrónomos y personal técnico y se construyó otra cabaña para los trabajadores. Durante los siguientes dos años, siendo Manuel Orona el responsable del observatorio, se adquieren varios "tráilers" habitación para el personal.

PROSPECCIÓN DEL LUGAR

La observación de las estrellas y la adquisición de información climatológica continuó, como lo podemos apreciar si recordamos que en 1969 se construyó un telescopio llamado "doble haz"; además se llevaron a cabe experiencias para determinar la altura de la "zona local de turbulencia" atmosférica. El trabajo en este observatorio interesaba a otras instituciones y es así como el observatorio de París montó también, en 1969, el telescopio polar con el fin de evaluar la "calidad de la imagen" o la "cintilación atmosférica" en el observatorio. Asimismo, el High Altitude Observatory de Colorado, EUA, instaló en el año de 1968 una celda solar para medir comparativamente la insolación de ese lugar. En 1973, este mismo observatorio montó un fotómetro que medía el brillo del cielo, con lo que se podía evaluar si el sitio era adecuado para instalar un observatorio solar. Durante 1971 y 1972, el Instituto Tecnológico de California (CALTECH) hizo mediciones del ruido del cielo en el infrarrojo. Véase al respecto el artículo de Álvarez y Maisterrena (1977).

En todas estas acciones, el intercambio de ideas entre los astrónomos fue reducido y se dio de manera muy informal, y aunque la información obtenida en estas campañas de prospección fue finalmente publicada en reportes técnicos o en revistas astronómicas, su importancia en las decisiones tomadas fue relativamente pequeña.

LOS PRIMEROS TRABAJOS ASTRONÓMICOS

En 1970 se empezó la construcción de los edificios para los telescopios. Mediante un convenio de cooperación, el telescopio fotométrico de 150 cm de diámetro, cedido por la Universidad de Arizona, pasaría a la UNAM, y directamente al Instituto de Astronomía. La Universidad de Arizona podría utilizar parte del tiempo de observación para sus propios trabajos. El Dr. Harold Johnson, de esa universidad, era el responsable del proyecto y con algunos estudiantes del instituto y de la universidad comenzó su trabajo de observación a finales de ese año. Este telescopio es únicamente un instrumento fotométrico, a diferencia de la mayoría de los telescopios que son de uso general, y con los que se pueden efectuar observaciones fotométricas, espectroscópicas y fotográficas.

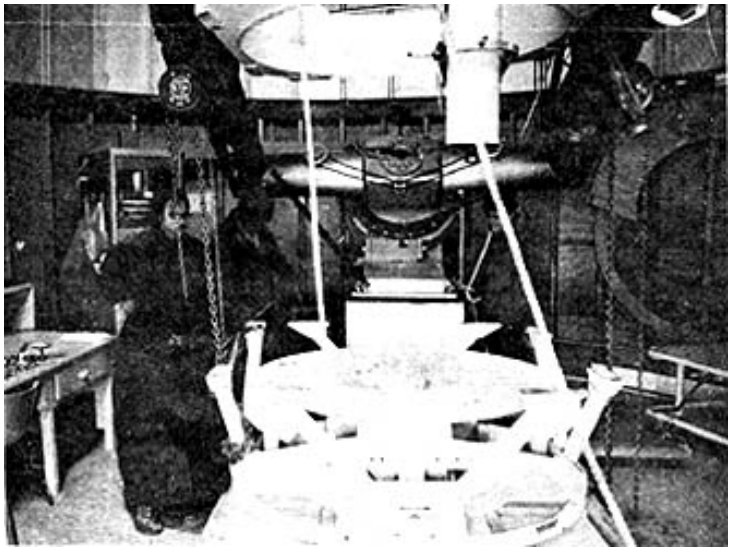


Figura 1. Instalación del espejo primario con diámetro de 150 cm.

Durante 1971, el doctor E. Mendoza, jefe del observatorio en esa época, y sus ayudantes, efectuaron observaciones fotométricas en el visible y el infrarrojo. Algunos astrónomos y estudiantes recién egresados de la Facultad de Ciencias fueron contratados para trabajar en el observatorio, y, prácticamente sin elementos y casi sin dirección, intentaron llevar a cabo su labor. Analizando en retrospectiva, vemos que una situación como ésta no iba a ser capaz de generar el grupo de trabajo académico que se requería en el observatorio. Durante 1972 y 1973, los astrónomos B. Mayer y Carlos Chavarría continuaron con sus programas fotométricos de observación. Otros astrónomos e investigadores que hicieron trabajo de observación en estos primeros años fueron Walter Fitch, William Schuster, de la Universidad de Arizona, Enrique Daltabuit, José Warman, Rafael Costero, Christine Allen, Estela de Lara y Luis Carrasco entre muchos más del Instituto de Astronomía. El observatorio recibió también la visita de varios astrónomos extranjeros entre los que recordamos al profesor J. Rosch, a J. Stock, al doctor Gurzadian, etcétera. Las observaciones fotométricas continuaron, y en 1973 el doctor H. Johnson integró un grupo de trabajo con astrónomos residentes en Ensenada. Los fotómetros utilizados han estado en servicio hasta la fecha y son los mstrumentos de mayor uso en el observatorio. En la actualidad, están siendo renovados y mejorados; además se diseñaron y construyeron otros sistemas de medición que los sustituirán en el futuro cercano.

A fines de 1971 se instaló la óptica del telescopio de 84 cm de diámetro cuyo espejo fue diseñado y construido en el propio instituto bajo la supervisión del doctor D. Malacara; la parte mecánica se construyó en los Estados Unidos, con una montura similar a la utilizada en el telescopio de 150 cm. Este telescopio de 84 cm, que sí es de uso general, fue equipado para operar, además de los fotómetros descritos, con un espectrógrafo, y ha sido también utilizado con otros instrumentos de medición, como por ejemplo un interferómetro tipo Fabry Perot, un espectrofotómetro, cámaras fotográficas directas, etcétera.

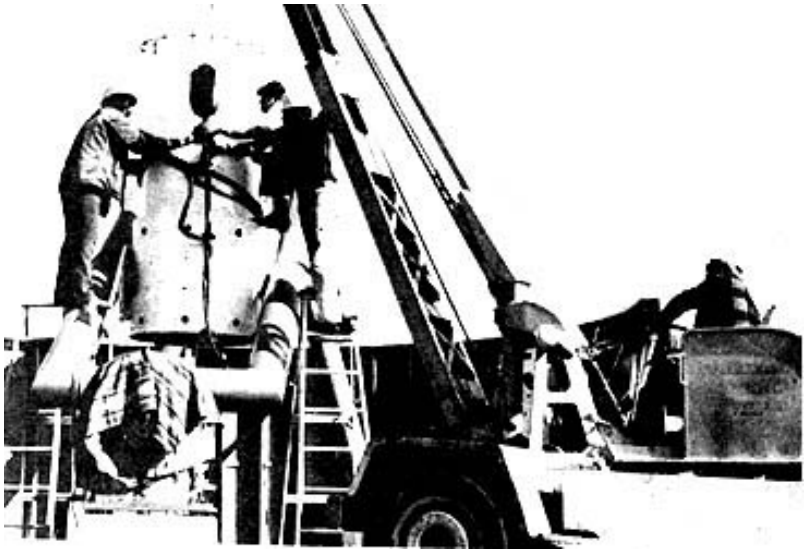


Figura 2. Montaje del telescopio de 84 cm.

PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y DE APOYO

El trabajo académico en el observatorio ha estado determinado por la labor del personal de mantenimiento y de los operadores y mecánicos, quienes han desarrollado su labor de manera sistemática y con elementos que en ocasiones distan mucho de ser los óptimos para su trabajo. Algunas de las condiciones bajo las que se ha tenido (y se tiene) que trabajar son las siguientes:

a) Es necesario generar la electricidad para todo el sistema, la unidad habitacional del personal y las instalaciones científicas. Es el personal adscrito al instituto el que se responsabiliza de esta tarea y, en situaciones de emergencia, ha tenido que resolver con ingenio y valor los problemas que se han presentado. b) A los vehículos del observatorio se les da mantenimiento y atención en los propios talleres del observatorio.

c) Durante los primeros años de trabajo, el personal de apoyo, junto con los astrónomos, permanecía durante varias semanas en el observatorio y en muchas ocasiones era frecuente encontrar a todo el personal unido en la solución de algunos problemas que todos recordamos, por ejemplo, apagar el incendio ocurrido en el verano de 1974 que destruyó varios cientos de hectáreas de pastos, o abrir caminos para salir del observatorio después de una intensa lluvia como la de agosto de 1977, o marzo de 1979, cuando toda la península sufrió los embates de la naturaleza con lluvias y nevadas intensas que obligaron a suspender las actividades durante algunos meses. En cada ocasión, podemos recordar hechos tristes y acontecimientos jocosos. Todos estos sucesos han dejado huella en los participantes y, en general, han contribuido a ir superando una a una las deficiencias en la operación del sistema. Creemos que la historia de una institución debe ser conocida por sus integrantes para evitar en lo posible la repetición de hechos que pudieran perjudicar o retrasar su desarrollo y la consecución de sus objetivos.

d) En el equipo de apoyo debemos considerar también al personal de cocina y de intendencia, con sus asuntos y problemas que resolver, y que han formado parte importante en la operación de la institución. Las cabañas de tronco y lata de los primeros años han sido sustituidas por los actuales módulos de habitación construidos entre 1973 y 1974.

e) El equipo de mantenimiento técnico se ha abocado a la tarea de mantener los sistemas astronómicos en operación y los equipos auxiliares y sistemas de adquisición de datos. Una vez más, el personal responsable de esta tarea ha sabido cumplir con su cometido, a pesar del cúmulo de carencias que ha dominado el panorama. En 1974, el telescopio de 84 cm de diámetro fue cambiado de lugar; y tanto los astrónomos como el personal de mantenimiento se unieron para llevar a cabo esta tarea.

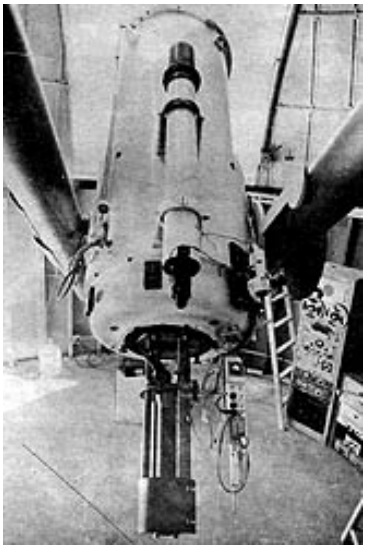


Figura 3. Telescópio de 84 cm. de diámetro, durante los primeros años de trabajo.

f) Las actuales condiciones de vida y de trabajo en el observatorio no se asemejan en lo absoluto a las que imperaban durante los primeros años, y aunque es indudable el interés de las autoridades de la UNAM y del propio instituto para mejorarlas, la lucha de los trabajadores ha sido muy importante durante todo el proceso descrito.

Figura 4. Parte de las habitaciones que utiliza el personal que labora en el Observatorio.

INFLUENCIA EN LA COMUNIDAD

Otro aspecto del observatorio que reviste gran importancia es la difusión de la cultura e investigación, que son dos de los elementos fundamentales de la vida universitaria.

Cuando el Instituto de Astronomía, en el año de 1968, tomó la decisión de montar el observatorio en Baja California, el panorama académico que se presentaba en la península no era muy halagador. La Universidad de Baja California, fundada en 1957, tenía campus en Mexicali, Tijuana y Ensenada, y una escuela preparatoria en Tecate. En Ensenada, que resultaba ser el lugar con mejores perspectivas, se encontraba una escuela preparatoria de la UABC, la Escuela Superior de Ciencias Marinas, con una pequeña población universitaria y un incipiente Instituto de Investigaciones Oceanológicas adscrito a la Escuela de Ciencias Marinas.

Por esos años se presenta una coyuntura estructural que es bien aprovechada y que, según hemos visto, ha

sido ventajosa para el desarrollo académico de la región. La descentralización de la ciencia, de la cultura y de la investigación se empieza a sentir como una necesidad real del país, y cuando el CONACYT toma la decisión de crear y apoyar centros autónomos de investigación en la provincia se propone la formación de un centro de apoyo a la astronomía en Ensenada. Las condiciones reales de la región, con antecedentes bien cimentados en oceanografía y con perspectivas muy amplias en geofísica y geología, condujeron a la creación del CICESE,[4] en septiembre de 1973. Este nuevo centro ha brindado un apoyo adecuado al observatorio, permitiendo el uso de sus instalaciones, sus sistemas de apoyo académico, su centro de cálculo, su biblioteca, y con frecuencia otros servicios e instalaciones; sobre todo, ha fortalecido el crecimiento de una población académica activa indispensable para el trabajo de investigación en el observatorio.

Como se señaló anteriormente, en 1973, el doctor H. Johnson, junto con otros astrónomos que se instalaron en la ciudad de Ensenada, integró un grupo de trabajo en el campo de la fotometría y el desarrollo instrumental. A fines de 1974, parecía que la idea con que había sido concebido el observatorio por sus iniciadores estaba en vías de realizarse. Este sentir hizo posible que en mayo de 1975 la Asociación Astronómica del Pacífico celebrara su congreso anual en Ensenada, con la asistencia y participación de numerosos astrónomos mexicanos y estadounidenses. En ese tiempo se inician los trámites para la compra y construcción de un local que albergue el centro de apoyo de Ensenada. Desafortunadamente, los acontecimientos superan a las perspectivas y, al cabo de unos pocos meses, este primer grupo de astrónomos residente en Ensenada se desmembró, con lo que se inició una época de comunicación mínima entre los investigadores de Ensenada y los de la ciudad de México. Durante varios años, Ensenada y San Pedro Mártir fueron vistos simplemente como una estación de observación astronómica, cancelándose la relación académica entre el personal de la ciudad de México y el de Ensenada. Obviamente, a los que hemos trabajado por enriquecer la vida académica, de investigación y cultura en esta ciudad, este aspecto incompleto no nos resultaba satisfactorio..

El gobierno mexicano, con el fin de facilitar y apoyar los esfuerzos de la universidad, el 12 de febrero de 1975 por medio de un decreto presidencial, declara "de interés público la conservación y restauración de la riqueza forestal de las montañas de San Pedro Mártir en Ensenada, que aseguren el desarrollo normal de la investigación astronómica, geográfica y demás disciplinas afines que lleva a cabo la UNAM en dicho lugar". Es al propio instituto y a la universidad a las que corresponde generar el esfuerzo capaz de mantener esta investigación, así como de superarla constantemente. De esta forma, la docencia y la difusión científicas vinieron a ocupar parte de la actividad del personal académico en Ensenada, así como la de algunos astrónomos que durante cortas estadías en la ciudad dictan pláticas en la Escuela de Ciencias Marinas y en la preparatoria. Se Organizan algunos ciclos de conferencias, como las "Jornadas Einsteinianas" al celebrarse el centenario del nacimiento de Albert Einstein, o un ciclo sobre el "Origen y Evolución del Universo". Además, con profesores de la Universidad de Baja California y con investigadores del CICESE, participamos en la fundación de la carrera de física en la Universidad Autónoma de Baja California, con la que actualmente se mantiene una estrecha relación académica.[5]

EL MOMENTO ACTUAL

Las necesidades de investigación científica en el campo de la astrofísica han obligado al instituto a satisfacer nuevos requerimientos y, por ello, desde que se inician los trabajos del Observatorio Astronómico Nacional, se intenta contar con los instrumentos adecuados para poder competir en el ámbito internacional. En 1974, el instituto obtiene los recursos suficientes para la construcción de un telescopio de 2.12 metros de diámetro y se inicia de inmediato su diseño y construcción. El diseño de la parte mecánica del telescopio es realmente una innovación; se realizó bajo la supervisión del ingeniero José de la Herrán, del propio Instituto de Astronomía. La obra negra del edificio se inicia en 1976 y en septiembre del mismo año se realizan las pruebas de control de movimiento y guiado del telescopio en los talleres de la fábrica constructora. A fines de noviembre, la parte mecánica del instrumento (sin el espejo primario) queda finalmente instalada en su edificio del observatorio de San Pedro Mártir, pero por motivos económicos así

como meteorológicos (comenzando por los ciclones del mes de septiembre de 1976 y las intensas lluvias y nevadas de otros años), se produce un retraso enorme en la terminación de este proyecto. Recordamos, por ejemplo, que a principios de 1978 las lluvias y nevadas en todo el estado provocaron una situación de emergencia que alcanzó también al observatorio. Su personal tuvo que ser evacuado por helicópteros de la Guardia Costera de los Estados Unidos que estuvieron auxiliando al gobierno del estado en el rescate de damnificados y la evacuación de zonas afectadas.

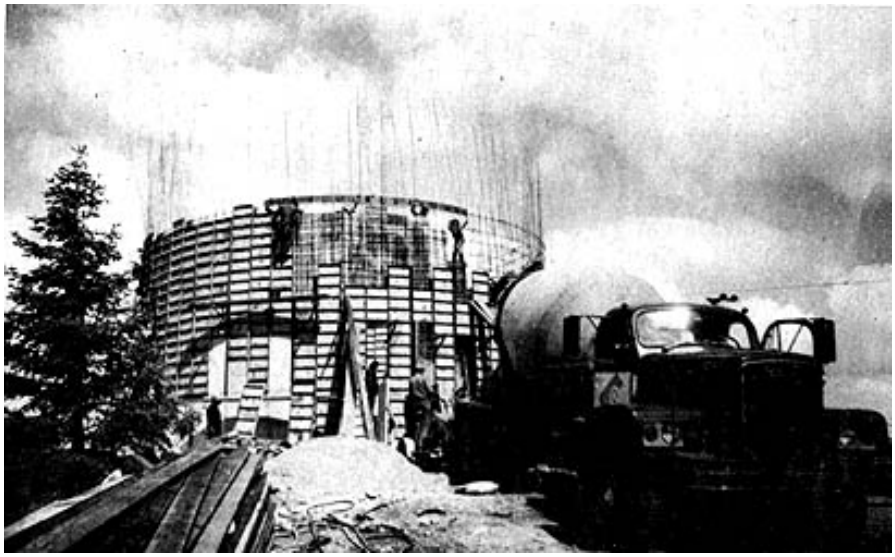


Figura 5. Construcción del edificio que alberga el telescópio de 2.12 m de diámetro.

Figura 6. Instalación de la cúpula.

A fines de 1978, la dirección de obras de la UNAM retomó el proceso de terminación y mejoramiento de las construcciones del observatorio y, nuevamente por motivos climatológicos, en marzo de 1979 el personal del observatorio tuvo que ser rescatado con helicópteros y por tierra. Sin embargo, después de que los caminos de acceso fueron reabiertos, se pudo trasladar en junio de 1979 el espejo primario desde la fábrica en Tucson, Arizona, hasta el observatorio y, finalmente, de acuerdo con un informe de José de la Herrán, la noche del 14 de julio de 1979, con la consola de guiado y control diseñada y construida en el taller de electrónica del propio instituto, se pudieron efectuar las primeras pruebas ópticas del telescopio.

Figura 7. Inauguración del Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, Baja California Norte.

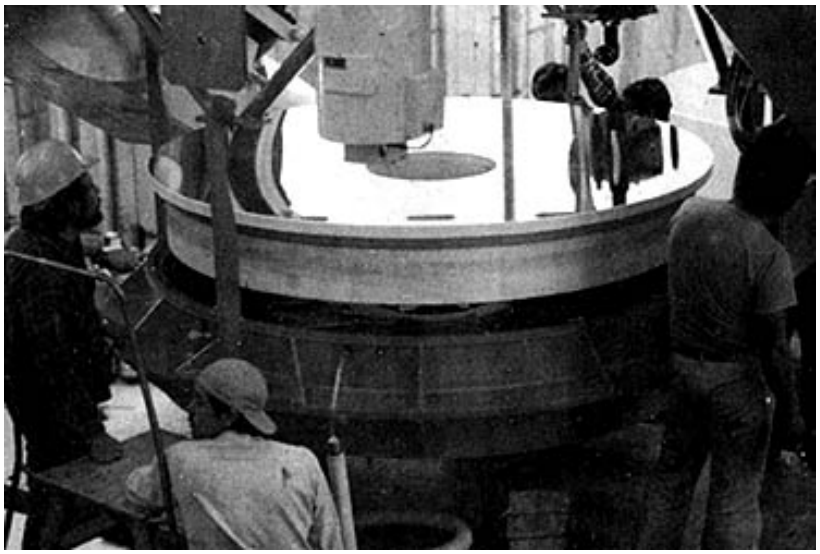


Figura 8. Instalación del espejo de 2.12 m de diámetro.

Durante el resto del año todas las instalaciones del observatorio fueron remodeladas y el 16 de septiembre de 1979, con motivo de las festividades de los 50 años de la autonomía universitaria, se hace la inauguración oficial del telescopio de 2.12 metros, así como de las construcciones y telescopios en uso desde años atrás.

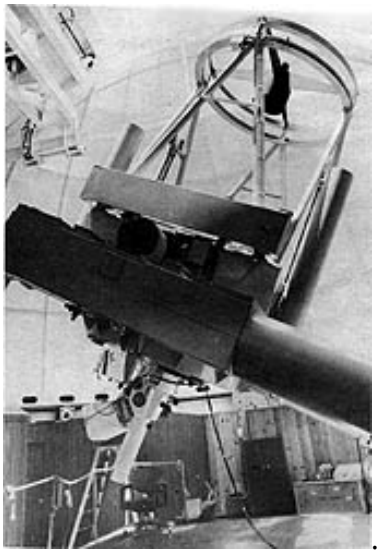


Figura 9. El telescopio en operación.

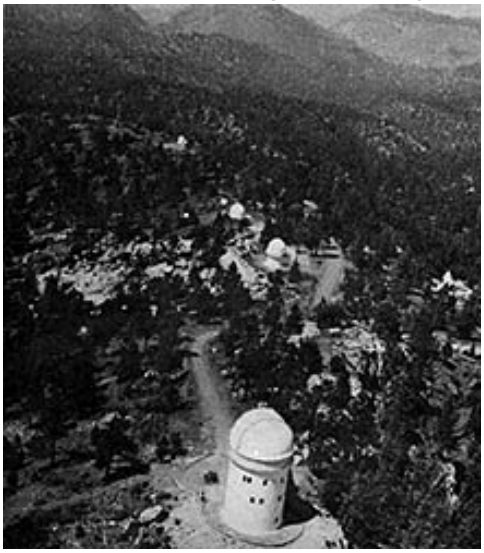


Figura 10. Vista aérea de las instalaciones del Observatorio Astronómico Nacional localizado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja Califonia. En primer término, el telescopio de 2.12 m; le siguen el de 84 cm y el de 150 cm. Al fondo, el antiguo edificio del telescopio de 84 cm, actualmente ocupado por un pequeño telescopio de 35 cm de diámetro.

Para concluir este recuento, queremos mencionar que en octubre de 1980 se inaugura el edificio del observatorio en Ensenada, y el telescopio de 150 cm de diámetro, en uso desde 1971, es dedicado a la memoria de su promotor, el Dr. Harold Johnson, quien durante toda su vida mostró un gran entusiasmo, optimismo y vitalidad.

Esperamos ser capaces de apreciar que en esta primera década del Observatorio Astronómico Nacional en Baja California se han sentado las bases de una institución dedicada a la investigación básica. El camino por recorrer apenas se ha iniciado en este lugar. Como se ha señalado en otras ocasiones, "la astronomía es la ciencia más antigua de la historia del hombre y, sin embargo, es la ciencia que impulsa y abre nuevos derroteros al futuro de la humanidad".

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, M., y J. *Maisterrena, Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica,* 2, 43, 1977.

Mendoza, E. *Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya*, 6, 95, 1971.

Mendoza, E., *Mercury* 1, 9, 1973.

—, J. Luna, y T. Gómez, *Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya*, 6, 215, 1972.

NOTAS

1 El Observatorio Astronómico Nacional, fundado en 1878, estuvo instalado por mas de 60 años en la villa de Tacubaya, de la ciudad de México.

2 En 1929, el observatorio fue entregado a la UNAM. En 1967, el Consejo Universitario creó el Instituto de Astronomía, al que quedó integrado el Observatorio Astronómico Nacional.

3 Noches en que la obscuridad del cielo y la tranquilidad y transparencia de la atmósfera permiten observaciones de alta precisión.

4 Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, creado por decreto presidencial.

5 Los cursos de la carrera de física se iniciaron el 1º de agosto de 1978. Ésta fue formalmente reconocida por el consejo Universitario de la UABC en su sesión del 18 de noviembre de 1978.

Indice

OTROS TÍTULOS DE ASTRONOMÍA EN LA CIENCIA DESDE MÉXICO

089 Bohigas, Joaquín Génesis y transfiguración de las estrellas

038 Bravo, Silvia Encuentro con una estrella

053 Dultzin, Déborah Cuasares en los confines del Universo

049 Echeverría, Juan Estrellas binarias interactivas

062 Fierro, Julieta, y Miguel Angel Herrera La familia del Sol

006 Hacyan, Shahen El descubrimiento del universo

050 Hacyan, Shahen Los hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo

057 Malacara H., Daniel, y Juan Manuel Malacara Telescopios y estrellas

004 Moreno Corral, Marco Arturo Historia de la astronomía en México

015 Moreno Corral, Marco Arturo Odisea 1874 o el primer viaje internacional de científicos mexicanos

114 Otaola, Javier A.; Blanca Mendoza y Román Pérez Enríquez El Sol y la Tierra: una relación tormentosa.

001 Rodríguez, Luis Felipe Un universo en expansión

OTROS TÍTULOS DE FÍSICA EN LA CIENCIA DESDE MÉXICO

3 Aguilar Sahagún, Guillermo, Salvador Cruz Jiménez y Jorge Flores Valdés Una ojeada a la materia

5 García-Colín Scherer, Leopoldo De la máquina de vapor al cero absoluto

7 Viniegra Heberlein, Fermín Una mecánica sin talachas (En preparación la 2ª edición.)

8 Rickards Campbell, Jorge Las radiaciones, I: Reto y ralidades

11 Flores Valdés, Jorge La gran ilusión, I: El monopolo magnético

13 Braun, Eliezer Un movimiento en zigzag

14 García-Colín S., Leopoldo, Marcos Mazari, Marcos Moshinsky, Jorge Flores, Mariano, Bauer, Octavio Novaro,Virgilio Beltrán, Eugenio Ley Koo y Arturo Menchaca Rocha *Niels Bohr: Científico, filósofo, humanista*

16 Castillo, Luis Felipe del El fenómeno mágico de la ósmosis

19 Braun, Eliezer Una faceta desconocida de Einstein

22 Flores Valdés, Jorge La gran ilusión, II: Los cuarks

23 Alba Andrade, Fernando El desarrollo de la tecnología: La aportación de la física

26 Braun, Eliezer Arquitectura de sólidos y líquidos

27 Ruiz Mejía, Carlos Trampas de luz

29 Rangel Nafaile, Carlos E. Los materiales de la civilización

31 Peña, Luis de la Albert Einstein: Navegante solitario

32 Cetto, Ana María La luz, en la naturaleza y en el laboratorio

36 García-Colín Scherer, Leopoldo Y sin embargo se mueven: Teoría cinética de la materia

37 Piña Barba, María Cristina La física en la medicina

41 Flores Valdés, Jorge La gran ilusión, III: Las ondas gravitacionales

42 Bulbulian, Silvia La radioactividad

44 Piña Garza, Eduardo Cacería de cargas

56 Tagüeña, Julia, y Esteban Martina De la brújula al espín: El magnetismo

61 Brandan, María Ester Armas y explosiones nucleares: La humanidad en peligro

64 Magaña Solís, Luis Fernando Los superconductores

68 Menchaca Rocha, Arturo El discreto encanto de las partículas elementales

69 Aguilar Sahagán, Guillermo El hombre y los materiales

78 Hacyan, Shahen Relatividad para principiantes

84 Malacara, Daniel Óptica tradicional y moderna

94 Rickards Campbell, Jorge y Ricardo Cameras Ross Las radiaciones, II: El manejo seguro de las radiaciones nucleares

99 Brandan, Maria Ester, Rodolfo Diaz Perches y Patricia Ostrosky La radiación al servicio de la vida

102 Guerrero, Manuel El agua

103 Sarmiento, Antonio El fantasma cuyo andar deja huella: La evolución del tiempo

104 García-Colín Scherer, Leopoldo y Rosalío Rodríguez Líquidos exóticos

105 Aboites, Vicente El láser

106 Martinell Benito, Julio Los Prometeos modernos o el esfuerzo para controlar la fusión nuclear

107 Beltrán L., Virgilio Para atrapar un fotón

108 Otaola, Javier A. y José Francisco Valdés Galicia Los rayos cósmicos: Mensajeros de las estrellas

110 Flores Valdés, Jorge La gran ilusión, IV: La fusión fría

111 Mejía Lira, Francisco y JoséLuis Morán López El encanto de las superficies

112 Braun, Eliezer Electromagnetismo: De la ciencia a la tecnología

115 Peralta-Fabi, Ramón Fluidos: Apellido de líquidos y gases

117 Jiménez, Roberto, Ignacio Campos, Augusto García, Jorge Flores Valdés, A.M. Cetto, L. de la Peña, Sergio Hofman, Iván Ortega y Juan M. Lozano. Schrödinger: Creador de la mecánica ondulatoria

119 Tonda, Juan El oro solar y otras fuentes

120 Bosch, Pedro Pioneros de las ciencias nucleares

129 Hacyan, Shahen Del mundo cuántico al universo en expansión

131 Talavera, Laura El vacío y sus aplicaciones

132 López, Tessy; y Ana Martínez El mundo mágico del vidrio

134 Sarmiento; Antonio Los disfraces del fantasma que nos horada

135 Aboites, Vicente Fusión nuclear vía láser

136 Goldstein, Patricia Michael Faraday un genio de la física

Indice

COLOFÓN

Este libro se terminó de imprimir en noviembre de 1995 en Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de C.V. (IEPSA), calzada de San Lorenzo 244; 09830 México, D.F. La formación estuvo a cargo de Juan Margarito Pina, en el taller de composición electrónica del FCE.

Se tiraron 4000 ejemplares.

La Ciencia desde México es una coedición del Fondo de Cultura Económica, la Secretaría de Educación Pública y el CONACYT. La coordinan editorialmente MARCO ANTONIO PULIDO y MARÍA DEL CARMEN FARÍAS.

Indice

CONTRAPORTADA

El libro Historia de la astronomía en México recoge los momentos más destacados del desarrollo de esta ciencia en nuestro país.

Pocas disciplinas en nuestro país poseen una tradición tan antigua como la astronomía. Desde la época prehispánica hasta nuestros días se ha producido en México actividad astronómica.

Varias culturas prehispánicas, particularmente la maya, observaron cuidadosamente el cielo y registraron lo que en él ocurría. Los mayas llegaron a determinar con muy alta precisión la duración del año solar, del mes lunar y del período sinódico de Venus.

Después de la conquista, la astronomía en México fue practicada por muy pocos, pero afortunadamente éstos fueron personas muy capaces, lo qué permitió que la actividad astronómica se mantuviera viva.

Durante el siglo pasado, resurge la astronomía como una disciplina científica con la creación, en 1876, del Observatorio Astronómico Nacional. Desde ese entonces y a pesar de los vaivenes económicos y políticos que ha sufrido México, se ha podido realizar una investigación de importancia a nivel mundial. En la actualidad, nuestro país es el más destacado dentro del contexto astronómico iberoámericano. El nuevo Observatorio Astronómico Nacional, situado en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California Norte, domina un cielo de gran calidad astronómica y cuenta con los telescopios y la instrumentación necesarios para realizar investigación considerable y de proyección internacional.

Desafortunadamente, como ocurre ahora en todas las actividades científicas en México, la astronomía comienza a resentir los efectos de varios años de austeridad económica. Aquí la historia tiene mucho que enseñarnos, porque hubo en otras épocas autoridades visionarias que pudieron continuar apoyando a la astronomía a pesar de condiciones adversas. Esperemos que ahora, literalmente, la historia se repita.

Marco Arturo Moreno Corral (1946), compilador y autor de uno de los trabajos que aparecen en esta obra, estudió la carrera de física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, más tarde se especializó en astrofísica en la División de Estudios Superiores de esa Facultad.

Desde sus años de estudiante, se interesó por la astronomía y la astrofísica, y es frecuente que pase temporadas en el observatorio de la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California Norte.

A partir de 1976, se interesó por rescatar y preservar los valiosos instrumentos que el Instituto de Astronomía de la UNAM heredó del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, y con la colaboración de miembros y estudiantes del Instituto reconstruyó y puso en operación el telescopio refractor más grandes que hay en nuestro país. Al mismo tiempo, comenzó a estudiar el desarrollo de la astronomía en México, desde su época colonial, hasta el presente.

Indice