

INVESTIGACION DEL CIELO MAYA POR MEDIO DE UN PLANETARIO

POR RICHARD WEBER.

Indice

1. El problema y las investigaciones anteriores.
2. Primeros experimentos: el uso del planetario.
3. El examen minucioso del cielo de los mayas.
 - 3.1. El procedimiento.
 - 3.2. Las fotografías.
4. Resultados preliminares.
 - 4.1. Hechos observados.
 - 4.2. Discusión de las fotografías: reuniones planetarias en la misma constelación.
 - 4.3. La periodicidad de las conjunciones planetarias.
5. Resumen y trabajos futuros.

El informe siguiente da algunos resultados de las investigaciones que pude ejecutar con el planetario de Zeiss en Hamburgo, Alemania, en los años de 1953-1954. Excepto una pequeña nota, ninguna información sobre este experimento se ha publicado hasta la fecha.¹

Quiero expresar aquí mi agradecimiento a todas las personas e instituciones por la ayuda concedida para mis investigaciones.

1. *El problema y las investigaciones anteriores.*

Los valores numéricos que se encuentran en las inscripciones y en los códices nos han proporcionado casi exclusivamente datos calendáricos. Hasta donde han sido estudiados, espe-

¹ WEBER, RICHARD. 1955. "Uso do Planetário na pesquisa dos Maia." *Rev. do Museu Paulista, Nova Série*, Vol. IX, p. 265. Sao Paulo.

cialmente en los códices, presentan un significado astronómico; basta señalar la tabla de los eclipses y el calendario del planeta Venus en el Códice de Dresde. Desgraciadamente no se ha logrado, ni descifrar la significación de todas las fechas, ni resolver inequívocamente el problema de la sincronología —correspondencia entre el calendario maya y el cristiano—. El problema de la sincronología ha sido estudiado con especial ahinco, y el método que adoptaron los investigadores fue igualar hipotéticamente una fecha maya con una cristiana y estudiar después las consecuencias resultantes. Así, según la “Relación de las Cosas de Yucatán” del Obispo Landa, el día 12 Kan 1 Pop se tomó a menudo como punto de partida, y a contar de ese día algunos sucesos históricos fueron comparados en ambos sistemas calendáricos. Pero los resultados obtenidos solamente por cálculos astronómicos parecen más seguros que aquellos fundados en las tradiciones históricas, y es por esto que frecuentemente la tabla de los eclipses se ha tomado como punto de partida. Al comienzo de ella hay tres fechas distantes entre sí de 14 días que son interpretadas como dos eclipses de sol con uno de la luna. En teoría, estos eclipses deberían ser comprobables, pero infortunadamente los eclipses son tan frecuentes que no han podido servir de solución al problema de la sincronología, así como tampoco la observación de Venus ha dado ningún resultado. Hasta ahora, y siempre fundándose en estos sistemas, se acepta una fecha determinada y se busca un acontecimiento celeste acaecido en ella.

2. *Primeros experimentos: el uso del planetario.*

Como los resultados del tipo de estudios asentado anteriormente no conducían a nada, y como para casi todas las fechas se puede encontrar un acontecimiento celeste, v. gr., una conjunción planetaria, el paso de un planeta delante de una estrella fija, una ascensión heliaca, etc. (lo que los arqueólogos no muy versados en astronomía no han tomado en cuenta), era sugestivo invertir el enfoque.

Por eso en el año de 1950 me propuse proceder, con arreglo a los métodos de las ciencias físicas y naturales, a examinar el cielo maya en el planetario. En primer lugar se obtiene el aspecto real del cielo y se puede ver la ascensión y el ocaso de las estrellas, y también la posición de los planetas entre sí

y con respecto a las estrellas fijas. Después, haciendo retroceder el planetario en muchos años, se pueden examinar todos los sucesos del cielo, anotarlos y fotografiarlos, y se obtiene una lista completa de todos estos acontecimientos independientemente de cualquier correlación. Este método sólo tiene la desventaja de que no se sabe cuál de estos numerosos fenómenos tuvo un interés especial para los mayas y cuales deben tomarse en consideración. Pero ese problema también existe en las conclusiones obtenidas por medio de los métodos clásicos.

Aun cuando el planetario da la posibilidad de examinar en poco tiempo el cielo de muchos siglos y por eso ahorra un trabajo inmenso de cálculo, fue necesario restringirse. Al principio intentaba anotar cuanto era visible en el cielo desde 0 hasta 1500 años D. C. Pero los primeros experimentos me indicaron que este proceso era demasiado ambicioso. La posición de la luna se representa sistemáticamente inexacta porque el aparato presenta el cielo como si fuera visto desde el centro de la tierra, pero como en realidad se observa desde la superficie, hay un gran desplazamiento paraláctico. Por lo tanto, renuncié a las conjunciones de la luna y también a todos los eclipses, pues estos se representan inexactos también y se encuentran mucho mejor en el "Canon der Finsternisse",² de Oppolzer. Como el paso de los planetas delante de las estrellas fijas es algo muy frecuente, me limité a las conjunciones entre los planetas. Después de unos cortos experimentos, el 17 de junio de 1952 hice una prueba muy larga que me tomó cinco horas. En ese tiempo pude examinar unos 30 años, esto es, el período de la tabla de los eclipses del Códice de Dresde. (El examinar los 1500 años habría requerido unos meses.)

El conocimiento imperfecto de las posibilidades y de los límites del aparato me impedían continuar experimentando, y resultó errónea la proposición del jefe del planetario, doctor Meyer, en el sentido de que, para colocar el aparato en el año 300 D. C., solo se variara la precesión adecuadamente, lo que en pocos segundos se puede hacer girando e inclinando el eje del aparato; pero entonces todos los planetas presentan falsas posiciones respecto a las estrellas fijas aunque tomen posiciones exactas entre sí. Después de un trabajo infructuoso por más de un año y medio para establecer correcciones matemáticas, el profesor Heckmann del observatorio de Hamburgo

² OPPOLZER, TH. R. VON. *Canon der Finsternisse*. Wien.

me llamó la atención sobre la necesidad de hacer recorrer el planetario desde 1952 hasta el año 300, año por año, para obtener la posición exacta en esa fecha. El doctor Werner de la fábrica Zeiss de Oberkochen Württemberg confirmó esta opinión y entonces el profesor Heckmann se empeñó en que se siguiera este procedimiento. Por recomendación del doctor G. Zimmermann, acabé por restringir mis investigaciones a los años de 300 hasta 900 D. C., y por la experiencia anterior calculé que necesitaba unos 20 días para realizarlas. Con la intervención del profesor Heckmann me dieron el planetario exclusivamente para mis trabajos del 20 de diciembre de 1953 al 8 de enero de 1954. Poco antes de empezar mis investigaciones definitivas el doctor Zimmermann llamaba mi atención sobre la proposición de Tozzer en 1934 de emplear un planetario para el estudio de estos problemas entre los mayas.³ A mi pregunta el profesor Tozzer respondió que hasta entonces nadie había ejecutado ni vuelto a proponer un experimento así.

3. *El examen minucioso del cielo de los mayas.*

3.1. El procedimiento.

Los experimentos comenzaron el 20 de diciembre de 1953. Principié por retroceder el aparato hasta el 1º de enero de 1900, y se ajustaron a esa fecha los planetas y la luna según lo marcado en el instrumento. Entonces se retrocedieron muchos siglos con el eje celeste puesto a plomo para que el rodaje planetario girase exactamente horizontal y el mecanismo no fuera cargado de un solo lado. Después de aproximadamente una hora llegábamos al año 1100, pronto al 754. Para este año ya se habían computado antes algunas posiciones planetarias según las tablas de Neugebauer.⁴ El instrumento nos iba dando una satisfactoria reproducción de las posiciones calculadas, como se ve en la siguiente tabla correspondiente al 27 de enero de 754 (gregoriano):⁵

³ *Maya Research*, Vol. I, No. 1. July 1934.

⁴ NEUGEBAUER, PAUL V. 1914. *Tafeln zur astronomischen Chronologie II*, Tafeln für Sonne, Planeten und Mond. Leipzig.

⁵ Como el Planetario representa el año solar, no puede indicar la fecha más que en el estilo nuevo (gregoriano), incluso para los años anteriores a la introducción del calendario nuevo en 1582.

<i>Planeta</i>	<i>Cálculo</i>		<i>Indicación del aparato</i>	
Júp. AR = 23 ^h 54 ^m	Decl. = - 2° 0		AR = 23 ^h 45 ^m	Decl. = - 3° 5
Sat.	18.52	- 21,3	19.11	- 24
Mer.	2.35	+ 13,2(?)	1.55	+ 22
Venus	1.08	+ 4,6	0.33	+ 1,2

Otra prueba se hizo para el 27 de enero de 500:

Júp.	14.15	- 12,4	14.25	- 13,5
Sat.	3.36	+ 16,8	3.25	+ 17

Debe tenerse en cuenta que el instrumento solamente permite leer la declinación de 5 en 5 grados. Por eso las indicaciones del aparato son aproximadas a grados completos, excepcionalmente a fracciones.

Después el planetario fue ajustado al año 300 D. C. y el experimento verdadero, es decir, el examen minucioso de los años 300 a 900, principió. Como latitud geográfica se tomó 18° norte, que corresponde aproximadamente a la parte media de la península de Yucatán. Al principio intenté apuntar las conjunciones planetarias visibles además de las posiciones llamativas y raras de la luna y las estrellas. Pero por lo general renuncié a la luna a causa de su representación incorrecta y a los eclipses. Al final de cada día anotaba rigurosamente las posiciones de todos los planetas y de la luna para poder controlar matemáticamente lo representado por el aparato. Esta prueba daba los errores medios siguientes.

	<i>Me.</i>	<i>Ve.</i>	<i>Ma.</i>	<i>Ju.</i>	<i>Sa.</i>	<i>Total</i>
Error en AR	17,8	11,1	25,9	23,0	23,2	20,1 min.
Error en la decl.	2,2	1,4	1,6	1,1	1,0	1,5 grados

Los errores relativamente grandes de las posiciones planetarias tienen su origen en la marcha muerta de los rodajes, etc., y son muchos menos sensibles en las estrellas fijas. Para obtener una estimación de la exactitud del ajuste de la precesión, se tomó la posición de las estrellas fijas Aldebaran, Regulus y Spica leída para los años 666 y 875 y se comparó con la que arrojan los cálculos. Fueron escogidas por su posición próxima al Ecuador celeste, pero en sitios diferentes:

<i>Estrella</i>		666			875		
		<i>AR</i>		<i>Decl.</i>	<i>AR</i>		<i>Decl.</i>
Aldebaran	Calc.	3.22	+	12,83	3.32	+	13,54
	Observ.	3.21	+	13	3.35	+	13,5
Regulus	Calc.	8.56	+	17,89	9.08	+	17,06
	Observ.	8.58	+	18	9.11	+	17,5
Spica	Calc.	12.16	—	3,90	12.27	—	5,07
	Observ.	12.18	—	3,5	12.29	—	5

La ascensión recta está dada en horas y minutos y la declinación en grados. El error medio de cada lectura es, respectivamente, para la:

ascensión recta $\pm 2,49$ minutos o $0,62$ grados.
 declinación $\pm 0,276$ grados

Las conjunciones observadas de Júpiter y de Saturno y la lista computada por Johann Heilmann⁶ no permiten ninguna comparación directa porque la segunda da las conjunciones en longitud heliocéntrica, mientras que el planetario las da en ascensión recta. Ambas fechas no coinciden y a causa del muy pequeño movimiento medio diario de esos planetas, pueden originarse grandes diferencias entre las fechas.

Aparte de las conjunciones, registré también fenómenos particularmente llamativos, por ejemplo, cuando los planetas estaban situados en línea recta o reunidos en un sitio, etc. La atención que damos a esas posiciones es enteramente arbitraria, porque no sabemos si los mayas observaron igualmente estas reuniones y las registraron. Anotamos especialmente las ocultaciones de planetas entre sí que en la realidad pueden haber sido conjunciones muy estrechas, para evaluarlas separadamente del problema maya, porque no parece haber bibliografía sobre la periodicidad de las conjunciones planetarias ni de las ocultaciones. Como el cálculo de esos fenómenos toma mucho tiempo y es poco grato, se justificó el que aprovecháramos la oportunidad durante la ejecución del dilatado experimento con el planetario.

La marca de la ascensión recta es rigurosa en unos 5 o 10 minutos y la declinación en grados enteros. No nos pareció necesario buscar mayor exactitud para estos datos porque los errores del instrumento son de esta magnitud y la ciencia maya

⁶ "Planetariumsmitteilungen". Publicación de la fábrica de Zeiss, No. 6 del 15 de enero de 1941.

no requiere una extrema exactitud astronómica; siempre lo decisivo fue la observación real del cielo. Las estrellas fijas y las conjunciones de los planetas con ellas no pudimos observarlas sino raramente porque había que dejar interrumpidos gran parte del tiempo los proyectores de las estrellas fijas para evitar el calentamiento del instrumento. Solamente para las constelaciones de planetas llamativas se iluminó la esfera estrellada.

El experimento avanzó sin dificultad ni incomodidad. Cada día, trabajando por 7 horas pude examinar de 30 a 40 años. Se terminó la investigación el 8 de enero de 1954.

3.2. Las fotografías.

Como complemento a las observaciones de los fenómenos celestes, el doctor Werner de la fábrica Zeiss, propuso fotografiar posiciones peculiares. Como no tenía yo cámara, acepté el ofrecimiento de la señorita A. Seuffert, de Hamburgo, de sacar las fotografías. Se sacaron 17 fotos de las cuales 10 salieron bien. Por su contenido también se reproduce la foto núm. 11. Aunque en ella aparecen todos los planetas dobles inexplicablemente, las estrellas fijas quedaron bien afocadas por razones que desconocemos. Las fotos núms. 1 y 3 se omitieron a pesar de haber salido bien, porque la luna y dos planetas aparecen sin constelación característica y se tomaron más bien como fotos de prueba para precisar el tiempo de exposición más favorable. Las fotos fueron tomadas en una simple cámara de cajón de 6×6 cm., abertura 9, sensibilidad de la película 21/10 DIN = 31° Scheiner, con tiempo de exposición de cerca de media hora para la luna y las estrellas fijas, y un cuarto de hora para los planetas muy brillantes. Encendíamos los proyectores para los planetas 15 minutos después de los de las estrellas fijas, o los apagábamos 15 minutos antes, dejando la cámara abierta durante todo el tiempo. Escogíamos siempre posiciones con el mayor número posible de planetas juntos y de preferencia con una constelación conocida por todos. Así en las fotografías de la primera línea (núms. 2, 4 y 15) pueden verse algunos planetas y, excepto en la 2, con la luna próxima a las Pléyades. La siguiente línea (fotos núms. 7, 14 y 16) nos muestra 4 o 5 planetas próximos a Escorpio que domina todo el cielo maya semejante a la Osa Mayor u Orion del cielo septentrional. En la tercera serie (fotos núms. 11 y 13),

aparecen todos los planetas con Géminis y la última línea (fotos núms. 9, 10 y 12) muestra los cinco planetas reunidos, lo que es un acontecimiento muy raro.

Las fotografías son fieles, pues escogíamos el cielo matutino antes de la salida del Sol para tomarlas. Los sacerdotes mayas debieron haber tenido a la vista lo que ahora nos muestran las fotografías. La foto núm. 11 en que aparece el cielo vespertino fue tomada después de la puesta del sol. Están arregladas cronológicamente excepto las núms. 15 y 16 que se cambiaron. Las fechas están según el calendario gregoriano. Se echaron a perder otras tres fotos que debían demostrar la diferencia de una conjunción planetaria en ascensión recta, la de una en el acimut, y la posición de dos planetas con la mínima distancia entre ellos.

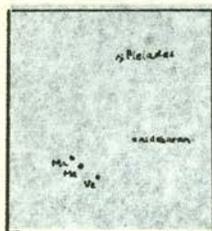
4. *Resultados preliminares.*

Naturalmente, las observaciones no son más que la primera parte de las investigaciones. Intentaba hallar relaciones posibles entre las posiciones peculiares de los planetas y las fechas de las inscripciones. Esta evaluación fue muy bien vista por el profesor F. Termer del Museo Etnológico de Hamburgo, quien me consiguió una beca de la "Joachim-Jungius-Gesellschaft".

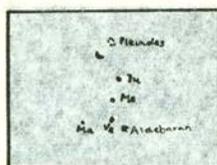
4.1. Hechos observados.

Al ver representado exactamente el cielo maya, de inmediato se hizo patente el siguiente hecho: No aparece de ninguna manera como impresionante la recalcada conjunción cuando ocurre en ascensión recta, porque tales conjunciones, especialmente aquellas en que participan Venus y Mercurio, solo son visibles en el cielo matutino o vespertino y muy próximas al horizonte. Pero debido a la baja latitud geográfica, en el cielo del este y del oeste los meridianos tienen una dirección casi horizontal, y dos planetas que estén en el mismo meridiano o en "conjunción de ascensión recta" quedan situados transversalmente y no presentan un fenómeno que llame la atención.

Más llamativa es la posición de dos planetas colocados exactamente uno abajo del otro, es decir, una conjunción en el acimut, o una posición en que los planetas tenían entre sí la mínima distancia. Los mayas pudieron observar fácilmente una conjunción en el acimut a lo largo de los muros de sus tem-



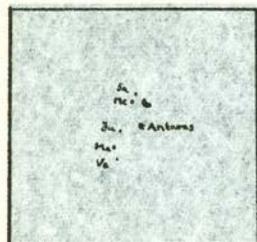
1000174 - Foto 2 Jun 11 (12)



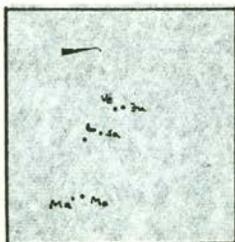
1000175 - Foto 4 Jul 25 (13)



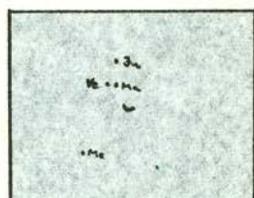
1000180 - Foto 15 Jul 25 (13)



1000176 - Foto 7 Oct 2 (17)



1000177 - Foto 14 Dec 24 (18)



1000182 - Foto 16 Dec 21 (18)

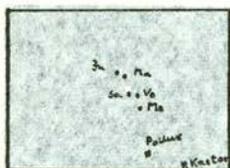
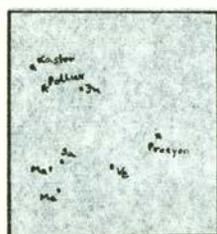


Foto 11

1000172 - Foto 11 Jun 25 (11)



1000186 - Foto 13 Jul 1 (13)

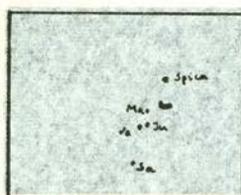


Foto 9

1000176 - Foto 9 Nov 17 (19)

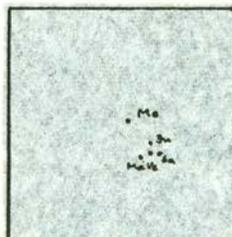


Foto 10

1000182 - Foto 10 Nov 17 (19)



Foto 13

1000180 - Foto 13 Nov 17 (19)

plos y estelas. Esos tres aspectos no coinciden en tiempo, sino que pueden diferir en unos cuantos días. Al analizar los datos astronómicos mayas es necesario prestar atención a este hecho y evitar darle excesiva importancia a la trillada conjunción en ascensión recta.

Aparte de este resultado se obtuvo la siguiente información:

de 1º de enero de 300 hasta 1º de octubre de 371, todas las conjunciones planetarias, menos las de Venus con Mercurio y otras cercanas al Sol.

de 1º de octubre de 371 hasta 27 de marzo de 494, todas las conjunciones planetarias, menos las de Venus con Mercurio, pero incluyendo las cercanas al Sol.

de 27 de marzo de 494 a 7 de diciembre de 854, todas las conjunciones sin excepción.

Nota: Todas las fechas son gregorianas como las indica el instrumento.

Son en suma 5000 conjunciones a las cuales hay que añadir unos miles de fechas de los eclipses del Sol y de la Luna obtenidos del "Canon der Finsternisse" de Oppolzer.

Al principio, por ahorrar tiempo, no se anotaron las frecuentes conjunciones de Venus y de Mercurio, ni aquellas que, a causa de la proximidad del sol, no pudieron verse. Pero desde 371 todas las conjunciones, excepto las de Venus con Mercurio, fueron apuntadas aunque acaecieran cerca del sol, para poder conocer el número de veces que se produjo ese fenómeno. Desde 494 todas las conjunciones, sin excepción, se registraron.

Además para los años de 723 hasta 854, todos los novilunios si acaecían cerca de los nodos y dejaban preveer un posible eclipse, se observaron especialmente, y se apuntaron las posiciones exactas de los planetas en el zodiaco. Intentamos comparar esos datos con los que se refieren a los cuadros en la tabla de los eclipses del Códice de Dresde.

4.2. Discusión de las fotografías: reuniones planetarias en la misma constelación.

Comencé examinando las fotografías donde la mayoría permite hacer una evaluación con respecto a las posiciones de los planetas en las constelaciones.

<i>Foto</i>	<i>Constelación</i>	<i>Fecha greg.</i>	<i>jul.</i>	<i>d. Jul.</i>	<i>Diferencia</i>
2	3 planetas en Tauro	450 jun.	13/12	1885584	11669
4	4 pl. + Luna en Tauro	482 may.	25/24	1897253	28177
(6)	4 pl. + Luna, Géminis	559 jul.	19/17	1925430	4886
7	5 pl. + Luna, Escorpio	572 dic.	3/1	1930316	16795
(8)	4 pl. + Luna, Escorpio	618 nov.	25/23	1947111	4013
9	4 pl. + Luna, Virgo	629 nov.	20/17	1951124	14718
10	5 pl.	670 mar.	11/8	1965842	14715
11	5 pl., Géminis	710 jun.	25/21	1980557	7241
12	5 pl. + Luna	730 abr.	22/18	1987798	13986
13	5 pl., Géminis	768 ago.	6/2	2001784	14750
14	5 pl. + Luna, Escorpio	808 dic.	24/20	2016534	4018
16	4 pl. + Luna, Escorpio	819 dic.	21/17	2020552	504
15	3 pl. + Luna, Pléyades	821 may.	8/4	2021056	

De las fotos núms. 6 y 8 no se hicieron impresiones porque salieron sólo esbozos. La núm. 16 fue tomada después que la núm. 15 a pesar de que representa una fecha anterior.

Se aprecia inmediatamente que muchas "diferencias" son múltiplos aproximados de 7000, por ejemplo 28177, 14715, etcétera, aproximadamente también 13986 y 16795. Esto se puede apreciar con más claridad combinando los datos según las constelaciones.

Junta de cinco planetas:

*Foto Día juliano**Diferencia*

$$\begin{array}{r}
 7 \quad 1930316 \\
 10 \quad 1965842 \\
 11 \quad 1980557 \\
 12 \quad 1987798 \\
 13 \quad 2001784 \\
 14 \quad 2020552
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 35526 = 5p - 399 \\
 14715 = 2p + 345 \\
 7241 = p + 56 \\
 13986 = 2p - 384 \\
 14750 = 2p + 380
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 35526 \\ 14715 \\ 7241 \\ 13986 \\ 14750 \end{array}} \right\} = 7p - 54 \\
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 14715 \\ 7241 \\ 13986 \\ 14750 \end{array}} \right\} = 4p - 4 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 7p - 54 \\ 4p - 4 \end{array}} \right\} = 8p + 2$$

Junta de cinco planetas en Escorpio:

$$\begin{array}{r}
 7 \quad 1930316 \\
 8 \quad 1947111 \\
 14 \quad 2016534 \\
 16 \quad 2020552
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 16795 = 2p + 2425 \\
 69423 = 10p - 2427 \\
 4018
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 16795 \\ 69423 \\ 4018 \end{array}} \right\} = 12p - 2$$

4 o 5 planetas cerca de Géminis:

*Foto Día juliano**Diferencia*

$$\begin{array}{r}
 6 \quad 1925430 \\
 11 \quad 1980557 \\
 13 \quad 2001784
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 15127 \\
 21227
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 15127 \\ 21227 \end{array}} \right\} = 5p + 429$$

Como valor medio del factor que parece encontrarse en todas esas diferencias, tenemos 7185, o escrito a la manera de los mayas, 1 Katun — $\frac{1}{2}$ mes sinódico = 7200 — 15 días = 1.0,0.0 — 15.⁷ Si llamamos a eso “factor p”, encontramos las relaciones dadas en la tabla. Es de hacerse notar que en los múltiplos de p, como 4p, 8p y 12p, las diferencias positivas y negativas se compensan bien.

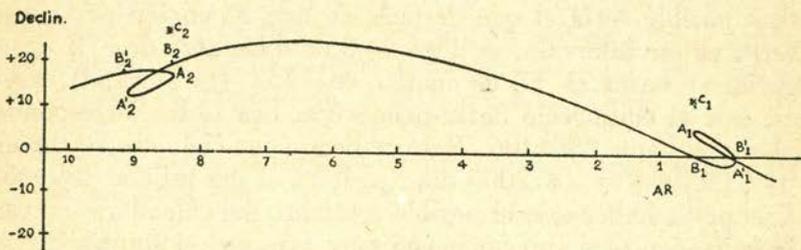
Pero si esto es más que un juego con números, no sólo en p sino que también en todo múltiple, los tiempos de revolución sinódica deben ser comprendidos o al menos aproximados.

$$\begin{aligned}
 \text{Así } 7185 &= 116 \times 62 - 7 \text{ Mercurio} \\
 &= 399 \times 18 + 3 \text{ Júpiter} \\
 &= 378 \times 19 + 3 \text{ Saturno}
 \end{aligned}$$

⁷ Aquí quiero proponer una nueva forma de anotar. Como Satterthwaite dio el nombre de “Tun Arithmetic” al sistema matemático de los mayas, sería lógico marcar la posición de los Tun con una coma en vez de un punto.

pero los tiempos de revolución de Venus y de Marte no están comprendidos en ese valor y tampoco encontramos una concordancia mejor investigando 12p que aproxima lo mejor posible un intervalo observado.

12p = 86218 =	116 ×	743 +	30	Mercurio
	584 ×	147 +	370	Venus
	780 ×	110 +	418	Marte
	399 ×	216 +	34	Júpiter
	378 ×	228 +	34	Saturno
365,24 × 236 + 21				año tropical
365,26 × 236 + 18				año sideral
29,5306 × 2919 + 18				mes sinódico
27,3217 × 3155 + 18				mes sideral.



Parte de la órbita de Mercurio en 1946.
 Camino del planeta: B₁A₁A'₁B₁B₂A'₂A₂B'₂.
 Tiempo: A₁A₂ = 149 días, B₁B₂ = 66 días.

Si a pesar de esto en las dos fechas los cinco planetas se reúnen con la luna en la constelación de Escorpio, hay dos causas para ello: en primer lugar, los tiempos de revolución sinódica no son más que promedios. En los casos concretos se encuentran diferencias importantes, por ejemplo, para Marte variaciones de - 16 hasta + 30 días son posibles con su promedio de 2 años y 50 días. En segundo lugar, hay que tener en cuenta la retrogradación de los planetas, pues en ese tiempo el planeta no solo no avanza sino que retrocede. En el dibujo se vé que el planeta necesita mucho más tiempo para moverse de A₁ hasta A₂ que de B₁ hasta B₂. Nótese que A₁ y B₁, así como A₂ y B₂, tienen la misma ascensión recta y el planeta estaría en una conjunción con otra estrella C₁ tanto en A₁ como en B₁. El tiempo en que un planeta retrocede moviéndose de A₁ hasta A'₁ es muy considerable y asciende, en

el caso de Marte, a 2 o 3 meses, y de Júpiter y Saturno de 4 a 5 meses; en el caso de Mercurio 3 a 4 semanas.⁸

La reunión de todos los planetas a 86218 días de distancia debe valorarse bajo este punto de vista.

El cálculo de las posiciones planetarias 86218 días antes del 3 de diciembre de 572, da 12 de noviembre de 336 (juliano) = 1844098; y 2×86218 días antes de 572, da el 24 de octubre (juliano) del año 100 = 1757880. Ambas fechas no muestran una reunión de todos los planetas en el sentido esperado, ni siquiera una asociación planetaria visible, ya que en ambos casos el sol estuvo colocado entre ellos.

La investigación más minuciosa de la reunión de todos los planetas en Escorpio (fotos 7 y 14) muestra, calculándola, que ese fenómeno se aplazó por 19 días de 572 a 808. Una hipótesis posible sería el que después de una repetición por cinco veces de ese intervalo, se llega de 3 de diciembre de 572 (gregoriano) hasta el 17 de marzo de 1753 (gregoriano), esto es, casi al equinoccio de la primavera. Esa fecha corresponde al día juliano 2361406. Retrocediendo un ciclo de Baktunes = 13.0.0.0.0 = 1872000 días, se llega al día juliano 489406. Este podía haber sido el posible comienzo del calendario maya: la coincidencia de un fenómeno muy raro con el equinoccio de primavera. El número juliano equivalente a esa fecha es con tres semanas de diferencia el mismo que la ecuación de Ahau por Spinden, A = 489384.

Nótese que estas son solamente hipótesis pues no es posible obtener resultados definitivos solamente de dos fechas, pero en mi opinión, estas conclusiones representan la mentalidad de los mayas con su interés por los números magnos.

4.3. La periodicidad de las conjunciones planetarias.

Además investigué la periodicidad de las conjunciones planetarias porque pudiera ser factible que los mayas se basaran en estas repeticiones periódicas para establecer los ciclos de su calendario. Se examinaron más cuidadosamente las conjunciones ocurridas desde 300 hasta 371 D. C. Como por ahorrar tiempo para esos años se habían anotado únicamente las conjunciones visibles, o sean, las que no acaecían demasiado cerca del sol, esto resultó favorable para nuestro problema, ya que, si

⁸ STRÖMGREN, E. y B. 1933. *Lehrbuch der Astronomie*. Berlin.

los mayas derivaron sus ciclos calendáricos de estos períodos de las conjunciones, debieron haber empezado con las visibles solamente.

La distinción entre las conjunciones visibles e invisibles se estableció por simple observación, por lo que no es imposible que una conjunción visible se haya dejado de apuntar como invisible o, al revés, se haya apuntado una invisible como visible. En el gran total, estos errores inevitables se habrán compensado. Una determinación exacta en cada caso habría tomado más tiempo del que se disponía en vista de la extensión del programa. Además debe tenerse presente que la visibilidad de un planeta (y lo mismo la de la conjunción de dos planetas) no depende exclusivamente de su distancia del sol, sino también de la inclinación de su órbita respecto de la órbita de la tierra (eclíptica) y de su posición en aquella órbita, es decir, de la localización de los puntos de salida y de puesta del planeta respecto de la salida y puesta del sol.

Las diferencias entre dos conjunciones visibles inmediatamente seguidas son:

<i>Pla-</i>	<i>Nú-</i>	<i>Intervalo con frecuencias absolutas y relativas</i>		
<i>netamero</i>				
	100%			
MeMa	63	21×84, ⁴² (34%)	15×716, ⁴⁷ (24%)	8×640, ⁴¹ (13%)
MeJu	60	31×375,4 (53%)	9× 53,2 (15%)	7×432,2 (12%)
MeSa	67	45×364,5 (68%)	9× 50,0 (14%)	2×399,0 (3%)
VeMa	46	29×690,5 (64%)	5×257,6 (11%)	4× 88,0 (9%)
VeJu	57	28×441,7 (50%)	11×305,8 (20%)	7×752,3 (13%)
VeSa	59	24×421,3 (41%)	12×294,7 (21%)	5×303,0 (9%)
MaJu	26	7×795,0 (28%)	6×813,3 (24%)	
MaSa	31	28×741,9 (93%)	2×1490 (7%)	

La tabla nos da los nombres de los planetas partícipes, la cantidad de conjunciones, y los tres intervalos más frecuentes, haciendo hincapié en la frecuencia absoluta y relativa. Los residuos de esas cifras con respecto a los períodos de 20, 13, 9 y 7 días y la suma de los cuadrados de estos residuos se muestran en la siguiente tabla. El número menor que aparece como suma cuadrada indica aquel intervalo que lo aproxima más al promedio de un múltiplo común de los ciclos de 20, 13, 9 y 7 días.

<i>Planeta e intervalo</i>		<i>Residuos módulos</i>				<i>Suma de los cuadrados</i>
		20	13	9	7	
MeMa	84	+ 4	+ 6	+ 3	0	61
	717	— 3	+ 2	— 3	+ 3	31
	640	0	+ 3	+ 1	+ 3	19
MeJu	375	— 5	— 2	— 3	— 3	47
	53	— 7	+ 1	— 1	— 3	60
	432	— 8	+ 3	0	— 2	77
MeSa	365	+ 5	+ 1	— 4	+ 1	43
	50	+ 10	— 2	— 4	+ 1	121
	399	— 1	— 4	+ 3	0	26
VeMa	691	— 9	+ 2	— 2	— 2	93
	258	— 2	— 2	— 3	— 1	18
	88	+ 8	— 3	— 2	+ 4	93
VeJu	442	+ 2	0	+ 1	+ 1	6
	306	+ 6	— 6	0	— 2	76
	752	— 8	— 2	— 4	+ 3	93
VeSa	421	+ 1	+ 5	— 2	+ 1	31
	295	— 5	— 4	— 2	+ 1	46
	303	+ 3	+ 4	— 3	+ 2	38
MaJu	795	— 5	+ 2	+ 3	— 3	47
	813	— 7	— 6	+ 3	+ 1	95
	742	+ 2	+ 1	+ 4	0	21
MaSa	1490	± 10	— 5	— 4	— 1	142

Explicación: Por ejemplo, la primera línea muestra que la diferencia de 84 días hallada en las conjunciones de Mercurio con Marte, da, dividida entre 20, 13, 9 y 7, los residuos + 4, + 6, + 3 y 0. La suma de los cuadrados de esos residuos es 61.

Según esta lista, Venus y Júpiter, Venus y Marte y Mercurio y Marte, son los planetas cuyos intervalos de conjunción pudieron ser el origen de los ciclos fundados en 20, 13, 9 y 7.

Otra interpretación sería la siguiente: La doble diferencia del período de conjunciones VeMa de 1380 días, arroja el residuo 0 al ser dividida entre 20, y + 2 en el caso de 13. Esto implicaría con respecto al calendario maya que después de una doble repetición de una conjunción VeMa, se queda el nombre del día, pero el número del día avanza 2 unidades. De la misma manera resulta que la diferencia de 258 días es un Tzolkin menos 2 días, o sea, que tanto el nombre del día como su número se encuentran desplazados en dos unidades.

Esto me hizo investigar teóricamente la periodicidad de las conjunciones planetarias, pero como son datos en su mayoría

astronómicos los omito aquí, y menciono solamente que los intervalos computados coinciden muy bien con las observaciones en el planetario, al menos en el caso de Marte, como puede verse en la siguiente tabla:

MaSa	teórico	733,86 días
	observado	741,9 \pm 8,0 días en 93% de todos los casos.
MaJu	teórico	816,46
	observado	813,3 \pm 5,0 días en 24% de todos los casos.

5. *Resumen y trabajos futuros.*

Para resumir, pienso que los períodos observados de las conjunciones planetarias pudieron haber conducido a los mayas a establecer su sistema calendárico con sus ciclos de 20, 13, 9 y 7 como se dijo antes. Especialmente favorables son los ciclos de las conjunciones de los planetas VeJu, VeMa y MeMa, cuyos períodos de intervalo fueron, en mi opinión, conocidos por los mayas. Estos valores pudieron obtenerlos mediante simple observación de los fenómenos celestes durante unos siglos, pero desde luego no pudieron computar teóricamente esos períodos por falta de conocimiento del sistema de Copérnico.

Los trabajos futuros deberían ser, en mi opinión:

1. Una investigación de las fechas mayas registradas. Para ello recibí del doctor Zimmermann una lista bastante completa de todas las fechas esculpidas en los monumentos.

2. Investigar cuántos eclipses tuvieron que observar los mayas para derivar los ciclos correspondientes. Todavía se ignora cómo los mayas pudieron conocer la posibilidad de dos eclipses solares en un intervalo de 4 semanas, ya que esos fenómenos no son visibles sino en las muy altas latitudes y no en México.

Hemos visto que el planetario da la oportunidad de investigar el cielo de los mayas antiguos, lo que habría sido imposible sin este moderno instrumento.