

# COMPARACIÓN DE LA TABLA DE ECLIPSES MAYA Y EL CICLO DE SAROS GRIEGO

Raúl Pérez-Enríquez<sup>1,\*</sup>  
 Julio Saucedo Morales<sup>1,†</sup>  
 Alfredo Carmona Martínez<sup>2,‡</sup>  
 Jesús Clemente Olvera Trejo<sup>2,§</sup>  
 Xenophon Moussas<sup>3,¶</sup>  
 Ezequiel Rodríguez Jáuregui<sup>1,||</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Sonora

<sup>2</sup>ROIIG México

<sup>3</sup>National and Kapodistrian University of Athens

Recibido: 9/agosto/2023

Aceptado: 22/noviembre/2023

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v14i2.17086>

## RESUMEN

Motivados por la construcción del Mecanismo de Antikythera Monumental para Hermosillo y su futura exhibición en el campus Centro de la Universidad de Sonora, México, emprendimos un estudio acerca de la predicción de eclipses, implementada en dicho mecanismo cuya base es el conocimiento del Ciclo de Saros. Resultó natural, el llegar a la necesidad de agregar a dicho estudio, la perspectiva Mesoamericana de los eclipses; en particular, arribamos al análisis de la Tabla de Eclipses del Códice Dresde. Fue a partir de la secuencia de intervalos de dicha tabla, que decidimos hacer una comparación entre ambas perspectivas: la Maya del Códice Dresde y la Griega del Ciclo de Saros. En este reporte presentamos nuestros hallazgos y contrastamos sus propiedades principales. En la Maya: La predicción de eclipses solares podría obtenerse de observaciones sistemáticas de la Luna pues, en la sección introductoria de la tabla (páginas 51a y 52a), existen elementos para elaboración de la secuencia de 69 eclipses reportados a partir de la página 53a hasta la 58b; El período de 11,960 días (11,958 en la secuencia) les permitió agrupar los eclipses solares de acuerdo a su tipo por grupos; Las diez viñetas posteriores a los intervalos de 148 días, podrían atribuirse a eclipses observados en la zona Maya; y, al cotejar la secuencia de eclipses de la tabla con la secuencia de eclipses ocurridos en el lapso de 700 a 800 CE, la serie identificada por el eclipse del 06/08/0788 resultó la serie de mayor coincidencia. Por el lado del Saros tenemos: los eclipses aparecen registrados en la espiral correspondiente del mecanismo y son 27 eclipses solares; cada eclipse aparece con fecha y hora de ocurrencia por medio de la espiral y los glifos en ella; en el período de 19,755 días (3 Saros = 3 X 6585 días = 1 Exeligmus) un eclipse vuelve a ocurrir en la misma longitud geográfica; los reportados son eclipses observados en la zona del mecanismo yendo de parcial a anular y, finalmente, a total y viceversa. Estos hallazgos sugieren

\*raulpe55@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0003-2544-6423>

†julio.saucedo@unison.mx,  <https://orcid.org/0000-0003-4253-7327>

‡mantenimiento@relojesolvera.com.mx

§clemente@relojesolvera.com.mx

¶xmoussas@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0002-5553-9017>

||ezequiel.rodriguez@unison.mx

que los Mayas debieron tener un modelo del Mundo en el cual la Tierra, la Luna y el Sol tenían un rol específico que jugar en los eclipses; y, en consecuencia, debieron poseer un comprensivo modelo propio.

**Palabras clave:** Predicción de eclipses; Mecanismo de Antikythera; período de 11,960 días; ciclo Maya; Exeligmus.

### ABSTRACT

Motivated by the construction of the Monumental Antikythera Mechanism for Hermosillo and its future exhibition at the "Centro" campus of the Universidad de Sonora, Mexico, we undertook a study about the prediction of eclipses, implemented in this mechanism whose basis is the knowledge of the Saros Cycle. It was natural, to arrive at the need to add to this study, the Mesoamerican perspective of eclipses; in particular, we arrive at the analysis of the Table of Eclipses of the Dresden Codex. It was from the sequence of intervals of this table, which we decided to make a comparison between both perspectives: the Maya of the Dresden Codex and the Greek of the Saros Cycle. In this report we present our findings and contrast their main properties. In Maya case: The prediction of solar eclipses could be obtained from systematic observations of the Moon because, in the introductory section of the table (pages 51a and 52a), there are elements for elaboration of the sequence of 69 eclipses reported from pages 53a to 58b; The period of 11,960 days (11,958 in the sequence) allowed them to group solar eclipses according to their type by groups of 7 or 9; The ten vignettes after the 148-day intervals could be attributed to eclipses observed in the Maya zone; and, when comparing the sequence of eclipses in the table with the sequence of eclipses that occurred in the span of 700 to 800 CE, the series identified by the eclipse of 06/08/0788 was the series of greater coincidence. On the side of the Saros we have: the eclipses are recorded in the corresponding spiral of the mechanism and there are 27 solar eclipses; Each eclipse appears with date and time of occurrence by means of the spiral and the glyphs in it; in the period of 19,755 days (3 Saros = 3 X 6585 days = 1 Exeligmus) an eclipse occurs again at the same geographical longitude; Those reported are eclipses observed in the area of the mechanism going from partial to annular and, finally, to total and vice versa. These findings suggest that the Maya must have had a model of the World in which the Earth, Moon and Sun had a specific role to play in eclipses; and, consequently, they must have had a comprehensive model of their own.

**Keywords:** : Eclipse prediction; Antikythera mechanism; period of 11,960 days; Mayan cycle; Exeligmus.

## 1 *Introducción*

A lo largo de los últimos dos años, un equipo interdisciplinario e interinstitucional, ha venido trabajando en el proyecto Mecanismo de Antikythera Monumental para Hermosillo (MAMH); proyecto que está enfocado a la reproducción de una versión actualizada, conforme a los más recientes progresos en la interpretación del denominado Mecanismo de Antikythera descubierto en una isla griegas de ese nombre hace ya más de 120 años y que ha sido datado a una época alrededor de 150 a 100 a.C. La UNISON (Universidad de Sonora), la empresa ROIIIIG (Relojes Olvera III Generación) y la NKUA (Nacional y Kapodistriana Universidad de Atenas) han concretado la fabricación: en una primera etapa y en una escala 1 a 1, de una réplica funcional del Mecanismo de Antikythera (MA1) con sus funciones básicas y la habilidad para representar el movimiento de los planetas visibles (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno) vistos desde la Tierra; y en una segunda fase que está por finalizar, una versión en escala 10 a 1 del mismo (ver Figura 1).

El arribo a esta etapa final de construcción del MAMH ha sido posible gracias al apoyo del Gobierno del Estado de Sonora, México, y a la voluntad de la Rectoría de la UNISON. Se espera que para cuando hayan

sido publicadas estas líneas, el proyecto haya culminado y ya sea posible visitar este mecanismo, movido por un reloj monumental de la empresa Relojes Olvera III Generación, en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México; mismo que dará seguimiento tanto a los planetas ya mencionados en un fondo del Zodíaco como a los eclipses y a los calendarios lunares (Metónico y Calípico), mediante las espirales correspondientes de su carátula posterior.

Ha sido, precisamente, la realización de este mecanismo monumental el que ha llevado a nuestro equipo de investigadores a abordar el tema de la predicción de eclipses desde dos perspectivas distintas: la de Grecia sustentada en el conocimiento milenario del Ciclo de Saros y su implementación en la Espiral de Saros del mecanismo; y, la Maya que se apoya en la Tabla de Eclipses del Códice Dresde cuya información proviene, muy probablemente, de una época no tan remota pero sí de siglos de antigüedad.<sup>1</sup>

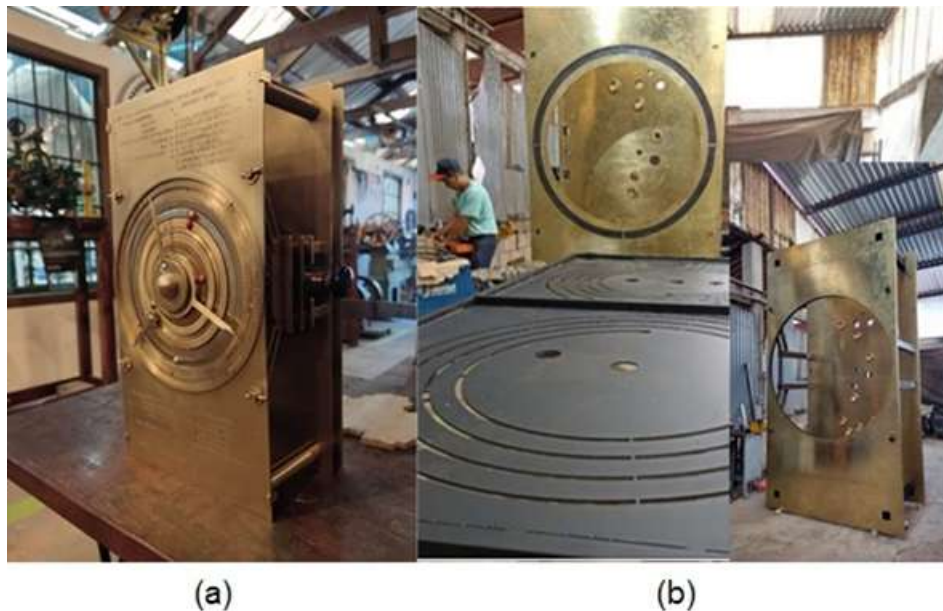


Figura 1: Versiones funcionales del Mecanismo de Antikythera: a) MA1 – modelo escala 1 a 1; b) MAMH – modelo escala 10 a 1.

El Mecanismo de Antikythera Monumental para Hermosillo está siendo fabricado en la ciudad de Zacatlán, Puebla, México, a partir de la revisión y estudio de las investigaciones realizadas a lo largo 120 años; hechas por investigadores entre los cuales se pueden nombrar: Freeth, Wright y Moussas, los más recientes; y, aquellos que se remontan a los años veinte del siglo pasado, a los pocos años de su descubrimiento ocurrido en 1902, Valerios Stais y más tarde Derek J. de Solla. Desde su descubrimiento realizado por buceadores recolectores de esponjas marinas, los vestigios de esta extraordinaria máquina han sido identificados desde 1903 como un dispositivo hecho de engranes (Moussas, 2018). Mismos que han sido confirmados por los más recientes estudios de tomografía de rayos X; estos estudios han puesto al descubierto que este mecanismo tiene las características de una computadora analógica que daba seguimiento a los movimientos del Sol, la Luna y de los cinco planetas visibles a simple vista (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno) en un fondo de las constelaciones del Zodíaco tal como Derek de Solla P. sugería en su modelo de 1959 (Yagi *et al.*, 1996). El mecanismo de Antikythera, además, mostraba las fases de la Luna y su cambio de velocidad en su órbita alrededor de la Tierra (anomalía lunar). Todo ello, mediante trenes de engranes adecuados (Wright, 2005).

<sup>1</sup>Artículo elaborado en base a la ponencia presentada en el XII Congreso Internacional de Mayistas llevado a cabo del 26 al 30 de junio del 2023 en Ciudad de México.

Asimismo, el diseño del Mecanismo de Antikythera incluía las dos espirales calendáricas en donde se podían seguir los ciclos de Metón de 19 años y de Saros de 18 años (más 11 días y 8 horas) que permiten, con base en la conmensurabilidad de los ciclos solares y lunares, la predicción de eclipses de Sol y de Luna. El mecanismo, mediante un par de trenes de engranes adicionales, facilita: uno, la repetición del primero por cuatro veces para completar los 76 años del Ciclo Calípico; otro, la repetición del segundo por tres veces para completar el ciclo Exeligmus.

Será sobre el ciclo de Saros y el de Exeligmus que abundaremos para llegar a la predicción de los eclipses. Para otros detalles del diseño tales como las fases de la Luna y su velocidad variable en su órbita alrededor de la Tierra, remitimos al lector a la literatura al respecto ([Freeth et al., 2006](#); [Moussas, 2014](#)).

Por su parte, la predicción de eclipses contenida en el Códice Dresde se muestra en la llamada Tabla de Eclipses, en donde mediante una secuencia de 69 intervalos de 177 y 148 días con duración total de 11.958 días, se podrían fijar las fechas de igual número de eclipses. Serán la secuencia y su presentación lo que nos permitirá sentar las bases para una comparación de este enfoque con el del ciclo de Saros.

Así, en la sección de Metodología, presentamos los elementos básicos de ambas perspectivas: la Secuencia de la Tabla de Eclipses del Códice Dresde (STECD) y la Secuencia de la Espiral del Ciclo de Saros del Mecanismo de Antikythera (SCSMA). En la sección de Resultados, comparamos los tipos de eclipses y enumeramos sus similitudes y coincidencias. La discusión acerca de nuestros hallazgos la hacemos en la sección correspondiente en la que podremos destacar que mientras la Tabla de Eclipses proporciona un listado paralelo de los eclipses que ocurrieron en un período entre el 700 y el 800 d.C.; la Espiral de Saros nos proporciona 27 eclipses solares observables en la región de diseño del mecanismo; incluyendo la fecha y la hora de los mismos. Ahí mismo presentamos la comparación destacando los rasgos más relevantes de cada una de ellas. A manera de Conclusión presentamos nuestros comentarios finales sobre la comparación.

## 2 Metodología

Pensando en la exhibición del MAMH y su museografía asociada fue como llegamos a pensar en la predicción de los eclipses entre los pueblos de Mesoamérica. En particular, y animados por el doctor Stanislaw Iwaniszewski, nos dimos a la tarea de estudiar la denominada Tabla de Eclipses del Códice Dresde ([Velásquez García, 2016](#)). Códice de origen Maya que sobrevivió a la destrucción ocurrida con la llegada de los españoles a estas tierras (Mesoamérica). Junto con los códices de París, de Madrid y del pueblo Maya (antes Grolier), el Códice Dresde recoge el conocimiento de esta cultura y su recuperación ha sido paulatina y realizada por un gran número de investigadores (Yuri Knorozov, Erick Thompson, Teeple, Clive Ruggles, Anthony Aveni, los esposos Bricker y Eric Velásquez, entre otros). Por otra parte, el Ciclo de Saros en el Mecanismo de Antikythera está presente a través de una de las dos espirales de su cara posterior y, en ella, se da cuenta de la aparición de 27 eclipses solares.

En el siglo pasado, se hicieron diversos estudios sobre la Tabla de Eclipses Maya, contenida en el Códice Dresde. En general el enfoque ha sido ver la coincidencia de las fechas del código, usando diversas Constantes de Correlación; tal y como lo hace Francisco Beverido. Él nos dice que:

La primera etapa fue la conversión de fechas Maya en Fechas Cristianas. En Seguida, se hizo la identificación de la existencia de eclipses en las fechas obtenidas y la graficación de las trayectorias de la sombra proyectada en la Tierra. Nuestro enfoque es un camino alterno: Elaborar,





Figura 2: Códices prehispánicos de origen Maya: Códice Paris; Códice Madrid; Códice Maya (antes Grolier); y, Códice Dresde.

a partir de la lista de eclipses ocurridos en un período determinado (eclipses de Sol), elaborar un listado de fechas para estos eventos usando la secuencia de eventos de la Tabla de Eclipses y, después verificar cuales de ellos coincidieron con los observados. (Beverido Pereau, 1992)

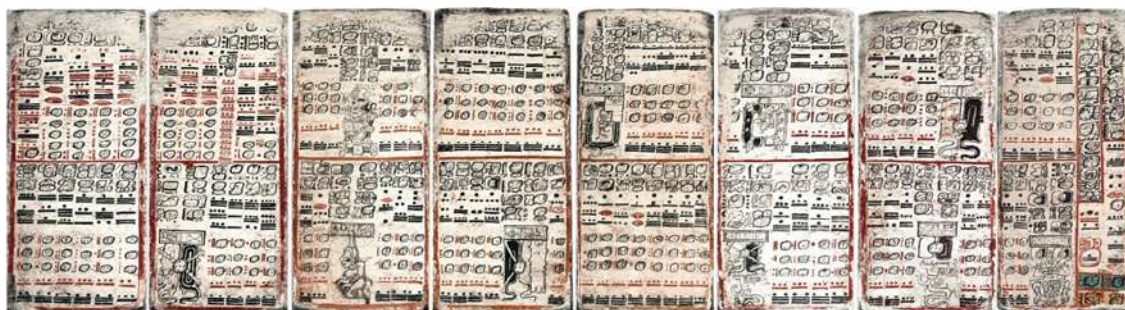
A continuación, pasamos a hacer una revisión somera de estos dos productos de la observación del cielo realizada por astrónomos (o deberíamos decir sacerdotes-astrónomos) de la antigüedad: la Tabla de Eclipses del Códice Dresde Maya y la Espiral del Ciclo de Saros Griego. Esto con la idea de hacer una comparación entre ambas aproximaciones al fenómeno de los eclipses y su predicción; en particular, de los eclipses solares. Para ello, necesitaremos un tercer elemento: La secuencia de Eclipses Solares Ocurridos a partir del año 750 d.C.

### Tabla de Eclipses del Códice Dresde

El Códice Dresde es uno de los cuatro códices de origen Maya existentes; los otros tres son: El Códice Maya (antes Grolier), el Códice París y el Códice Madrid. Ellos reciben sus nombres de acuerdo con la ciudad en donde se encuentran actualmente. El códice que estudiamos sobresale no solo por ser, tal vez, el más importante de todos en el terreno astronómico sino, también, porque es el que contiene varias tablas de carácter numérico; en particular, contiene la Tabla de Eclipses que se discute aquí, pero en él están contenidos, además, las Tablas de Venus y Marte y la Tabla de Lunaciones (Iwaniszewski, 2020), entre otras.

La Tabla de Eclipses está contenida en las páginas 51 a 58 del códice; mismas que están divididas en dos secciones (a - superior y b - inferior). Así, la tabla tiene dos partes: una introductoria en las páginas 51a y 52a; y, la llamada Secuencia de Eclipses, en las páginas 53a a 58a seguidas por 51b a 58b, en la que se inscriben intervalos de 177 y 148 días, como se muestra en la figura 3a. Intercaladas en la secuencia y en seguida de los intervalos de 148 días, aparece un total de diez viñetas con jeroglíficos y motivos que

remiten a eclipses y otro tipo de información. La secuencia cubre un total 69 eclipses solares (o lunares) que se presentan en un período de 11,958 días. Como ya mencionamos líneas arriba, los estudiosos del códice han encontrado, gracias a un registro de días acumulado que aparece en la parte superior de la columna, que entre cada eclipse de la secuencia los intervalos pueden ser de 177, 178 o 148 días (Bricker *et al.*, 1983; Bricker y Bricker, 2011; Teeple, 1960). En la figura 3b, se puede apreciar la secuencia completa de los 69 eclipses que para nuestro enfoque son eclipses de Sol. En la figura 4, se subraya en rojo, en la página 53a, la parte del acumulado.



(a)

Intervalos (días)	Figura	Total (días)
177, 177, 148	53a	502
177, 177, 177, 177*, 177, 177, 177, 177, 177, 148	55a	1,734
177*, 177, 177, 177, 177, 148	56a	1,034
177, 177, 177, 177*, 177, 177, 148	57a	1,211
177, 177, 177*, 177, 177, 177, 177, 177, 177, 148	52b	1,742
177*, 177, 177, 177, 177, 148	53b	1,034
177, 177, 177, 177, 177, 177, 148	54b	1,210
177, 177, 177*, 177, 177, 177, 177, 177, 148	56b	1,565
177, 177*, 177, 177, 177, 177, 148	57b	1,211
177, 177, 177, 177	58b	708

Nota. \*en ocasiones se suma 178 aunque el número anotado es 177

(b)

Figura 3: Tabla de Eclipses del Códice Dresde, (a) páginas 51 a 58 (Velásquez García, 2016) y (b) Secuencia de Eclipses (Bricker *et al.*, 1983).

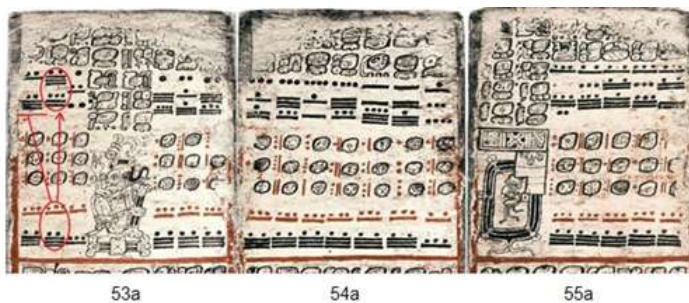


Figura 4: Páginas 53a – 55a de la Tabla de Eclipses mostrando (en rojo) el lugar en que se llevan los acumulados (Velásquez García, 2016).

Esta Secuencia de la Tabla de Eclipses del Códice Dresde (STECD) será la que utilizaremos a manera de regla móvil (regla de cálculo) para hacerla coincidir con la Secuencia de Eclipses Solares Ocurredos a

partir del año 750; misma que describimos más abajo. Después de cada intervalo de 148 días, será posible esperar el reporte de un eclipse de Sol observable desde la región de influencia de la cultura Maya.

Además, podemos identificar que el período de 11,960 días aparece en sucesivas intercalaciones de la STECD.

## Espiral del Ciclo de Saros

El Ciclo de Saros de los Eclipses fue descubierto hace más de 3000 años por los astrónomos de la antigua Mesopotamia. Ya desde los registros en tablas cuneiformes, recuperadas en Babilonia (Huber y Meis, 2004) se puede identificar el número de días (6,585) que indica cuando un eclipse de Sol (o de Luna) ocurrirá en una región determinada de la Tierra tan solo desplazada por un intervalo de 8 horas. Los astrónomos griegos hacia el año 350 a.C., descubrieron que deberían pasar tres períodos de Saros para que sucediera la observación de un eclipse con las mismas características en la región: ellos llamaron Exeligmus a este nuevo ciclo.

Es precisamente este concepto el que está plasmado en la Espiral de Saros del Mecanismo de Antikythera. Como puede ser observado en la Figura 5, la espiral de cuatro vueltas tiene los registros de 27 eclipses de Sol que deben ser recorridos por tres veces como lo indica el pequeño dial dividido en tres sectores, marcadas con los números 8 y 16 y un espacio en blanco que sería cero o de ajuste inicial.

El Ciclo de Saros está implementado en el Mecanismo de Antikythera de manera que una espiral de cuatro vueltas recorre las 223 lunaciones que ocurren en el lapso de 6,585 días. Así, los investigadores han descubierto que cada cuarto de vuelta corresponde a un ciclo de Luna llena (Freeth *et al.*, 2008). De manera que cada eclipse en una serie de Saros ocurre con una diferencia de 8 horas. Los eclipses del Exeligmus ocurren de manera casi idéntica y a la misma hora día. El dial de apoyo de este período de tres Saros está dividido en 3 sectores como se ve en la Figura 5. Y están marcadas cero horas (sin marca), 8 horas y 16 horas, respectivamente.

Por consiguiente, los eclipses de una serie de Saros pueden ser considerados como locales; y entonces, los 27 eclipses de Sol que aparecen en la espiral del mecanismo corresponden, necesariamente, a eclipses que fueron observados en la zona del mundo de diseño para la que se fabricó el mecanismo (Siracusa), pero quedan asignadas a diversas series de Saros (Anastasiou *et al.*, 2016). El lugar atribuido a su diseño según Goran Henriksson (2009) sería Sicilia.

Cabe destacar que, en la espiral del mecanismo, se predicen los eclipses incluyendo no solo la fecha de ocurrencia sino, también, la hora de observación.

## 2.1 Secuencia de Eclipses Ocurredos

En la actualidad, es posible estudiar los eclipses que ocurrieron en el pasado utilizando programas de computadora. Un ejemplo de ello es el uso de Stellarium (Zotti *et al.*, 2021); programa que permite tener un listado de eclipses (por ejemplo, solares) en un período de tiempo determinado: 750 d.C. a 850 d.C., incluyendo tipo de eclipse, horas de observación y las latitudes correspondientes. Con esta información es posible generar, al calcular el número de días entre un eclipse y el siguiente, la Secuencia de Eclipses Ocurredos a partir de 750 d.C. (SEO750).



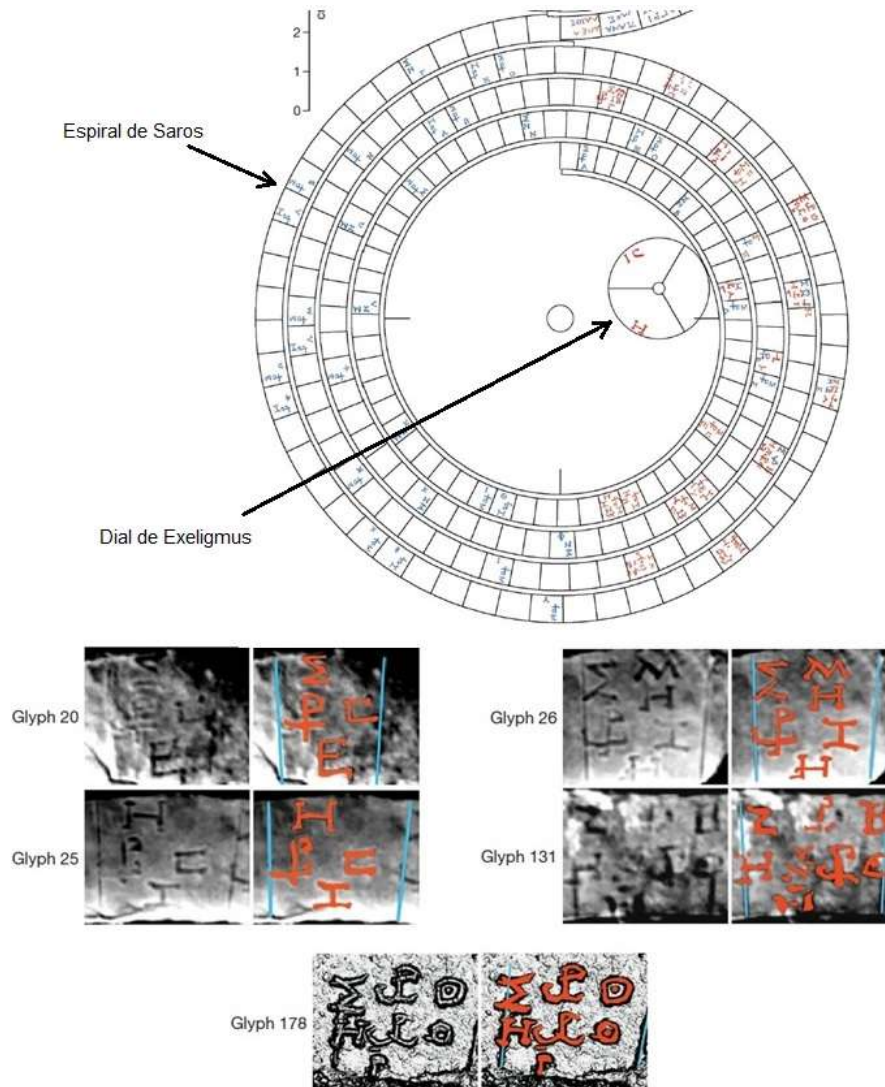


Figura 5: Espiral del Ciclo de Saros y el dial de los Exeligmus (Freeth *et al.*, 2008); en detalle, se muestran cinco glifos de registro de eclipses específicos y su interpretación.

En la Naturaleza, existen eclipses de sol cuya separación temporal es de tan solo 30 días; prácticamente, todos ellos van ligados a otro de 148 días y, por lo tanto, si se suprimen del listado, se obtendrá una secuencia con intervalos de 177, 178 u 148 días. Esta secuencia reducida (se suprimen alrededor de 9 eclipses en 78) conduce a una secuencia de eclipses similar a la que está presente en el Códice Dresde. Cabe señalar que todos los eclipses que son eliminados fueron eclipses observados en algún lugar de la Tierra en latitudes por encima de los 60°; esto es muy al norte o sur del planeta.

A esta secuencia SEO750 se le designó como la secuencia de referencia contra la cual habría de ser cotejada la STECD, como ya mencionamos. Debemos completar esta descripción mencionando que se harán destacar en la secuencia aquellos eclipses que hayan ocurrido para la latitud de Chichen-Itzá.

Antes de proceder a la sección de análisis de resultados, debemos reiterar que el número de días entre dos eclipses determinados por la secuencia se puede redondear a 11,960. Por ejemplo, el 11 de julio de 1991 fue la última vez que se vio un eclipse total de Sol en México. El próximo total en México ocurrirá el 8



de abril de 2024. El número de días entre estos 2 eclipses totales es 11,960. ¿Es coincidencia que el lapso entre estos dos eclipses sea 11,960 días? O en otras palabras ¿Es el período de 11.960 días un predictor de eclipses? Para responder a esta pregunta podemos recurrir al "Five Millennium Canon of Solar Eclipses: -1999 to +3000" (Espenak y Meeus, 2007). Así, partiendo de un eclipse conocido, el anular de Sol del 14 de octubre de 2023, cuya franja de totalidad atravesará la península de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, así como en otras regiones mayas de Centroamérica; encontramos que el 12 de julio de 2056 ocurrirá otro eclipse anular, visible de manera parcial en el área maya. El número de días entre estos eclipses anulares es 11,960 días. Después de 11,959 días vendrá el del 10 de abril de 2089, luego de 11,960 días otro en 08 de enero de 2122, seguido por el de 07/10/2154, 06/07/2187, 04/04/2220, ... etc. Y de la igual forma yendo al pasado: 15/01/1991, 19/04/1958, etc. Pero no adelantemos conclusiones.

### 3 Resultados

Los resultados de nuestro análisis lo presentamos en dos partes como hemos hecho notar arriba. Primero presentamos el contraste entre la secuencia de referencia y la de la Tabla de Eclipses; después, la comparación entre la serie de Saros y la del Códice Dresde.

#### Coincidencia entre secuencias SEO750 y STECD

La secuencia de eclipses ocurridos fue utilizada como referencia para hacer el cotejo. Para ello, la serie SEO750 se colocó en la fila 1 de la tabla que se muestra en la Figura 6 indicando que tipo de intervalo observado es: o – intervalo de 148 días o ausencia; \* - intervalo de 177 días; y, + - intervalo de 178 días. En las filas sucesivas de la tabla (filas 2 a 11) se colocó la secuencia STECD con un desplazamiento de manera que su inicio coincidiera con los eclipses solares observados; esto es, "\*\*\*o" en la serie SEO750.

Una vez hecho el cotejo indicado, procedimos a alinear los inicios de las diez series. Así, podemos verificar el grado de coincidencia que cada una de las secuencias STECD tiene con respecto a la parte correspondiente de SEO750. En la Figura 7, se muestra dicho cotejo después de asignar un valor numérico a lo que sería el índice de coincidencia para los intervalos de 148 días que como ya mencionamos arriba, son los puntos cuando aparecen en el código las viñetas representativas (Velásquez García, 2016). En la figura se ha asignado un valor 0 si las fechas coinciden con a lo más 1 día; de 1 si la diferencia es de cuando mucho dos días; y, de 2 para cuando la diferencia es mayor.

El resultado de la suma de los diez valores de coincidencia que se muestra en la última columna de esta tabla nos permite proponer que, precisamente, la posición STECD075 es la mejor con un valor de 6. La fecha del eclipse indicado corresponde al Día Juliano 2.007.555; esto es, corresponde al eclipse ocurrido el día 23 de mayo de 787 d.C. En la figura 8, mostramos la reconstrucción de la Tabla de Eclipses indicados por el Códice Dresde, pero haciendo el ajuste para la fecha indicada. Además, presentamos en una columna de la tabla los eclipses que fueron visibles para la zona de influencia Maya; representada por la ciudad de Chichen-Itzá. Al revisar el trabajo de Nohemy Lizeth Rivera Gutiérrez (2016), se puede identificar al eclipse del Baktún correspondiente para eclipses vistos desde Copán: 16 de julio de 790 d.C.

Podemos resumir con estas palabras: Al cotejar la secuencia STECD contra SEO750 obtuvimos una coincidencia en fecha entre los eclipses predichos y los ocurridos que alcanza un poco más del 81 % de los casos; esto es, los eclipses solares que sucedieron con a lo más un par de días respecto de los determinados por la secuencia son 48 de los 69; por otro lado, aquellos que difieren por lapsos mayores de 4 días son un 11 % del total.

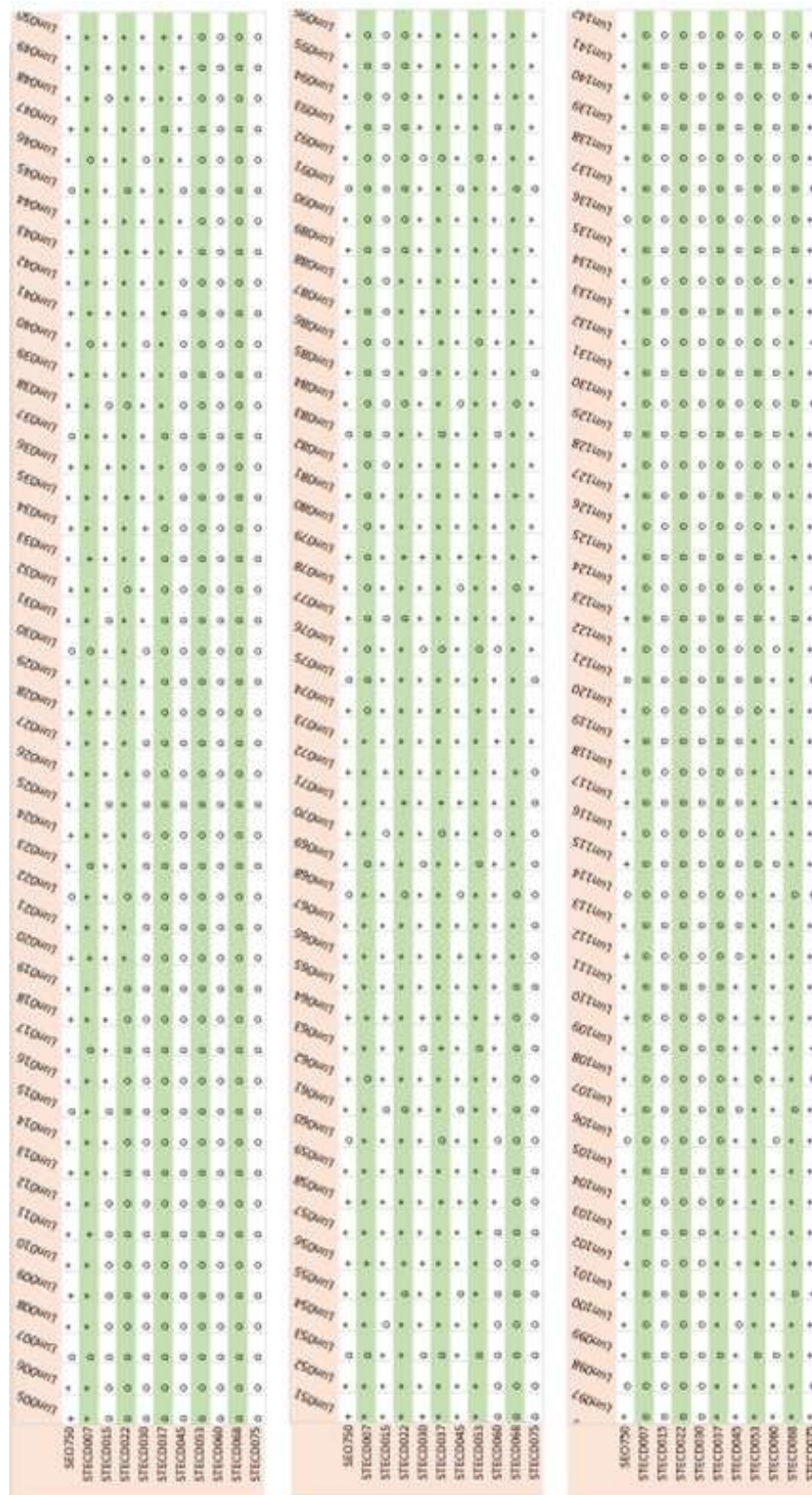


Figura 6: Secuencia de intervalos de eclipses observados a partir del año 750 d.C. (SEO750) (fila 1) y su contraste con la STECD desplazada (filas 2 a 11) con símbolos (o – 1 día; 1 – hasta 2 días; 2 – más de 2 días).

	Eclipse01	Eclipse02	Eclipse03	Eclipse04	Eclipse05	Eclipse06	Eclipse07	Eclipse08	Eclipse09	Eclipse10	Índice Coinc.
STECD007 0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	9	
STECD015 0	2	1	1	2	1	1	2	2	0	12	
STECD022 0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	9	
STECD030 0	2	1	0	2	1	1	2	1	0	10	
STECD037 0	2	0	0	2	1	0	1	1	0	7	
STECD045 0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	9	
STECD053 0	2	1	1	2	1	1	2	1	0	11	
STECD060 0	2	1	0	2	1	0	1	1	0	8	
STECD068 0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	9	
STECD075 0	2	0	0	2	0	0	1	1	0	6	

Figura 7: Comparación del grado de coincidencia entre SEO750 y STECD de las secuencias desplazadas.

No.	STECD075				SEO750				STECD075				SEO750			
	Intervalos	Acumulado	Eclipses Di	Chichen-Itzá No.	Intervalos	Acumulado	Eclipses Di	Chichen-Itzá No.	Intervalos	Acumulado	Eclipses Di	Chichen-Itzá No.	Intervalos	Acumulado	Eclipses Di	Chichen-Itzá No.
1	177	177	2008590.20		31	177	5378	2013964.20	52	177	10748	2019138.20				
2	177	354	2008944.20		32	177	5551	2014141.20	53	177	10925	2019315.20				
3	148	502	2009092.20		33	177	5728	2014318.20	54	177	11102	2019492.20				
4	177	679	2009249.20		34	177	5905	2014495.20	55	148	11250	2019640.20				
5	177	856	2009446.20		35	177	6082	2014672.20	56	177	11427	2020017.20				
6	177	1033	2009623.20		36	148	6230	2014820.20 *07	57	177	11604	2020194.20				
7	178	1211	2009801.20 *01		37	178	6408	2014998.20	58	177	11781	2020371.20				
8	177	1388	2009978.20		38	177	6585	2015175.20	59	177	11958	2020548.20 *11				
9	177	1565	2010155.20		39	177	6762	2015352.20 *04								
10	177	1742	2010332.20		40	177	6939	2015529.20								
11	177	1919	2010509.20		41	177	7116	2015706.20								
12	177	2096	2010686.20		42	148	7264	2015854.20								
13	148	2244	2010834.20 *02		43	177	7441	2016011.20								
14	177	2421	2011011.20 *03		44	177	7618	2016208.20								
15	177	2598	2011188.20		45	177	7795	2016385.20								
16	178	2776	2011388.20		46	177	7972	2016562.20								
17	177	2953	2011543.20		47	177	8149	2016739.20								
18	177	3130	2011720.20		48	177	8326	2016916.20								
19	148	3278	2011868.20		49	148	8474	2017064.20								
20	177	3455	2012045.20		50	177	8651	2017241.20								
21	177	3632	2012222.20		51	177	8828	2017418.20								
22	177	3809	2012399.20 *04		52	178	9006	2017596.20 *09								
23	177	3986	2012576.20 *05		53	177	9183	2017773.20								
24	178	4164	2012754.20		54	177	9360	2017950.20								
25	177	4341	2012911.20 *08		55	177	9537	2018127.20								
26	148	4488	2013078.20		56	177	9714	2018304.20								
27	177	4665	2013255.20		57	177	9891	2018481.20								
28	177	4842	2013432.20		58	148	10039	2018629.20								
29	178	5020	2013610.20		59	177	10216	2018806.20 *10								
30	177	5197	2013787.20		60	178	10394	2018984.20								
					61	177	10571	2019161.20								

*Inicio Di 2005590*  
*Fecha: 23/marzo/0787*

Figura 8: Reconstrucción en Hoja de Cálculo Electrónica de la Tabla de Eclipses para el Día Juliano 2008590 o el 23 de marzo de 787 CE.

Permítanos agregar un par de observaciones respecto a la Tabla de Eclipses del Código Dresde; estas son:

1. En la página 52a, en las columnas A, B y C, aparecen seis números mayas intercalados (rojos y negros) que en conjunto con los trece números 13 (dos barras y tres puntos en rojo) de la columna D, servirían de guía para la elaboración o verificación de la secuencia de intervalos STECD (Pérez-Enríquez, 2023); y,
2. La secuencia de eclipses predice las fechas de los eventos, pero no el lugar geográfico; tampoco, la hora del día en que serán observados. Esto es así ya que solo los eclipses correspondientes a los Ciclos de Saros ocurren en lugares similares y con semejantes trayectorias.



### 3.1 Período de 11,960 días

La búsqueda de coincidencias de la distancia temporal de 11,960 días entre eclipses del registro de [Espenak y Meeus \(2007\)](#), se hizo para el período que va del año 0 al año 3000 CE (Saucedo Morales, en preparación); mismo que corresponde a un total de 2,947 años y fracción, equivalente a 1.076.638 días, o bien, a 90 posibles ciclos de 11,960 días. El resultado obtenido presenta la distribución de lapsos que se muestra en la Tabla 1. Los datos son resultado de la aplicación de la metodología citada arriba.

Tabla 1: Ciclos Mayas de 11,960 días para el período 0 – 3000 CE

Amplitud del ciclo (días)	No. de Eclipses	%
11,960	73	79.3
11,959	10	10.9
11,961	4	4.3
11,962	1	1.1
11,931	3	3.3
11,930	1	1.1
Total	92	100

Como se puede observar en la tabla, un 94.5 % de los lapsos caen intervalos de  $11,960 \pm 1$  días. Debemos destacar que los casos de 11,931 y 11,930 días corresponden a una separación, respecto del objetivo, de un mes de 29 y 30 días, respectivamente. Aparte de estos dos últimos, solo hay un caso que difiere en más de 1 d. De estos resultados queda claro que el ciclo Maya de 11,960 días puede considerarse como un predictor de eclipses. Recordemos que Stanislaw [Iwaniszewski \(2020\)](#) reporta acerca de la utilidad del período de 11.960 días para calcular las componentes de la Serie Lunar.

### Ciclo de Saros griego

Como se ha discutido en las secciones previas de este trabajo, y se sabe desde hace más de un siglo, los ciclos de 148, 177 y 178 días del Códice Dresde son útiles para predecir, de alguna manera, la mayoría de los eclipses visibles en algún lugar de la Tierra (excepto aquellos que están separados por un lapso de 30 días). Pasemos ahora a la consideración de la manera en que el Ciclo de Saros está implementado en el Mecanismo de Antikythera. El ciclo de Saros es capaz de predecir el tiempo en que ocurren los eclipses dentro de una familia de Saros, e inclusive predecir la longitud geográfica del lugar donde ocurren (hora del día). Recientemente, un interesante método alternativo para calcular la época del Saros del Mecanismo de Antikythera ha sido propuesto por A. [Voulgaris et al. \(2023\)](#). Una discusión básica de los principios en los que se finca este ciclo puede ser encontrado en [Torroja Menéndez \(1941\)](#).

Un eclipse de una serie de Saros ocurre  $120^\circ$  al oeste del anterior. Pero para saber todos los eclipses que ocurren en el mundo es necesario conocer todas las familias de Saros. El ciclo de Saros es valioso por la precisión de sus predicciones, la cual se debe a su conmensurabilidad con los meses astronómicos conocidos (los meses solares, y los meses lunares (draconico, sinódico y sideral)). Es importante recordar que este ciclo fue descubierto en Babilonia y fue usado por siglos hasta su utilización en el mecanismo de Antikythera.



Como ya mencionamos arriba, los investigadores han descubierto por qué la carátula de Saros es una espiral de cuatro vueltas: “cada cuarto de vuelta de la espiral cubre un ciclo de Luna llena; por ello, el diámetro aparente de la Luna, que define la duración y el tipo de un eclipse, se indica por medio del ángulo del puntero dentro de cada cuarto de vuelta del dial” (Freeth *et al.*, 2008). Así, después de tres ciclos de Saros (el Exeligmus) el eclipse sucede casi a la misma hora del día en el lugar. Para obtener ese registro, el MA cuenta con un dial de apoyo, dividido en tres sectores, que indica el momento en que se debe reinicializar el avance del indicador en la espiral, tal como lo muestra la figura 9. Los eclipses de una serie de Saros tienen una separación de 6,585 días (18 años 11 días y 8 horas para ser precisos) y por ello, los 27 eclipses de Sol que aparecen en la espiral corresponden, necesariamente, a eclipses que fueron observados en la zona del mundo para la que se fabricó el mecanismo.

El ciclo de Exeligmus, entonces, permite predecir eclipses que ocurren en la misma ubicación geográfica, muy similares entre sí, lo cual se debe a que tiene un número casi entero de días.

## 4 Discusión

En la sección de Resultados del presente reporte se han hecho evidentes las características principales de los dos métodos de predicción de eclipses que aquí pretendemos discutir.

La Tabla 2 nos proporciona algunos de los rasgos identificables entre las secuencias de eclipses que aquí se discuten. Podríamos decir que mientras el Ciclo Maya permite conocer las fechas de eclipses solares ocurridos en un lapso dado, sin importar si fue observable o no en la Zona Maya; el ciclo de Saros proporciona listas de eclipses solares con fechas y horas de ocurrencia visibles para el diseñador del MA.

El de ciclo 11,960 días tiene cierta semejanza con el Exeligmus (19,755 días), sobre todo en cuanto a la similitud de los eclipses. Una familia de 11,960 tiende a agrupar eclipses similares de manera consecutiva. Por ejemplo, los 7 eclipses de esta familia que ocurrieron del 27 de enero del 0092 al 16 de julio de 0288, fueron anulares. Asimismo, los 7 eclipses del 20 de julio de 1925 al del 08 enero de 2122 (incluyendo el observado en la zona Maya el 14 de octubre) son eclipses anulares.

## 5 Conclusiones

Uno de nuestros primeros comentarios finales al que arribamos, es que la Secuencia de la Tabla de Eclipses del Códice Dresde debió ser producto de la observación de la Luna a lo largo de generaciones; un seguimiento que posiblemente, incluyó la comparación entre las trayectorias lunares y solares. El casi 90% de coincidencia entre la secuencia STECD y la serie de eclipses ocurridos a partir del año 784 d.C., sugieren tal aproximación. Por otro lado, el ciclo de 11,960 días podría considerarse una especie de ciclo Exeligmus descubierto por los Mayas.

La comparación entre los métodos de predicción de eclipses aquí discutidos nos obliga a considerar que los sacerdotes-astrónomos de la antigüedad debieron contar con un modelo acerca de la forma en que, aparentemente, el Sol y la Luna evolucionan en el tiempo y el espacio al derredor de la Tierra. En la Figura 9, mostramos la manera en que en la actualidad y haciendo uso de Leyes de la Física descubiertas en siglos posteriores a siglo VIII d.C., por científicos como Isaac Newton, Galileo Galilei, Nicolás Copérnico o Johannes Kepler y, más recientemente, Edmund Halley, por mencionar solo algunos de los más importantes, es posible predecir los eclipses y sus trayectorias sobre la Tierra. Esas teorías y modelos han sido utilizados para poder conocer la SEO750, por ejemplo.

Tabla 2: Rasgos de los Ciclos de Eclipses

Tabla de eclipses del código de Dresde	Espiral de Saros del Mecanismo de Antikithera
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se proporciona una secuencia de 69 eclipses que se observaron en algún lugar del mundo (11,958 días).</li> <li>- Al menos diez de los eclipses fueron observables en la región de influencia Maya (Chichen-Itzá).</li> <li>- Los eclipses predichos cubren un período de casi 33 años (32,745 días).</li> <li>- En la parte introductoria de la Tabla (Página 52a), se muestran números que podrían facilitar la elaboración de la secuencia de intervalos.</li> <li>- Estos números están en cuatro columnas: tres columnas de números intercalados (Rojos y Negros) múltiplos de 11,960<sup>1</sup> y una columna de trece 13's rojos.</li> <li>- En la secuencia se marcan diez posiciones con viñetas figurativas con contenidos jeroglíficos diversos que podrían corresponder a los eclipses observables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En ella aparecen un total de 27 eclipses solares.</li> <li>- De cada uno de ellos se proporciona la fecha y hora del eclipse; es decir, son eclipses observables en la región.</li> <li>- Los eclipses pertenecen a varias series (7) de Saros pues la distancia temporal entre ellos es de 6,585 días.</li> <li>- Cubre un período de 54 años en cuatro vueltas de la espiral repetida tres veces: Ciclo Exeligmus (19,755 días)<sup>2</sup>.</li> <li>- La predicción incluye el día y la longitud geográfica dada la fecha y ubicación del eclipse anterior.</li> <li>- Los eclipses sucesivos cambian de parciales a anulares y totales y viceversa.</li> </ul>

<sup>1</sup> Se reporta su posible uso como fracciones en Pérez-Enríquez (2023).

<sup>2</sup> Un Exeligmus = tres Saros.

Existe una buena cantidad de documentos producidos por los astrónomos griegos y sus antepasado que permiten entender el grado de aproximación al fenómeno de los eclipses; sin embargo, en el caso de la cultura Maya, podemos formular las siguientes preguntas: ¿Cuáles eran los modelos de los astrónomos acerca de las relaciones entre el Sol, la Luna y la Tierra?; ¿Dieron seguimiento a las trayectorias de la Luna en el cielo que les permitieron elaborar la secuencia STECD?; ¿Cuáles eran sus instrumentos y métodos de observación?

En los próximos meses seremos testigos de dos eclipses solares especiales: uno, Anular, observable en la zona Maya, el 14 de octubre de 2023; otro, Total y que, también, será observable en México, el 8 de abril de 2024, pero en la zona Maya se verá como parcial. La distancia temporal en días entre ellos será de 177. Por ello, podemos afirmar que ambos estarían en la Tabla de Eclipses Maya reciclada para la actualidad; sin embargo, el primero corresponde a la serie de Saros número 134 (el 44 de 71), mientras el segundo pertenece a la serie 139 (el 34 de 71) y, por lo tanto, solo uno de ellos aparecería en la secuencia de Saros griega.

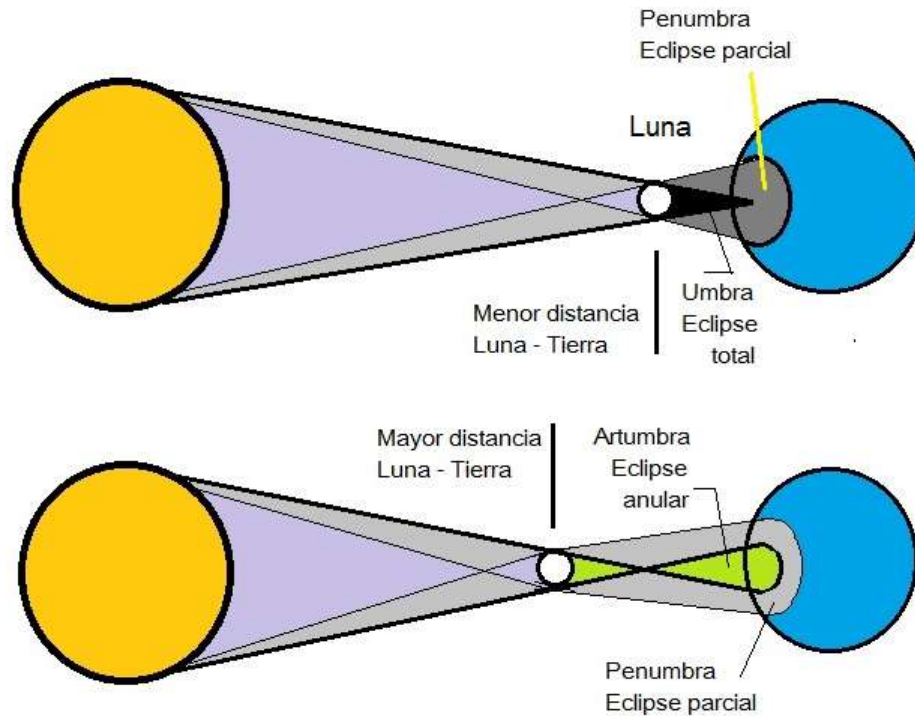


Figura 9: Modelos como este permiten entender los diversos tipos de eclipse solar que pueden ocurrir. Estos modelos y las Leyes de la Física permiten obtener la SEO750 (Fuente: Revista Ciencia, UNAM).

Finalmente, deseamos llamar la atención sobre el período de 11,960 días. Veamos, el ciclo de Exeligmus, igual a tres Saros, permite predecir eclipses en la misma ubicación geográfica y similares entre sí, lo cual se debe a que tiene un número casi entero de días. El ciclo de 11,960 días (al que [van den Bergh \(1955\)](#) denominó ciclo Maya) tiene cierta semejanza con el Exeligmus, sobre todo en cuanto a la similitud de los eclipses. Una familia de este Ciclo Maya tiende a agrupar eclipses similares de manera consecutiva. Por ejemplo, los 7 eclipses de esta familia entre el 92 y el 288 CE) fueron anulares. Asimismo, los 7 eclipses entre 1925 y 2122 son también anulares. En tanto que 9 eclipses totales ocurrieron consecutivamente con el período de 11,960 días entre el 01 junio de 0550 a 14 de abril de 0812.

Mientras para una familia de Saros (o Exeligmus), los eclipses de la familia se suceden primero como parciales y van cambiando hasta llegar a los anulares y totales, para luego seguir un camino en reversa hacia los parciales. En el ciclo de 11,960 días, vemos como se acumulan eclipses de un tipo por varios siglos y después cambian a otros tipos para luego regresar a los anteriores. Por otro lado, en cuanto a que ocurran en la misma longitud geográfica, tampoco es comparable con la precisión del Exeligmus, pero si tiene cierta semejanza. Esto se debe a que 11,960 días corresponde a 405.0037 meses sinódicos, cantidad cercana a un número entero. Estas 405 lunaciones divididas entre 3 dan lo que se conoce como el período conocido como Tritos de 135 lunaciones. Como ya mencionamos, fue Van Den Bergh quien denominó al ciclo de 11,960 días como Ciclo Maya, pero es poco conocido en la literatura, aunque si lo es el llamado Tritos. El número 11,960 fue de gran importancia para los Mayas. Principalmente por ser conmensurable con el Tzolkin, calendario sagrado de 260 días (13 números y 20 días) usado en Mesoamérica desde hace aproximadamente 3 milenios. Así tenemos que  $11,960 \text{ días} = 46 \text{ Tzolkin}$ .

## 6 Referencias

- Anastasiou, M., Bitsakis, Y., Jones, A., Steele, J. M., y Zafeiropoulou, M. (2016). The Back Dial and Back Plate Inscriptions. *Almagest*, 7(1):138–215. DOI: <https://doi.org/10.1484/J.ALMAGEST.5.110735>.
- Beverido Pereau, F. (1992). Los Eclipses en el Códice Dresde. *La Ciencia y el Hombre*, (12-13):69–83. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/5166/19921213P69.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Bricker, H. M. y Bricker, V. R. (2011). Astronomy in the Maya Codices. *Memoirs of the American Philosophical Society*, 265. Philadelphia: American Philosophical Society.
- Bricker, H. M., Bricker, V. R., y Aveni, A. (1983). Classic maya prediction of solar eclipses [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, 24(1):1–23.
- Espenak, F. y Meeus, J. (2007). Five Millenium Canon of Lunar Eclipses: -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE). Technical report, Greenbelt: NASA Goddard Space Flight Center. Disponible en: <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/5MCSE/5MCSEcatalog.txt>.
- Freeth, T., Bitsakis, Y., Moussas, X., Seiradakis, J. H., Tselikas, A., Mangou, H., Zafeiropoulou, M., Hadland, R., Bate, D., Ramsey, A., Allen, M., Crawley, A., Hockley, P., Malzbender, T., Gelb, D., Ambrisco, W., y Edmunds, M. G. (2006). Decoding the ancient Greek astronomical calculator known as the Antikythera Mechanism. *Nature*, 444:587–591. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature05357>.
- Freeth, T., Jones, A., Steele, J., y Bitsakis, Y. (2008). Calendars with Olympiad display and eclipse prediction on the Antikythera Mechanism. *Nature*, 454:614–617. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07130>.
- Henriksson, G. (2009). Ten solar eclipses show that the antikythera mechanism was constructed for use on sicily. En *The European society for astronomy in culture 17th annual meeting, SEAC*.
- Huber, P. y Meis, S. D. (2004). *Babylonian eclipse observations from 750 BC to 1 BC*. Milan: Mimesis.
- Iwaniszewski, S. (2020). Los cambios en las series lunares: una regla del pulgar en Cobá. *Ciencias Espaciales*, 13(2):32–40. DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v13i2.11261>.
- Moussas, X. (2014). *Antikythera Mechanism, The oldest computer and Mechanical Cosmos 2nd century BC*. School of Physics and Astronomy, University of Birmingham.
- Moussas, X. (2018). *Antikythera Mechanism, The oldest computer*. Athens: Ed. Canto Mediterraneo.
- Pérez-Enríquez, R. (2023). New interpretation of the table of eclipses in dresden codex: Intercalated numbers as fractions. *Journal of Historical Archaeology and Anthropological Sciences*, 8(2):54–57. Disponible en: <https://medcraveonline.com/JHAAS/JHAAS-08-00274.pdf>.
- Rivera Gutiérrez, N. L. (2016). Caracterización del cielo de Copán del 400 al 900 d. c. *Ciencias Espaciales*, 4(2):42–66. DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v4i2.2544>.
- Teeple, J. E. (1960). Astronomía maya. *Anales. BP. MT. II.-60*, pp. 479–581.



- Torroja Menéndez, J. M. (1941). Contribución al estudio general del problema de la repetición de eclipses. En *Memoria del Observatorio del Ebro VIII*. Instituto Nacional de Geofísica. Disponible en: [https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle\\_query?1941MmEbr..8....2M&defaultprint=YES&filetype=.pdf](https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-iarticle_query?1941MmEbr..8....2M&defaultprint=YES&filetype=.pdf).
- van den Bergh, G. (1955). *Periodicity and Variation of Solar (and Lunar) Eclipses*. Número v. 1. Haarlem, Netherlands: H.D. Tjeenk Willink.
- Velásquez García, E. (2016). Códice de Dresde. Parte 1. *Arqueología Mexicana*, Edición especial 67:8–91.
- Voulgaris, A., Mouratidis, C., y Vossinakis, A. (2023). The Initial Calibration Date of the Antikythera Mechanism after the Saros Spiral Mechanical Apokatastasis. *Almagest*, 14(1):4–39. DOI: <https://doi.org/10.1484/J.ALMAGEST.5.134609>.
- Wright, M. T. (2005). Epicyclic Gearing and the Antikythera Mechanism, part 2. *Antiquarian Horology*, 29(1):54–60.
- Yagi, E., Badash, L., y de Beaver, D. (1996). Derek J. de S. Price (1922-83) Historian of science and herald of scientometrics. *Interdisciplinary Science Reviews*, 21(1):64–84. DOI: <https://doi.org/10.1179/isr.1996.21.1.64>.
- Zotti, G., Hoffmann, S. M., Wolf, A., Chéreau, F., y Chéreau, G. (2021). The Simulated Sky: Stellarium for Cultural Astronomy Research. *Journal of Skyscape Archaeology*, 6(2):221–258. DOI: <https://doi.org/10.1558/jsa.17822>.