

DOI: <https://doi.org/10.24215/26840162e015>

Observatorios subterráneos, cámaras oscuras y telescopios solares

Morante López, Rubén B.

rubenmorantel@hotmail.com; rmorante@uv.mx

Centro de Estudios, Creación y Documentación de las Artes (CECDA) de la Universidad Veracruzana, campus Xalapa, Veracruz, México.

Morante López, R. B.; 2024 "Observatorios subterráneos, cámaras oscuras y telescopios solares".
Cosmovisiones/Cosmovisões 5 (1): 183-192.

DOI: <https://doi.org/10.24215/26840162e015>

Recibido: 30/03/2023, aceptado: 25/06/2024.

Este artículo se encuentra bajo la [Licencia Creative Commons
de Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Resumen

A los antiguos astrónomos de Xochicalco.

Nuestras investigaciones de campo, realizadas por más de tres décadas en una veintena de observatorios subterráneos ubicados en cuevas y en el interior de edificios prehispánicos en Mesoamérica, nos han llevado a la pregunta acerca de si, las ideas que llevaron a Paollo del Pozzo Toscanelli, en el siglo XV, y a Galileo Galilei a inicios del siglo XVII, a inventar modernos instrumentos para la investigación científica, pudieron surgir en Mesoamérica varios siglos antes. Los dos más antiguos observatorios subterráneos de Mesoamérica se encontraron entre 1980 y 1995 en Teotihuacán y han sido fechados para el siglo IV d.C., seguidos por el hallado al interior del Edificio P de Monte Albán, Oaxaca. No obstante haber sido construido años más tarde (siglos VII-VIII d.C.) el Observatorio de Xochicalco ha demostrado ser el más preciso y mejor preservado de cuantos hemos estudiado en estas tres décadas. En recientes estudios de campo y gabinete, hemos retomado tal investigación a la luz de nuevos descubrimientos arqueológicos de objetos de cerámica altamente significativos, a los cuales hemos llamado “discos astronómicos”. Ellos nos llevaron a tomar como referente, para este tipo de instrumentos tempranos de observación astronómica, al Observatorio de Xochicalco, en el entendido de que específicamente se usaba en relación con los movimientos aparentes del Sol al momento de su paso por el meridiano de un sitio. Este escrito propone que dos culturas separadas por el tiempo y el espacio, en América y Europa, llegaron de manera independiente al invento de un instrumento que daba soluciones similares a un problema de índole más científica que cotidiana. A pesar de la distinta forma en que se aplicaron e interpretaron los conocimientos en cada momento y lugar, los instrumentos creados tienen una enorme similitud, al grado que en Mesoamérica podemos proponer que, hacia el siglo VIII d.C., si no es que antes, se usó un complejo instrumento de observación solar que permitió registrar posiciones de este cuerpo celeste que tenían una precisión considerable. Las características de los observatorios subterráneos mesoamericanos, formuladas aquí con base en evidencias arqueológicas y empíricas, nos permiten proponer que fueron instrumentos de medición y experimentación científica, cuyas características nos llevan a compararlos con cámaras oscuras y telescopios solares inventados en otras latitudes siglos después.

Palabras clave: Observatorios subterráneos, Telescopios solares, Observaciones astronómicas en Mesoamérica, Xochicalco, Morelos–México, Observaciones cenitales del Sol.

Abstract

Our field investigations, carried out for more than three decades in about twenty underground observatories located in caves and inside pre-Hispanic buildings in Mesoamerica, led us to question whether the ideas that were formulated by Paollo del Pozzo Toscanelli, in the fifteenth century, and by Galileo Galilei at the beginning of the 17th century, and that conducted them to invent a modern object for scientific research (the solar telescope), could have arisen among the Mesoamerican peoples more than ten centuries before. The two oldest underground observatories in Mesoamerica were found between 1980 and 1995 in Teotihuacán and have been dated to the 4th century AD, followed by the one found inside Building P in Monte Albán, Oaxaca. Despite having been built years later (VII-VIII centuries AD), the Xochicalco Observatory has proven to be the most accurate and best preserved of all those we have studied in these three decades. In recent field and cabinet studies, we have retaken his research under the light of new archaeological discoveries highly significant about ceramic objects, that we called "astronomical discs." They led us to take, as a referent of this type of early astronomical observational instruments, to the Xochicalco Observatory, which was especially used in relation with the apparent movements of the Sun at the time of its passage through the meridian of a site. This paper proposes that two cultures separated by time and space, in America and Europe, in independent ways, achieved the invention of an instrument that gave similar solutions to scientific questions that probably were, in some ways, of different nature. Despite the different way in which knowledge was applied and interpreted at each time and place, the instruments created are enormously similar, to the extent we can propose that in Mesoamerica, around the 8th century AD, if not earlier, was created a complex solar observation instrument that allowed the recording of positions of this celestial body that had considerable precision. The characteristics of the Mesoamerican underground observatories, that we formulate here, based on archaeological and empirical evidence, allow us to propose that they were instruments for measurement and scientific experimentation, whose characteristics lead us to compare them with dark chambers and solar telescopes invented in other latitudes centuries later.

Keywords: Subterranean Observatories, Solar telescopes, Astronomic observations in Mesoamérica, Xochicalco, Morelos–México, Solar zenith observations.

Introducción

Se ha considerado que el primer telescopio se inventó en Europa hacia fines del siglo XVI, sin embargo, el ser humano ideó, desde una remota antigüedad, instrumentos y métodos que le ayudaban a seguir el movimiento aparente de los cuerpos celestes. Para Anthony Aveni (1992:13) de las observaciones directas (*naked eye*) pasamos al uso de telescopios y, hoy, al de sondas espaciales. Pero, desde tiempos remotos todas las civilizaciones han buscado conocer con precisión el tiempo y el espacio donde vivimos. La llegada del Sol al cenit define la astronomía realizada entre los trópicos.

En Mesoamérica se dio en sitios que se ubican entre los 14 y los 23.44 grados Norte. En horizontes planos, los equinoccios determinan el momento en que el Sol pasa del hemisferio Norte al Sur o viceversa, pero en los trópicos lo indican también las observaciones al cenit con los pasos del Sol por el meridiano y ello se evidencia en los observatorios subterráneos que hemos estudiado (Morante López 1995). Estos instrumentos comprenden un recinto construido en una cueva o edificio donde, a través de un tiro, se observa la proyección lumínica de un objeto celeste. Se usaron con fines cronológicos y calendáricos, aunque no se descarta su uso con otros fines, como los rituales.

El Observatorio de Xochicalco, Morelos

La ciudad prehispánica de Xochicalco fue ocupada entre los siglos VII y X y tuvo entre diez y veinte mil habitantes. Cuenta con elegantes edificios y construcciones entre las que destaca su Observatorio subterráneo (Fig.1). Franz Tichy (1980) seguido por Johanna Broda (1986: 92) propuso que fue una cámara oscura en cuyo extremo superior se colocaba una pantalla con un orificio para realizar observaciones al Sol, hipótesis que confirmamos en 2017 cuando, tras excavar la zona del Observatorio, se encontraron una serie de discos cerámicos con los cuales pudimos experimentar años después. Estudios diversos han reportado allí el registro preciso de los pasos cenitales del sol, el solsticio de verano y los días en que se

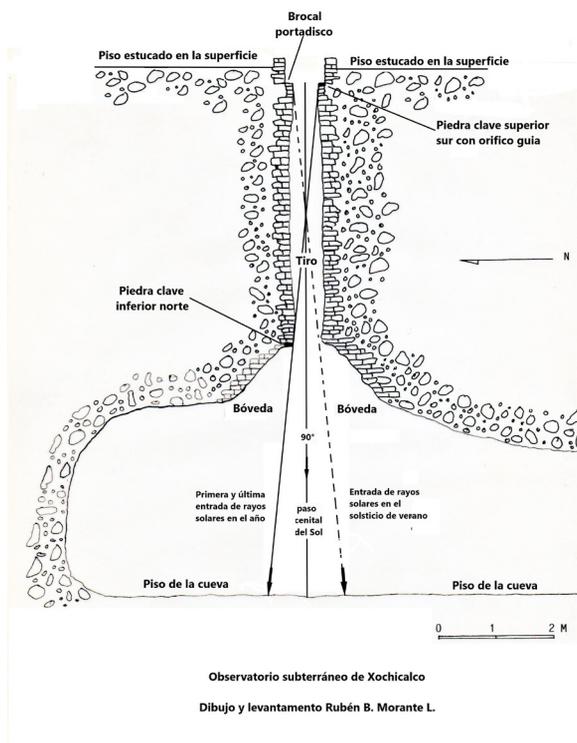


Figura 1.- El Observatorio de Xochicalco con sus partes componentes.

dan la primera y última entradas de rayos solares al recinto, dando distintas fechas para éstos¹. Nuestra reconstrucción de la estructura del tiro (Morante López 1993) permitió conocer los ángulos, con relación a la vertical, que controlan el periodo de entrada de rayos solares a su interior; allí localizamos el orificio (al que llamamos “guía”) que es el punto exacto por donde se cuelan los primeros y últimos rayos solares en el año. Observaciones directas indicaron que ello ocurrió por primera vez el 28 de abril en 1989, 1990 y 1992 y al día siguiente en 1991. Iniciando el año con la primera entrada solar tenemos tres años de 365 días y uno de 366, con un promedio de 365.25 días por año.

Los discos astronómicos

En el año 2017, en coordinación con la Mtra. Silvia Garza y el Arqueólogo Mauricio Valencia, pudimos estudiar los discos de cerámica encontrados en las cercanías de la boca del tiro del Observatorio. Escalante contó un total de 67 fragmentos, con los cuales sólo se pudieron armar dos discos completos, no obstante, pudo constatar que había al menos 13 discos (Morante López, Garza y Escalante 2018: 78) producidos con moldes en dos tamaños estándar: diez con 54.5 y tres con 29.5 cm. de diámetro (Fig. 2). Todos ellos tienen orificios redondos a su interior. En 2017 los trasladamos a la parte alta del Observatorio de Xochicalco a fin de colocarlos *in situ* para realizar

observaciones directas durante las entradas de rayos solares directos al Observatorio. Lo primero que notamos es que el disco grande entra de manera exacta en el brocal del Observatorio, que en realidad es un cajón portadiscos. Sus orificios quedaron en el hueco del tiro comprobando su función reguladora de entradas de rayos solares en distintos días. Para ubicar el disco en el brocal, usamos como base el orificio guía que señalamos años atrás en el borde Sur de la boca del tiro, el cual coincide con un orificio del disco de cerámica; con ello, los cuatro orificios periféricos, señalan los rumbos cardinales.



Figura 2.- Discos grande y chico en el portadiscos del Observatorio.

¹ Anderson (1981: 24) el 1/V y el 12/VIII; Aveni y Hartung (1991: S57) el 30/IV y el 15/VIII; Tichy (1980: 132) el 28/IV y el 15/VIII y Autor (1993: Tabla 8.4) 28/29 de abril y 13/14 de agosto.

El disco grande

El disco grande que se exhibe en el Museo de sitio presenta algunos orificios obturados y otros reabiertos por parte de los xochicalcas; ello indica que estaban trabajando mediante el método de prueba y error, al que recurren los científicos hasta el día de hoy. El disco grande, colocado adecuadamente en el brocal, hace que las fechas de la primera y última entradas solares al interior se desfasen un día. La primera entrada de rayos solares que sin el disco ocurría el 28/29 de abril (según el año) ahora se dio el 29/30 de abril y la última, que sin el disco se daba el 13/14 de agosto, ahora se dio el 12/13 de ese mes. Así, las entradas solares sin el disco eran por 107 días al año, pero con el disco cambiaron a 105 días, quedando en el primer caso 258 y en el segundo 260 días sin entradas solares. La distancia en días hacia el solsticio de verano de los días de inicio y fin del evento fueron en el primer caso de $53+1+53$ y en el segundo de $52+1+52$ (sumando el día del solsticio). Colocar el disco grande permitió tener periodos mucho más significativos, como los 260 días del calendario ritual (tonalpohualli) que, más 105, dan los 365 días del xiuhpohualli o calendario civil y los 52 días hacia y desde el solsticio de verano que recuerdan al atado de años (xiuhmolpilli) que tenía 52 años (Fig. 3).

El disco chico

La función del disco grande parecía clara, sin embargo, la del disco chico no; a pesar de que todos sus orificios quedaban dentro del orificio central del disco grande. Observaciones directas mostraron que las proyecciones de esos orificios operaban en conjunto durante dos eventos clave: el paso cenital del Sol y el solsticio de verano. En el primer caso el disco chico proyectó una figura cuadrilobulada que nos recordó la flor de cuatro pétalos que en náhuatl y maya indicaba las palabras *tonalli* y *kin* (día-sol-destino). En el solsticio de verano se proyectan rayos desde cuatro orificios, dos como círculos completos y dos con círculos incompletos. Formulamos la hipótesis de que los círculos completos pudieron ser una guía para observar, en el solsticio de verano, el cambio en los discos incompletos debido a la variación en la oblicuidad de la eclíptica. Hoy sabemos que otro movimiento aparente del sol se debe a la precesión de los equinoccios, por el cambio en la oblicuidad de la eclíptica y nos preguntamos si los xochicalcas pudieron verlo en su Observatorio a través de esos discos pequeños que les permitían un control mucho más fino de las imágenes de las entradas de rayos solares en el mencionado solsticio. Para dar

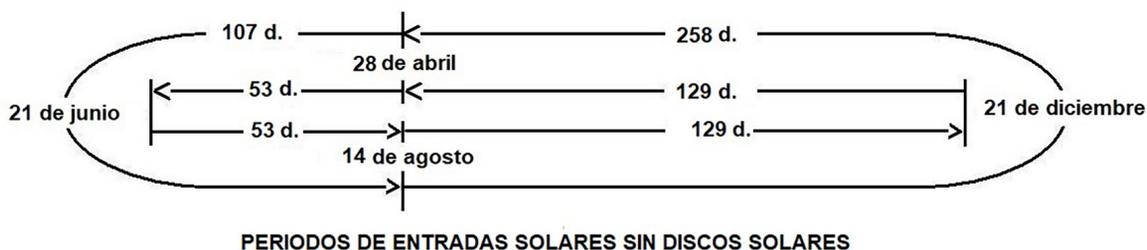


Figura 3.- Esquemas calendáricos de entradas solares al Observatorio xochicalca

mayor sustento a esta hipótesis recurrimos a una metodología diseñada *ad hoc*.

Metodología

La primera parte se basó en un observatorio similar. En 1468 Paollo del Pozzo Toscanelli perforó un orificio en la base de la linterna de la cúpula de la Catedral de Florencia, Italia; por allí, al pasar el sol por el meridiano en el solsticio de verano, se proyectan los rayos solares sobre un círculo labrado en el piso de la Capilla de la Cruz. Giorgio Abetti (1983: 91) afirma que "...se le puede llamar el primer instrumento astronómico usado por la humanidad." Gracias a él -dice- se calculó el paso del sol por el meridiano, perfeccionando las Tablas Alfonsinas y dando el valor más exacto logrado hasta entonces para la precesión de los equinoccios. En el Observatorio de Xochicalco observamos un prisma rectangular de basalto con 48 cm. de alto que tenía esgrafiada en su superficie un círculo incompleto con un diámetro igual al de los círculos lumínicos de los discos, cuya proyección sobre una cartulina nos permitió ver una imagen más nítida que se da a la misma altura que tiene el prisma basáltico con la imagen esgrafia-

da, o sea 48 cm. por encima del piso de la cueva. Ello permite suponer que esa piedra pudo ser parte de una mesa o altar que estaba bajo el tiro del Observatorio y que recibía las proyecciones de los discos, de un modo similar a como lo hace la proyección solar hacia el círculo que está en el piso de la catedral de Florencia.

En segundo lugar, simulamos la variación (debida al cambio en la oblicuidad de la eclíptica) de las imágenes proyectadas en el solsticio de verano al pasar el Sol por los orificios del disco chico entre el siglo VII d.C. (cuando se construyó el Observatorio), el siglo X u XI d.C. (cuando se abandonó el sitio) y el año 2017 en que hicimos las observamos de manera directa. Para lograr la simulación nos basamos en las proyecciones de las tres primeras entradas solares del año (29 de abril a 1 de mayo) días en los cuales el disco proyecta desde un semicírculo que parece una luna nueva que acaba de aparecer, hasta un disco completo, que recuerda a la luna llena. Con base en la diferencia entre la declinación solar del 29 de abril (14.6°) y la del 1 de mayo (15.29°) en que se proyecta el círculo completo, obtuvimos $41'$ de arco (0.69°). O sea que $1/8$ de círculo se completa al cambiar 5 minutos la declinación solar. La oblicuidad de la eclíptica para 1000 d.C. fue $23^\circ 34'$ y para 750 d.C. fue $23^\circ 36'$.

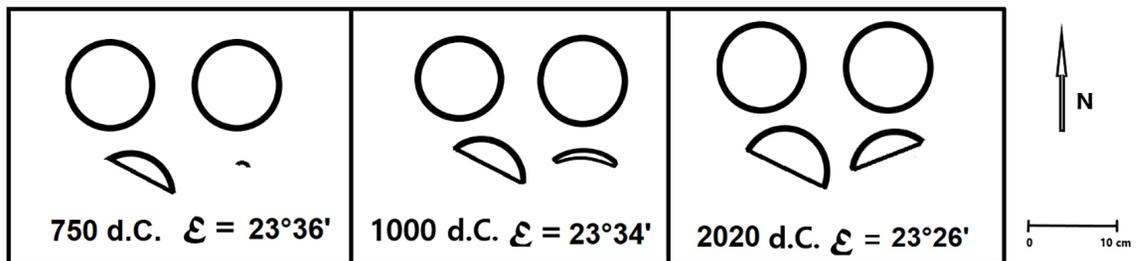


Figura 4.- Proyección de rayos directos del Sol en el solsticio de verano entre los siglos VIII y XXI.

fue 23°36'. Entre 750 y 2017 d.C. (23°26') hay 10' o poco más de 2/8 (1/4) de círculo. Ello permitió simular las proyecciones solares al interior del Observatorio en el solsticio de verano (Fig. 4). Propusimos con ello que los xochicalcas, a través de las proyecciones del disco chico, pudieron medir el cambio en la posición aparente del Sol que hoy conocemos como oblicuidad de la eclíptica.

Conclusiones

En 2017 cumplimos 30 años de experimentos en el Observatorio. Sabíamos desde el principio, no sólo por nuestras observaciones, sino gracias a las de quienes nos antecedieron, que estábamos ante uno de los instrumentos astronómicos más significativos para la historia de la ciencia. Cuando se nos permitió usar los discos astronómicos originales, hechos de cerámica, pudimos ver que el brocal del tiro es un portadiscos y los discos astronómicos son filtros solares; el orificio de la boca del tiro servía como guía para ubicarlos según los rumbos cardinales. Los discos fueron hechos y modificados, como el tiro, con el método de prueba y error. El uso del disco grande permitió señalar con mayor precisión fechas y periodos, sin embargo, se hizo un disco pequeño para tener una exactitud aún mayor. Para fines calendáricos, climáticos y rituales era suficiente conocer con precisión las fechas del ciclo solar y contar con años de 365.25 días promedio, equivalentes al calendario juliano europeo. En el trópico de

Cáncer es posible registrar el día del solsticio de verano cuando con este paralelo coincide el paso del Sol por el cenit y que, al cambiar la oblicuidad de la eclíptica, se mueve hacia el Sur. Hacia el sur, en otras latitudes, es más difícil notarlo, pero en Xochicalco construyeron un Observatorio al cual se dotaba de discos astronómicos que se sobreponían e intercambiaban, para que sus orificios se adaptaran al evento solar que se buscaba observar. Probablemente lo hacían también para que las entradas solares se dieran en las fechas, y con formas, que resaltaban días con importancia calendárica y ritual.

En Xochicalco los conocimientos pasaban de generación en generación entre quienes manejaban un instrumento astronómico similar al telescopio, invento europeo usado desde principio del siglo XVII para observar al Sol a través de lentes colocados en los extremos de un tubo metálico. El Observatorio de Xochicalco cumple con estas características: el tiro tiene poco diámetro y gran distancia focal, la lente superior es el portadiscos y la inferior está en el piso o acaso en un altar que capta nítidas imágenes. Se ha dicho que en Mesoamérica las observaciones astronómicas nunca tuvieron la finalidad científica de medir, identificar y conocer la mecánica del movimiento de los cuerpos celestes, pero, ni el aprovechamiento del conocimiento con fines prácticos, ni la interpretación mítica o religiosa del fenómeno natural observado, descartan la existencia del conocimiento científico. La precesión equinoccial se conoció en el Viejo Mundo²; en la América prehispánica no hay eviden-

² En la antigua China y la Grecia clásica con Hiparco, pero fue Nicolás Copérnico quien, en el siglo XVII d.C., descubrió que se debe a un cambio ligero y gradual en el eje de rotación de la Tierra.

cia arqueológica o histórica de ello, pero el Observatorio de Xochicalco puede ser la primera en toda la antigua América y anteceder así, en casi diez siglos, al telescopio solar de Galileo (Fig. 5)³.

Agradecimientos:

A la Dra. María del Carmen Remess por su apoyo en trabajo de campo. Al arqueólogo Mauricio Valencia Escalante y a la Mtra. Silvia Garza Tarazona del Centro INAH Morelos.

Los dibujos y fotos son propiedad del autor.

Referencias citadas

Abetti, Giorgio (1983) Historia de la astronomía, México, Fondo de Cultura Económica.

Anderson Neil S. (1981) The Solar Observatory at Xochicalco and the Maya Farmer's Almanac, *Archaeoastronomy*, 3, 22-25.

Aveni Anthony F. (1991) Observadores del cielo en el México antiguo, México, Fondo de Cultura Económica.

Aveni, Anthony F. (1992) *Conversing with the planets. How science and myth invented the cosmos*, Times Books, New York.

Aveni A. y Hartung Horst (1981) The Observation of the Sun at the Time of the Passage Through the Zenith in Mesoamerica. *Archaeoastronomy*, 3, 51-70.

Broda Johanna (1986) Arqueoastronomía y desarrollo de las ciencias, en *La historia*

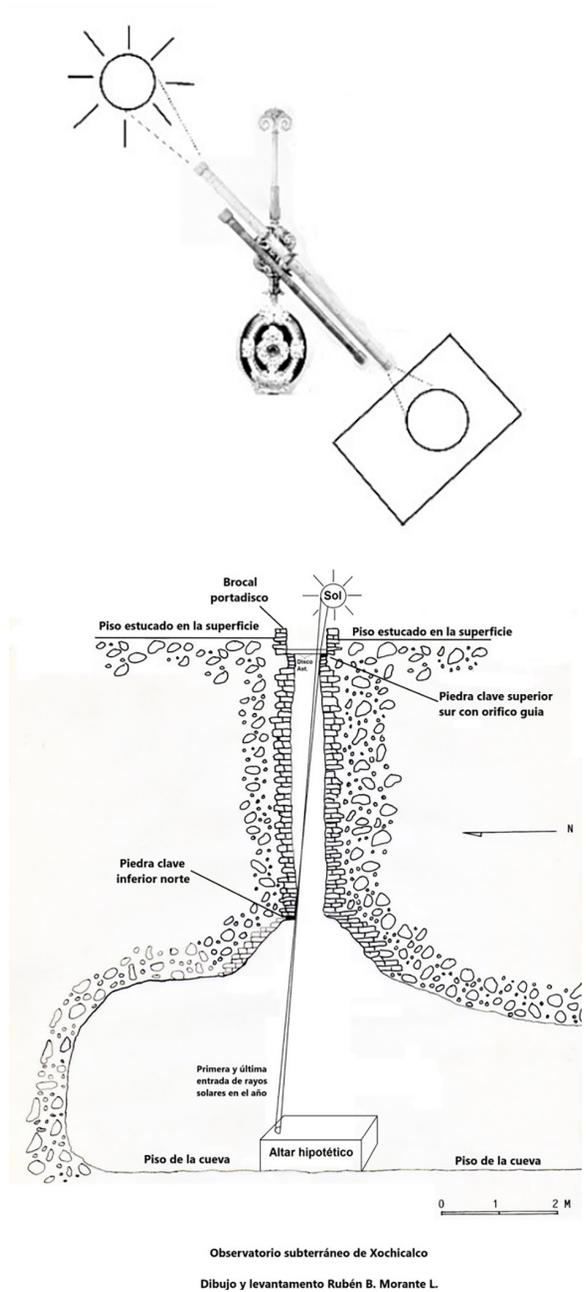


Figura 5.- El telescopio solar de Galileo y el Observatorio de Xochicalco.

³ Si bien el Observatorio xochicalca es más parecido al del duomo de Florencia que al telescopio de Galileo (por no contar con lentes), no podemos ignorar que la proyección de la imagen solar hacia un cuarto oscuro fue un principio fundamental de todos ellos. descubrió que se debe a un cambio ligero y gradual en el eje de rotación de la Tierra.

de la astronomía en México, A. Corral (ed.), México, Fondo de Cultura Económica. 65-102,

Morante López, Rubén B. (1993) Evidencias del conocimiento astronómico en Xochicalco, Morelos, Tesis de maestría, México, Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Morante López, Rubén B. (1995) Los observatorios subterráneos La Palabra y el

Hombre. Revista de la Universidad Veracruzana 94, 35-71.

Morante López, Rubén B.; Garza, Silvia y Escalante, Mauricio (2018) El Observatorio de la Gruta del Sol de Xochicalco. *Arqueología Mexicana* 153, 74-80.

Tichy Franz (1980) Der Festkalender Sahagun's. *Einechter Sonnenkalender ? Lateinamerika Studien* 6,115-134.