

El paso cenital del sol

en el Castillo de Chapultepec

Beatriz Regalado Bautista
Martha Ofelia Rivera Hernández
Luis Alberto Peralta Martínez
SECTEI

Resumen

El presente artículo esboza la importancia y recorrido de nueve años en la implementación del proyecto titulado "El paso cenital del Sol" como un dispositivo educativo de alfabetización transversal multidisciplinario en la formación crítica, científica y humanística dentro del Instituto de Educación Media Superior de la CDMX. Desde el 2015 se ejecuta este proyecto de formación extracurricular, encabezado por la Academia de Física del IEMS, vinculando un trabajo interinstitucional de alto nivel para fortalecer una educación humanista de vanguardia en esta opción de Bachillerato.

Palabras claves: Paso cenital del Sol, arqueoastronomía, educación media superior



**Se agradece al
Dr. Salvador Carlos Cuevas Cardona
su asesoría científica**

Observatorios solares cenitales en el México Antiguo

En palabras del Dr. Salvador Rueda Smithers, director del Museo Nacional de Historia Castillo de Chapultepec, el tiro del elevador del Castillo podría haber sido el tubo vertical de un observatorio solar cenital, en épocas de Moctezuma II. Pero ¿Qué es un observatorio solar cenital?, para Morante (2018), es un observatorio subterráneo construido con un gran tubo vertical que funciona como una cámara oscura y registra el paso del Sol por el cenit. El paso cenital del Sol es un fenómeno astronómico que ocurre dos veces al año y justo a mediodía, cuando el Sol se encuentra en su punto más alto en el horizonte, su luz se proyecta de manera perpendicular y no genera sombra lateral alguna. Este fenómeno solo se observa entre los trópicos de cáncer y capricornio. El propio Morante afirma que en México se han encontrado al menos 6 observatorios subterráneos, como el del Castillo de Chapultepec, y en 5 sitios arqueológicos: Teotihuacán, Monte Albán, Xochicalco, Chichen Itzá como se muestra en la Figura 1 y el Tajín hasta el momento.

Introducción

Este texto explica qué es un observatorio solar cenital en Mesoamérica y cómo calculaban los pueblos originarios el solsticio de verano; también enseña cómo calcular el día del paso cenital del Sol con tecnologías electrónicas y alfabetización digital para estudiantes. Así mismo, se perfila una utilidad de la arqueoastronomía: calcular el tiempo de recorrido de una ciudad a otra. Finalmente, se menciona el cruce de la ciencia, la erudición astronómica geográfica y el *mythos* alrededor del fenómeno astronómico bianual: "Cuando Quetzalcóatl descendía en forma de águila para transmitir su conocimiento de la cuenta del tiempo a los humanos".

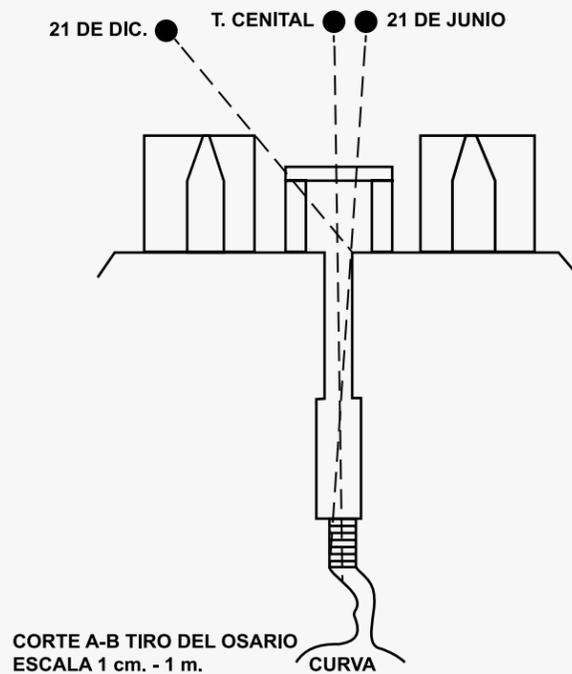


Figura 1. Corte del edificio del Osario de Chichen Itzá orientado al día del paso cenital del Sol. (Morante López, R.B. 2017, p.55).

Nota: el Osario marca el día del paso cenital del Sol al mediodía con la entrada vertical de los rayos solares hasta el fondo del tiro vertical.

El Osario de Chichén Itzá y la pirámide de Los Nichos de Tajín. De acuerdo con Rubén Bernardo Morante López (2021), ambas construcciones tienen un tiro vertical que parte del templo de su cúspide y permite el acceso al mismo mediante una escalinata (son los únicos con estas características en Mesoamérica). En la torre del caballero alto del Castillo de Chapultepec, existen restos de un templo, justo donde está el tiro del elevador.

Cálculo del día del paso cenital del Sol con tecnologías electrónicas para la alfabetización digital en estudiantes de Nivel Medio Superior

Una forma de calcular el día del paso cenital del Sol es conocer la latitud del lugar (se puede obtener en Google y se busca la declinación del Sol, en tablas de alguna aplicación de estrellas como el Sky Safari Pro o Planet Calc). El día en que la declinación del Sol sea la más cercana a la latitud del lugar, ese día es el paso cenital del Sol, por ejemplo:

- 1) En el Castillo de Chapultepec su latitud es: $19^{\circ}25'14''N$, en decimales es: $19.25.25'$.
- 2) En la aplicación de estrellas como Sky Safari Pro se obtiene la declinación del Sol más cercana y le restamos la latitud del Castillo. El paso cenital del Sol será la diferencia menor en segundos.
- 3) Se resta a la declinación del Sol, la declinación del Castillo de Chapultepec para 2024 como se muestra en la Tabla 1.

De la Tabla 1, observamos que la menor diferencia es -4.25 , el signo negativo indica que el Sol está al sur del cenit, mientras que los valores positivos indican que el Sol está al norte pasado el cenit. Por lo que, el primer paso cenital del Sol en el Castillo de Chapultepec es el 16 de mayo en el año 2024, en un año bisiesto. Para los años no bisiestos el primer paso cenital del Sol es el 17 de mayo. En el caso del Zócalo de la Ciudad de México, la latitud es de $19^{\circ}25'5''=19^{\circ}26'$, prácticamente el mismo día.

Día en año bisiesto 2024	Declinación del Sol	Declinación del Castillo de Chapultepec	Diferencia en segundos
15 de mayo	$19^{\circ}7.5'$	$19^{\circ}25.25'$	-17.75
16 de mayo	$19^{\circ}21'$	$19^{\circ}25.25'$	-4.25
17 de mayo	$19^{\circ}34.5'$	$19^{\circ}25.25'$	9.25
18 de mayo	$19^{\circ}47.4'$	$19^{\circ}25.25'$	22.15

Tabla 1. Declinación del Sol cerca del primer paso cenital del Sol en el Castillo de Chapultepec.

Nota: Esta tabla muestra los valores de la declinación del Sol para los cuatro días más cercanos a la declinación de la latitud del Castillo de Chapultepec de $19^{\circ}25.25'$ para el primer paso cenital del Sol el año 2024. Fuente: Sky Safari Pro.

Lugar	Latitud	Pasos cenitales	# de días al solsticio de verano (1)
Teotihuacan	19.69° N	19 de mayo y 25 de julio	67 33 + 1 + 33
Izapa	14.92° N	30 de abril y 13 de agosto	105 52 + 1 + 52

Tabla 2. Latitud de zonas arqueológicas y cálculo del solsticio de verano.

Nota: Esta tabla muestra cómo se calcula el solsticio de verano a partir de dividir en dos la diferencia de los días entre los dos pasos cenitales, considerando el día medio como el día del solsticio de verano en dos zonas arqueológicas (la última columna identifica al solsticio de verano con el número 1) (Morante, 2018).

Si bien en este ejercicio se utilizan unidades angulares, es posible que los pueblos originarios de Mesoamérica las conocieran. Morante (2018) explica que los antiguos mesoamericanos, medían la latitud geográfica a través del número de días entre los dos pasos cenitales y el solsticio de verano, según el lugar, como se muestra en la Tabla 2.

¿Cómo sabían los pueblos originarios de Mesoamérica cuándo era el solsticio de verano?

Como es difícil saber cuándo es el solsticio de verano a simple vista, observaban y registraban los días entre los dos pasos cenitales del Sol, y justo a la mitad, se determinaba el solsticio de verano.

Calcular el tiempo de recorrido de una ciudad a otra: la arqueoastronomía en el México Antiguo

Morante (2018) expone que la medición del paso cenital del Sol en diferentes puntos se utilizaba como una medición del tiempo-espacio. Si en un día, una persona camina en promedio entre 20 y 30 km y si se conocen los días de los pasos cenitales entre una ciudad y otra, se puede saber en cuánto tiempo se llega de una ciudad a otra. Es decir, si el paso cenital del Sol en México Tenochtitlán es normalmente el 17 de mayo y en Cuicuilco es el 16 de mayo, hay un día de diferencia, la distancia entre ambos lugares es de 24.2 km., aproximadamente, entonces esta distancia se recorrería en un día.

Ciencia, erudición astronómica geográfica y myths alrededor del fenómeno astronómico bianual: "Cuando Quetzalcóatl descendía en forma de águila para transmitir su conocimiento de la cuenta del tiempo a los humanos"

Morante (2018) también afirma que los conocimientos científicos relacionados con el paso cenital del Sol eran prácticos y míticos teniendo al menos tres aplicaciones:

- 1) La precisión del calendario y prevenir eventos climáticos para las actividades agrícolas, como el inicio de las lluvias y de la siembra.
- 2) Trazar caminos sagrados donde transitaban los peregrinos a los lugares de culto.
- 3) La medición de la latitud. Al buscar la línea recta este-oeste para el trazo de los caminos a menor distancia, menor esfuerzo de construcción y menor desgaste para los comerciantes que recorrían estas distancias a pie con cargas pesadas.

En la cosmovisión mesoamericana, el colibrí representa al Sol que apenas calienta el solsticio de invierno y que en apariencia no se mueve y emprende su vuelo a la izquierda para crecer hasta convertirse en un águila en el paso cenital del Sol.

Importancia de la formación extracurricular y los acuerdos interinstitucionales para fortalecer una educación humanista en la Educación Media Superior

El Instituto de Educación Media Superior de la Ciudad de México (IEMS CDMX), es una opción vanguardista en cuanto a atención personalizada y vida académica se refiere; impulsando a los jóvenes a que desarrollen habilidades críticas, humanísticas y científicas. En este contexto, ha impulsado durante casi una década, desde el año 2015,

año internacional de la luz y de las tecnologías basadas en ella, la observación del paso cenital del Sol como una valiosa oportunidad para desarrollar dichas habilidades al tiempo que rescata las raíces ancestrales, que ubicaron a nuestros ancestros, como precisos medidores del tiempo y espacio.

La organización de la mega observación del paso cenital del Sol es responsabilidad de los Docentes Tutores Investigadores (DTI) de la academia de Física del IEMS, teniendo miembros de otras academias como la de Matemáticas, Lengua y Literatura, Lengua y Cultura Náhuatl, Biología, Historia, Música y Filosofía.

Fecha de la observación del paso cenital del Sol	Tema	Lugar	Participantes / Programa
26 de julio de 2015	El año internacional de la luz	Ex-Templo de Corpus Christy	Dr. Arturo Montero García / Universidad del Tepeyac
17 de mayo de 2016	Nuestro legado ancestral, el paso cenital del Sol	Auditorio "Eduardo Matos Moctezuma" del Templo Mayor y el auditorio "El Fósforo" del Museo de la Luz	Dr. Salvador C. Cuevas Cardona / Instituto de Astronomía. UNAM. Dr. Arturo Montero Dr. Jesús Galindo Trejo / Instituto de Investigaciones Estéticas. UNAM. Club de Robótica de la escuela superior de cómputo del IPN, entre otros. Observación solar con telescopios.
16 de mayo de 2017	Antecedentes del Observatorio Astronómico Nacional del Castillo de Chapultepec	Museo Nacional de Historia Castillo de Chapultepec (MNH CC)	Dr. Salvador Cuevas. M. en C. Marco Arturo Moreno / Instituto de astronomía. UNAM. Dra. Laura Hernández. Escritor Alejandro Campos Oliver. DTI Ricardo Monroy Gamboa. Arq. Victor Manuel Arribalza / director de la zona arqueológica Monte Tlaloc. Maqueta de Arqueoastronomía de Teotihuacan de la UNAM.
15 y 16 de mayo de 2018	Día Internacional de la luz 16 de mayo. Tecnologías fuera de este mundo	MNH CC	Dr. Salvador C. Cuevas. Ing. Mario M. Areola / Agencia Espacial Mexicana. Dr. Erik Velásquez García / Instituto de Investigaciones Estéticas. UNAM. Dra. María del Coro Arizmendi y M. en C. Claudia Rodríguez / UNAM. Fondo de Cultura Económica XV Concurso Leamos la Ciencia para Todos. Observación solar con telescopios. Domo Digital.
2019	Suspendido por contingencia ambiental	MNH CC	
2020-2022	Suspendido por COVID-19	MNH CC	
17 de mayo de 2023	Luz y Sombra	MNH CC	Dr. Salvador C. Cuevas. Dr. Arturo Ortiz / Instituto Nacional de Siquiatría. Observación solar con telescopios. Danza mexicana.
16 de mayo de 2024 (año bisiesto)	El eclipse del 8 de abril de 2024 y el rastro solar del espectro relámpago, registrado y analizado por la Tripulación Tenochtitlan	MNH CC	Dr. Salvador C. Cuevas. Dr. Jesús Galindo. Observación solar con telescopios. Danza Mexica.

Tabla 3. Descripción general de los participantes en la observación del paso cenital del Sol del 2015 al 2024.

Nota: Se presentan los temas, lugares donde se ha realizado la observación del dicho fenómeno astronómico y algunos participantes (Regalado, 2024).

Los programas de la mega observación del paso cenital del Sol están integrados por conferencias magistrales de investigadores nacionales, miembros del Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCyT, y trabajos de los estudiantes que han realizado en el semestre anterior como ensayos y reseñas de libros de la serie "Leamos la Ciencia para Todos" del Fondo de Cultura Económica, investigaciones monográficas, talleres de Lengua y Cultura Náhuatl, exposiciones fotográficas además de explicar el uso de los relojes y marcadores solares al momento de la observación solar.

Finalmente

El objetivo en la asignatura de Física del IEMS CDMX es que, los estudiantes comprendan que la ciencia es una forma de interpretar al mundo y es resultado de procesos históricos, sociales y culturales. El paso cenital del Sol en Mesoamérica es un ejemplo de esto.

El nombrar a los estudiantes "jóvenes científicos", es una estrategia, para que reconozcan su pensamiento crítico y científico. La observación y registro de este fenómeno astronómico, permite a los adolescentes aprender a observar la estrella más cercana, y su relación con la vida en la Tierra, así como estudiar la historia de México y sentirse herederos de una tradición astronómica, geográfica, matemática ancestral, dándole sentido de pertenencia y encontrando implicaciones entre su región y vida cotidiana con su cultura originaria.

La reunión de estudiantes de diferentes planteles del IEMS CDMX en esta observación, les permite comunicarse de adolescente a adolescente, familiarizarse de una manera interdisciplinaria con los saberes y conceptos fundamentales de sus asignaturas. Compartir con investigadores nacionales, les da seguridad para aclarar y fortalecer sus procesos cognitivos y seguir investigando sobre temas científicos, humanísticos y, sobre todo, muchos han encontrado o reafirmado sus vocaciones en este evento del IEMS CDMX.

Referencias

Morante López, R.B. (2017). El conjunto Osario-Xtoloc en Chichén Itzá como modelo cósmico-astronómico durante el Clásico terminal. *Revista Científica de Investigaciones Regionales*, 40(1). 47-70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455859313005>

Morante López, R. B. (2018). Sacbeob y pasos cenitales del sol en el norte de Yucatán. *Mexicon: The Journal of Mesoamerican Studies*, 40(2), pp. 46-51.

Morante López, R. B. (2021). Lunaciones, pasos cenitales y latitud en Mesoamérica. En Stanislaw Iwaniszewski, S.; Moyano Vasconcellos, R. y Gilewski, M. (Ed.) *La vida bajo el cielo estrellado: la Arqueoastronomía y Etnoastronomía en Latinoamérica*. (pp. 151-160). Editorial de la Universidad de Varsovia (Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego).

Ficha de las autoras y autor

Beatriz Regalado Bautista

beatriz.regalado@iems.edu.mx

Ingeniera en energía por la UAM-I. Trabajó como consultora de ahorro de la energía en iluminación e implementación del proyecto en el IPN en 1993. Trabajó en el Grupo Industrial Resistol S.A. (GIRSA) como administradora de proyectos en la Gerencia de procesos, Ahorro de Energía Propiedad Industrial de 1996 a 1999. En 1999 a 2001 fue responsable de la propiedad industrial en el CDI, Centro de Investigación y Desarrollo de GIRSA. Desde 2005 es DTI en Física en el IEMS CDMX.

Martha Ofelia Rivera Hernández

martha.rivera@iems.edu.mx

Física por la Universidad Autónoma de Baja California. Maestra en Ciencias en Óptica por el Centro de Investigaciones Científicas y de Educación Superior de Ensenada. Docencia en la Universidad Autónoma de Baja California del 1991 al 2000, Centro de Enseñanza Técnico y Superior; CETYS Universidad en 2000, Facultad de Ingeniería; UNAM en 2005, Docente Tutora Investigadora de tiempo completo en la academia de Física en el Instituto de Educación Media Superior del 2005 a la fecha.

Luis Alberto Peralta Martínez

luisalberto.peralta@iems.edu.mx

Licenciado en Ingeniería Física por la UAM-A con una Maestría en Educación por UNID. Once años de experiencia a Nivel Universitario en distintos programas de Ingeniería, impartiendo clases de Física y Matemáticas, tanto en el sector educativo público y privado. En los últimos 5 años, imparte las asignaturas de Física en Nivel Medio Superior y de Matemáticas. Durante dos años aplicó sus conocimientos en una empresa de transporte como Coordinador de Logística.