



Chichén Itzá

Astronomía en el Mayab

Índice

Introducción	2
Contexto histórico	2
Contexto matemático	3
El Observatorio	4
La observación del cielo	5
Las estelas y la cuenta larga	6
El Castillo.....	7
El calendario maya	7
El descenso de Kukulcán.....	11
La cancha del Juego de Pelota	13
Otras ciencias mayas	13
Bibliografía	14

Introducción

La antigüedad de la astronomía y su importancia puede explicarse en términos de su utilidad práctica: mientras que las trayectorias de los astros permiten orientarse en el espacio, sus movimientos cíclicos permiten orientarse en el tiempo. Así, la observación del cielo permite a una civilización predecir los cambios estacionales de la naturaleza de forma exacta, lo que adquirió una especial relevancia con el desarrollo de la agricultura y la navegación. No obstante, la precisión cíclica con la que los astros aparecen en el cielo provocó que muchas civilizaciones elevaran los conocimientos astronómicos a un orden superior al terrenal y humano, más allá de sus posibles aplicaciones.

Los mayas son considerados como una civilización prolífica en astronomía por sus múltiples avances en este campo: calcularon de forma precisa las trayectorias de los diferentes astros, eligieron la orientación de los edificios respecto a los eventos astronómicos más relevantes y desarrollaron una base matemática consistente que les permitió formalizar estos cálculos (Sprajc & Sánchez Nava, 2015). Aunque podría argumentarse que otras civilizaciones lograron asimismo importantes avances, como la griega clásica o la hindú, es indudable que los mayas destacan por la difusión que tenían estos conocimientos entre la población. Los templos y edificaciones de la época están repletos de simbología matemática, plasmada en ellos por los eruditos mayas, pioneros en divulgación científica.

Los estudios arqueológicos realizados en la antigua ciudad maya de Chichén Itzá mostraron cuán avanzados eran realmente los conocimientos mayas en astronomía, así como en geometría y acústica. El complejo en sí es un homenaje a las ciencias mayas por la cantidad de referencias que contiene, ya sea como parte de representaciones en bajorrelieve o como parte de la estructura de los templos.

En el presente artículo nos centraremos en la importancia que adquirieron estos conocimientos en el día a día del Mayab, contribuyendo en gran medida a forjar su identidad cultural, tomando como punto de partida su ciudad más simbólica: Chichén Itzá.

Contexto histórico

El asentamiento de Chichén Itzá fue fundado por los itzáes alrededor del año 435 d.C. En un principio tuvo una baja relevancia política en la zona. No obstante, en torno al siglo IX d.C. las ciudades mayas del sur fueron abandonadas. Con ello, las urbes situadas al norte, como Chichén Itzá, recibieron un flujo de inmigrantes que las dotó de una mayor envergadura y una clara influencia tolteca. Esto provocó la construcción de templos, como el de Kukulcán.

Durante este periodo, entre los siglos X y XIII d.C, alcanzó su máximo esplendor, convirtiéndose en el centro del poder político, militar y religioso de la cultura maya en la península del Yucatán. Llegó

a abarcar 25km², albergando entre 50 y 100 mil personas. Esta época comenzó con la formación de la Liga de Mayapán, compuesta por las tres ciudades más importantes de Yucatán: Uxmal, Mayapán y Chichén Itzá. Aunque estuvo liderada inicialmente por Chichén Itzá, sería precisamente la ciudad de Mayapán la que inició la guerra que provocó su decadencia.

Aunque la ciudad fue abandonada, se mantuvo como centro de peregrinaje. Esto provocó que a la llegada de los españoles, el conquistador Francisco de Montejo plantease establecer la capital de la provincia en Chichén Itzá, aunque la idea no prosperó.

En la actualidad, las comunidades indígenas siguen considerando Chichén Itzá como un lugar sagrado, lo que les ha llevado a numerosos conflictos con el Instituto Nacional de Antropología e Historia, institución encargada de gestionar el complejo de cara a los turistas.

Contexto matemático

Como gran parte de las ciencias, la astronomía se expresa en términos matemáticos. Así, es preciso introducir brevemente cómo eran las matemáticas mayas para poder comprender su astronomía. Los mayas heredaron de la cultura olmeca un sistema de numeración vigesimal¹ (Díaz, 2006). Para entender en qué consiste, podemos compararlo con el sistema de numeración arábigo o decimal:

Sistema decimal (actual)	Sistema vigesimal (maya)
$1234 = 1 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 4 \times 10^0$	$1234 = 1 \times 20^3 + 2 \times 20^2 + 3 \times 20^1 + 4 \times 20^0$

Tabla 1. Comparación de sistemas decimal y vigesimal.

En realidad, en el sistema de numeración maya no se utilizan los mismos caracteres (0, 1, 2, ...) que hoy en día. De hecho, un dígito puede valer hasta 19 unidades, por lo que los caracteres actuales serían insuficientes. En cambio, se desarrollaron los siguientes:

Símbolo	Valor	
Concha ²	0	
Punto	1	
Raya	5	

Tabla 2. Símbolos de numeración maya. Imagen 1. Números mayas del 0 al 19 (Gómez, 2013)

¹ Algunos autores sostienen que la elección del número 20 se basa en el número de dedos totales del ser humano, contando manos y pies (Sgreccia & Lara González, 2010).

² Cabe mencionar que el hecho de que los mayas trataran con el concepto de cero no es trivial. Precedidos por la civilización babilónica, los mayas lo desarrollaron de forma autónoma, siendo de las primeras civilizaciones en hacerlo. De hecho, hay constancia de su uso por parte de los mayas preclásicos en torno al 36 a.C.

Con este sistema de numeración podemos intuir la importancia del número 20 en la cultura maya. Ciertamente, otros números desarrollaron una importancia subjetiva para los mayas. Este es el caso del 7, resultado de sumar las cuatro direcciones cardinales, el centro, el cielo y el inframundo. También es el caso del 9 y el 13 que, junto con muchos otros, constituyen los números sagrados.

A continuación, se van a recorrer los edificios más significativos del complejo de Chichén Itzá, relacionando cada uno de ellos con uno o varios conceptos que los asocian a la astronomía maya.

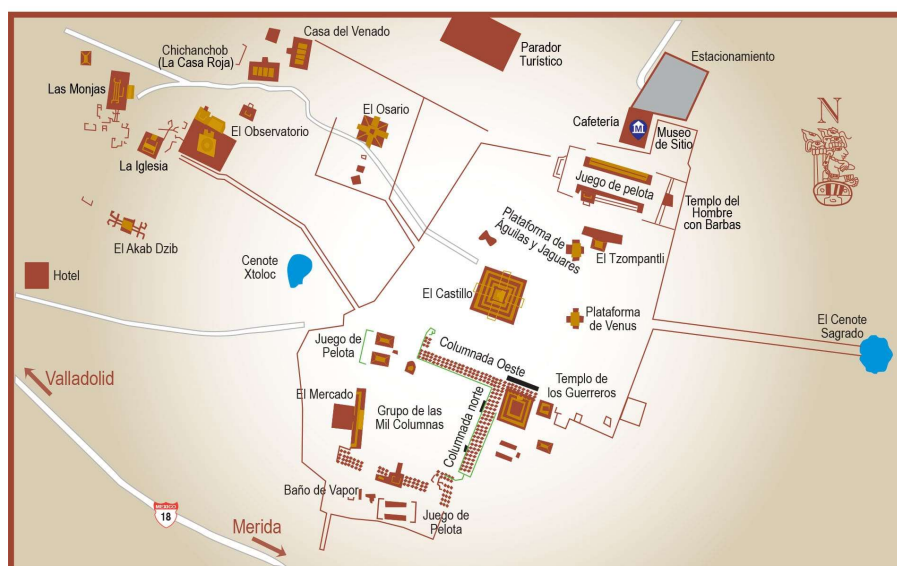


Imagen 2. Distribución del yacimiento de Chichén Itzá (Programa Destinos México, 2023)

El Observatorio

De todo el complejo, esta es el edificio cuya relación con la astronomía es más aparente. Se trata de una estructura circular con una escalera helicoidal en el interior que se enrosca de forma ascendente, por la que recibió además el nombre de “El Caracol. Aunque la pérdida de la torre superior hace que otros posibles usos del edificio sean desconocidos, la función observacional es clara.



Imagen 3. El Caracol (JSTOR, 2023).

La observación del cielo

Como muchas otras culturas, los mayas fueron conscientes de que las trayectorias de los cuerpos celestes seguían pautas observables. Además, los acontecimientos que componen dichas pautas, como pasos cenitales, equinoccios o solsticios, influyen en el clima. Para una civilización con un componente agrícola tan importante, la observación cobra una importancia capital, especialmente si estos acontecimientos celestes pasan del plano agrícola y eminentemente práctico al religioso. Ciertamente, los mayas divinizaron a diferentes astros, como Venus, al que se relacionó con distintas divinidades en función de su posición en el cielo.

Los mayas calcularon de forma precisa los ciclos sinódicos de Venus, Marte, Júpiter, Saturno y Mercurio, además de los distintos períodos relacionados con la Luna y el Sol (Aveni, *Skywatchers of Ancient Mexico*, 1980). Se sabe también que estudiaron las Pléyades, *Tzab-ek* en maya yucateco.

Por su orientación, es evidente que el Caracol estaba especialmente destinado a la observación de Venus (Aveni, *Tropical Archaeoastronomy*, 1981). No obstante, dispone de ranuras que permiten detectar de forma precisa los equinoccios y solsticios. Muchos autores sostienen que la degradación del Observatorio ha provocado que las ranuras para observar otros fenómenos se pierdan.

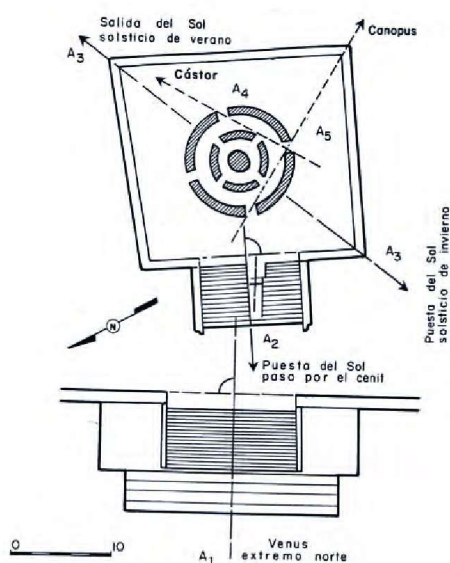


Imagen 4 (izquierda). Orientación del Caracol respecto a la trayectoria venusiana (Aveni, *Skywatchers of Ancient Mexico*, 1980)

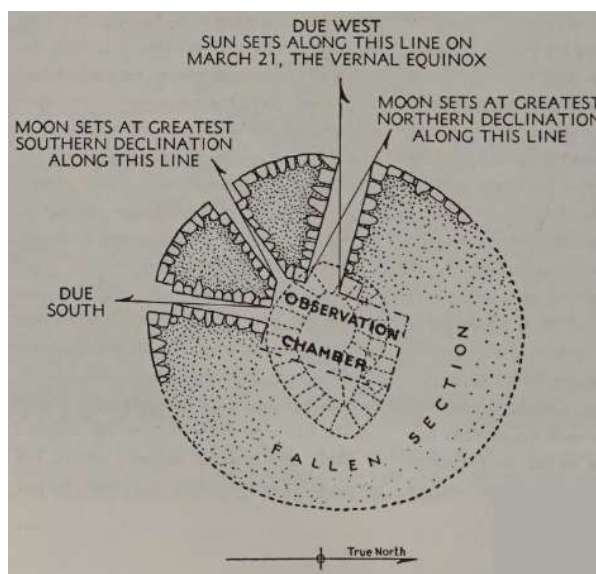


Imagen 5 (derecha). Ranuras del Caracol para el estudio de los acontecimientos solares y lunares (Sharer & Traxler, 2006).

La labor de astrónomo fue realizada por eruditos y sacerdotes. No obstante, sus resultados eran conocidos por la mayoría de la población. Un ejemplo de esto serían los calendarios mayas: como se verá más adelante, sus unidades de tiempo están relacionadas con las trayectorias de los diferentes

cuerpos celestes. En particular, como muestra de la importancia que la observación de Venus tiene en el Observatorio, en Chichén Itzá encontramos la plataforma de Venus, un altar donde se ofrecían sacrificios a las distintas divinidades que el astro encarnaba, así como bailes, ritos, etc. Cabe destacar que en dicha plataforma se plasmó en bajorrelieve la duración del ciclo sinódico de Venus.

Las estelas y la cuenta larga

Sabemos que el Caracol fue construido en el torno al 906 d.C. por una estela presente en el edificio. Las estelas son figuras de piedra tallada con motivos religiosos que llevan asociada una fecha en la cuenta larga. En particular, la estela del Caracol es una representación en bajorrelieve de una serpiente emplumada, representación de la deidad Kukulcán (Sharer & Traxler, 2006). La frecuente aparición de estelas sugiere que el tiempo jugaba un importante papel en la cultura maya de la época.

La cuenta larga es uno de los calendarios mayas, habitualmente utilizada para datar acontecimientos importantes, como puede ser la construcción de un templo o la muerte de un gobernador. Este calendario fija su inicio el 11 de agosto de 3114 a.C. Para datar una fecha en la cuenta larga, basta con contar los días que han pasado desde su inicio y expresarlos en formato vigesimal, con la particularidad de que el segundo dígito utiliza como base 18.

<i>Nombre en lengua yucateca</i>	<i>Días</i>	<i>Equivalencia</i>
<i>kin</i>	1	--
<i>uinal</i>	$1 \times 20 = 20$	20 <i>kin</i>
<i>tun</i>	$1 \times 18 \times 20 = 360$	18 <i>uinal</i>
<i>katún</i>	$1 \times 20 \times 18 \times 20 = 7.200$	20 <i>tun</i>
<i>baktún</i>	$1 \times 20 \times 20 \times 18 \times 20 = 144.000$	20 <i>katún</i>

Tabla 3. Unidades de cómputo de la cuenta larga.

La cuenta larga se divide en ciclos de 13 *baktún*. Esto implica que pasado este período de tiempo todos los dígitos vuelven a cero, empezando un ciclo nuevo. Como curiosidad, cabe mencionar que esto es precisamente lo que sucedió el 21 de diciembre de 2012. Las noticias relacionadas con un hipotético fin del mundo anunciado por los mayas parten de una malinterpretación de la cuenta larga. Como puede verse en la Imagen 6, el 20 de diciembre de 2012 no es más que el último día de dicho ciclo.

Cada unidad tiene un glifo asociado. Si queremos expresar una fecha en la cuenta larga, bastará con poner la cuenta delante del glifo correspondiente. Por ejemplo, el 20 de diciembre de 2012 se obtiene:



Imagen 6. 20 de diciembre de 2012 en la cuenta larga maya (Viviendo el tiempo maya, 2023).

El Castillo

También conocido como templo de Kukulcán, es el símbolo de Chichén Itzá. Además de la relevancia religiosa y política que ha tenido a lo largo del tiempo, la estructura del templo habla por sí sola sobre los conocimientos de astronomía, geometría e ingeniería mayas.



Imagen 7. Templo de Kukulcán (JSTOR, 2023).

Una práctica mesoamericana ampliamente difundida era elegir números sagrados o significativos al elegir el número de cuerpos, escalones, paneles, almenas, etc. de un edificio. En el caso del templo de Kukulcán, son especialmente recurrentes los números calendáricos.

El calendario maya

Desde un punto de vista práctico, la elaboración de calendarios es una de las principales razones por las que las distintas civilizaciones apreciaban la astronomía. A fin de cuentas, la mayor parte de los calendarios son particiones de la duración de una vuelta completa de la Tierra alrededor del Sol.

Los mayas elaboraron un abanico de calendarios, estando cada uno de ellos orientado a un fin (Kinsella & Day, 1934). Entre ellos, encontramos el calendario sagrado, el solar, la cuenta larga, la cuenta lunar, la venusiana, etc. Por importancia, nos centraremos en el calendario sagrado y el solar.

El calendario sagrado o *tzolk'in* (en maya yucateco) consta de trece meses de veinte días o veinte meses de trece días. En cualquier caso, combinaban un conjunto de 20 nombres con 13 números. Tomando un elemento de cada, se generan (20×13) 260 posibilidades únicas³, que son los 260 días del calendario sagrado. Cada nombre tiene un glifo asociado.



Imagen 8. Glifos y nombres de los días del *tzolk'in* en lengua yucateca (Herrera & Xoyón, 2016).

Este calendario se ha representado como dos engranajes que van girando simultáneamente. Para que vuelva a aparecer el nombre de un día concreto, deberán pasar 20 días, y 13 para el número. En cambio, el mismo par (número, glifo) aparecerá pasados 260 días, mínimo común múltiplo de 13 y 20.

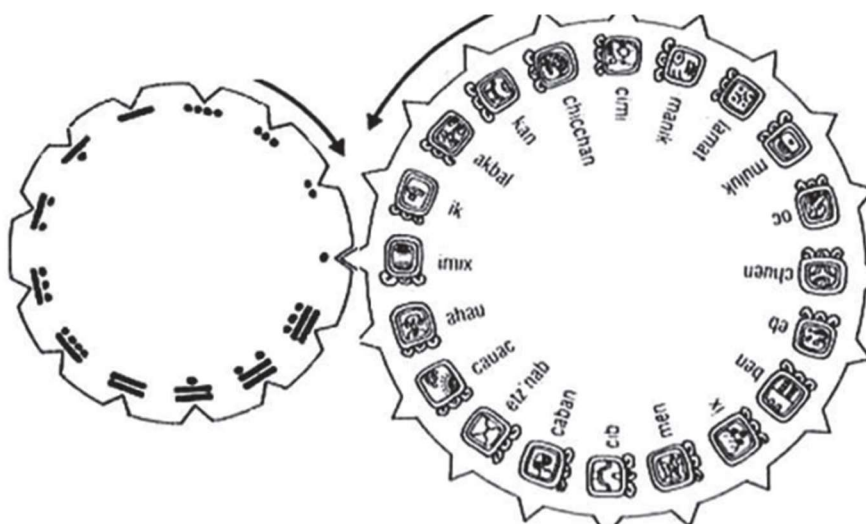


Imagen 9. Rueda calendárica del calendario *tzolk'in* (Herrera & Xoyón, 2016).

Su duración ha sido relacionada con la gestación humana y los ciclos sinódicos de Venus y Marte⁴. En cualquier caso, se utilizó para rituales religiosos, y muchos estudiosos justifican la estructura del

³ Producto de dos combinaciones de orden 1, una sobre 13 y otra sobre 20 elementos.

⁴ El ciclo sinódico de Marte consta de 780 días, equivalente a 3 ciclos de 260.

calendario sagrado en base a la importancia de los números 13 y 20 para los mayas. La arqueología ha revelado además su relación con los periodos agrícolas, en especial de la milpa, un policultivo consistente en maíz, calabaza y frijoles. Un primer ciclo del *Haab* era relacionado con la preparación de la tierra y el siguiente con el cultivo de la milpa y su cosecha (Conde, 1994).

El calendario solar o *Haab* consta de dieciocho meses de veinte días, al final de los cuales se añade un mes pequeño de 5 días llamado *Wayeb*, considerado fatídico, lo que suma un total de 365 días. Cada mes tiene un nombre y un glifo asociado. Estos glifos representan un fenómeno natural o religioso con el mes, como el tiempo de cosecha, la aparición de hormigas aladas, etc.



Imagen 10. Nombres y glifos de los meses del *Haab* en lengua yucateca (Herrera & Xoyón, 2016).

Aunque la duración del calendario *Haab* es igual a la del calendario gregoriano, usado en la actualidad, este calendario maya es ligeramente más preciso (Anléu, 2002). La diferencia reside en la forma de tratar la diferencia entre 365 días y la duración real del año tropical: 365,2422 días. El calendario gregoriano incluye años bisiestos, de 366 días, cada 4 años. No obstante, un año no será bisiesto si es múltiplo de 100, pero lo será si es múltiplo de 400. El calendario solar maya también corrige el desfase de un día cada 4 años, pero de forma continua cada año. Para ello, agrupaban los años en grupos de 4, llamados norte, sur, este y oeste. En los años norte, los días comenzaban a medianoche, como en la actualidad. En los años sur, este y oeste, los días comenzaban al amanecer, a mediodía y al atardecer, respectivamente (Gutiérrez, 2012). Así, la adición de un día cada 4 años era gradual e iba implícita en su calendario. Para ajustar la corrección, restaban un día del *Wayeb* cada 130 años. Esto implica que, por cada corrección del calendario *Haab*, habrá al menos 32 correcciones del calendario gregoriano.

Calendario	Número de días en k años	Duración media del año	Diferencia
<i>Haab</i>	$365k + (k/4) - (k/130)$	365,2423	0.0002
Gregoriano	$365k + (k/4) - (k/100) + (k/400)$	365,2425	0,0003

Tabla 4. Duración media de los años de los calendarios gregoriano y *Haab*. Diferencia respecto al año tropical de 365,2422 días.

Es importante mencionar una diferencia radical entre el uso que hacemos del calendario actual y la forma de interpretar el *Haab*. Dada la fecha “12 de enero de 2023”, todos los términos (12, enero y 2023) hacen referencia a unidades de tiempo aún inconclusas. Es decir, 1 minuto después de las 23:59 del 31 de diciembre ya es 1 de enero. Sin embargo, todavía no se han completado 24 horas en el mes de enero. Sucede lo mismo con meses y años. No obstante, cuando nos expresamos en horas y minutos, sí que podemos asegurar que, por ejemplo, a las 15:30 han pasado 15 horas y 30 minutos desde la medianoche. Así, en nuestra forma de contar el tiempo, las horas y minutos se basan en el concepto de tiempo transcurrido, que sólo puede medirse si se incluye el valor cero en la cuenta, mientras que los días, meses y años se contabilizan usando unidades de tiempo incompletas. En cambio, los meses en los calendarios mayas incluían un día cero. En consecuencia, los mayas registraron sólo medidas de tiempo transcurrido, lo que sugiere una mejor comprensión de la filosofía de los números.

Estos calendarios se utilizaban conjuntamente para datar acontecimientos de la vida cotidiana: señalar fenómenos naturales, fijar rituales religiosos, predecir eventos astronómicos, etc. Ciertamente, cuando se combinan ambos calendarios y se elabora una fecha a partir de las fechas obtenidas en ambos, se obtiene un período de 52 años⁵ donde cada fecha es única, con una componente sagrada y una componente solar. En este caso, una fecha dada se repetirá exactamente dentro de 52 años. El calendario que se obtiene al combinar *tzolk'in* y *Haab* recibe el nombre de rueda calendárica.

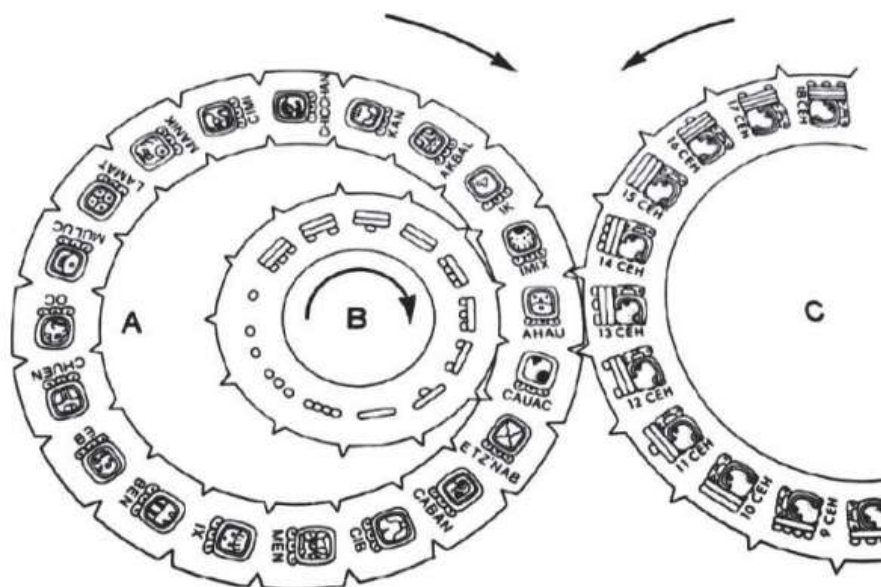


Imagen 11. Rueda calendárica formada por los calendarios *tzolk'in* (ruedas A y B) y *Haab* (rueda C) (Herrera & Xoyón, 2016).

⁵ 18980 es el mínimo común múltiplo de 365 y 260. Dividiendo, se tiene que 18980 días dan lugar a 52 ciclos *Haab*.

La estructura del templo de Kukulcán se encuentra repleta de números calendáricos. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Cada una de las 4 escalinatas (número de estaciones del año) posee 91 escalones (promedio de la duración de cada estación). Si contamos la plataforma superior obtenemos $4 \times 91 + 1 = 365$ escalones en total, número de días del calendario *Haab*.
- Si se consideran cada una de las fachadas por separado, en el peralte de cada basamento hay 6 paneles en bajorrelieve, salvo en el último, en el que hay 4. Esto da un total de 52 paneles por fachada, equivalente al número de años *Haab* por cada ciclo de la rueda calendárica.
- En el templete situado en lo alto de la pirámide se pueden advertir 5 adornos o almenas en cada una de las 4 fachadas. Un total de 20, valor base del sistema de numeración maya y que además aparece de forma recurrente en sus calendarios: número de días de los meses *tzolk'in* y *Haab*.
- El templo tiene 9 basamentos. Si se observa frontalmente cada fachada, se observan 9 basamentos a cada lado de la escalinata. Esto nos deja una imagen de 18 por fachada, valor que coincide con el número de meses regulares del calendario *Haab*.

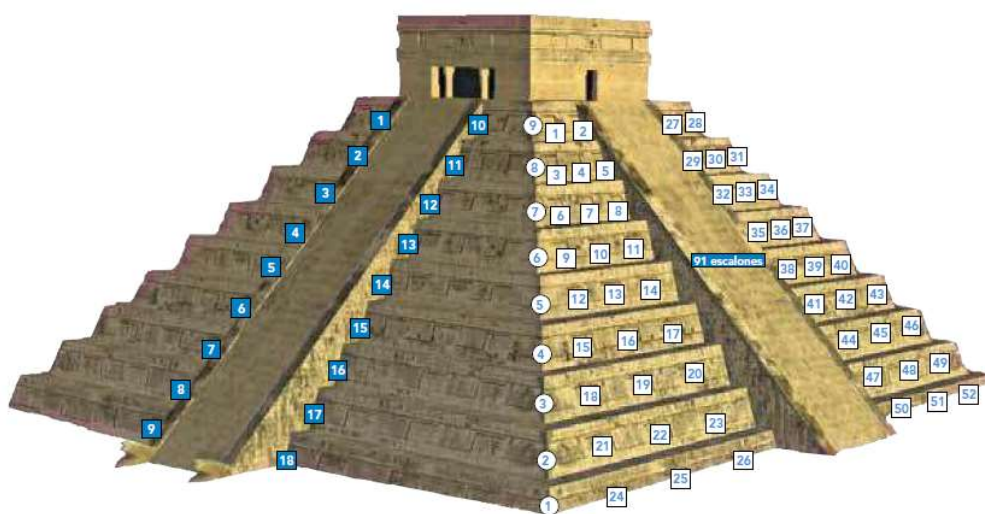


Imagen 12. Presencia de números calendáricos en la estructura de “El Castillo” de Chichen Itzá (Montero García, Galindo Trejo, & Wood Cano, 2014)

El descenso de Kukulcán

También conocido como “la serpiente emplumada”, el término Kukulcán viene de *K'u'uk'ul Kaan* en maya yucateco. Se trata de una divinidad relacionada con las lluvias, el viento y la fertilidad (J. Schmidt, González de la Mata, Pérez Ruiz, & Osorio, 2017). Su culto estuvo muy extendido por toda Mesoamérica y muchos autores sostienen que es equivalente a *Quetzalcóatl*. En el complejo de Chichén Itzá se pueden apreciar diversos monumentos en su honor, ya este personaje divino es considerado el conquistador de la península de Yucatán, llegado por mar y ayudado por los vientos.

El descenso de Kukulcán es el nombre que recibe la hierofanía que se produce cada año en los días en torno a los equinoccios de primavera y otoño en el Castillo. Al atardecer, la incidencia de los rayos solares sobre los basamentos produce una sucesión de triángulos en la escalinata norte que visualmente se percibe como una serpiente de cascabel bajando por la escalinata. Este efecto queda reforzado con la presencia de dos cabezas de serpiente en la parte baja de la escalinata norte.



Imagen 13 (izquierda). Descenso de Kukulcán (Gilpin, 2023).



Imagen 14 (derecha). Cabezas de serpiente en la parte baja de la escalinata (Snake head at the foot of the Pyramid of Kukulcan, Chichen Itza - Mexico, 2023).

Si bien sigue teniendo un importante significado religioso para las comunidades indígenas, se ha convertido en una tradición entre la población yucateca. En 2022 asistieron más de 9 mil personas (Contreras, 2022). Como parte del evento, un cúmulo de ceremonias ocurren en torno a la pirámide, como yoga, cantos y rezos.



Imagen 15. Realización de ritos religiosos a la espera del descenso de Kukulcán (Contreras, 2022).

Se ha debatido ampliamente acerca del significado del descenso de Kukulcán y su relación con el equinoccio. No obstante, en la actualidad la mayoría de autores coinciden en que el descenso de

Kukulcán no tiene intención de señalar con precisión este fenómeno (Sprajc & Sánchez Nava, 2015). De hecho, el efecto visual no cambia demasiado en los días previos y posteriores al equinoccio. Por ello, se cree que el descenso de Kukulcán tiene como finalidad señalar el final y el principio de distintos períodos agrícolas, relacionados con el cultivo de la milpa (Conde, 1994).

Otro fenómeno menos conocido es el descenso de la Serpiente Lunar. Sobre la estructura se proyecta un efecto similar, pero esta vez causado por la incidencia del brillo lunar. Como el complejo de Chichén Itzá permanece cerrado al público por la noche, este evento sucede a puerta cerrada, sólo al alcance de investigadores y grupos selectos de personas. Esto ha llegado a ser fuente de conflicto con las distintas comunidades indígenas.

Son necesarios amplios conocimientos de geometría, astronomía y arquitectura para plasmar un efecto como el descenso de Kukulcán sobre la fachada del Castillo. Pueden observarse fenómenos similares en otras ciudades yucatecas, como Dzibilchaltún y Oxkintok, lo que implica que la presencia de eruditos en las ciudades mayas era común.

La cancha del Juego de Pelota

La presencia de canchas en las distintas ciudades mayas de Mesoamérica es bastante frecuente. El juego consistía en pasar una pelota por unos aros de piedra, manteniendo siempre la pelota en movimiento. Para ello, estaba prohibido usar manos y pies. Los partidos se celebraban para acompañar rituales religiosos o acontecimientos importantes y los jugadores eran habitualmente guerreros.

La cancha de Chichén Itzá es la más grande de toda Mesoamérica. En sus laterales se observan representaciones de Kukulcán y escenas de guerra en bajorrelieve. Además, es especialmente conocida por su acústica.

Otras ciencias mayas

El diseño y los materiales utilizados en la construcción de la cancha del Juego de Pelota permiten que una conversación en un extremo sea oído en el resto de la cancha. Aunque este efecto puede observarse en otras edificaciones modernas, esta cancha destaca por la ausencia de figuras curvas que puedan facilitar la transmisión del sonido. En la actualidad sigue debatiéndose la causa de este efecto acústico.

Otra muestra de amplios conocimientos en acústica puede apreciarse en la escalinata norte del templo de Kukulcán. Al aplaudir frente a ella, la incidencia del sonido sobre las escaleras produce un sonido similar al canto del Quetzal, ave con un importante papel dentro de la cultura maya.

En general, los conocimientos en ciencias exactas y físicas de los mayas son ampliamente aceptados por los expertos. No obstante, hay muy poco consenso sobre su desempeño en otras ciencias.

Bibliografía

- Anléu, E. C. (2002). Los Calendarios Gregoriano y Maya. *Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Aveni, A. F. (1980). *Skywatchers of Ancient Mexico*. Austin: University of Texas Press.
- Aveni, A. F. (1981). Tropical Archeoastronomy. *Science*, 161-171.
- Conde, P. R. (1994). *La milpa y el origen del calendario maya*. Gobierno del Estado de Yucatán.
- Contreras, J. M. (21 de Marzo de 2022). El descenso de Kukulcán congrega a más de 9 mil personas en Chichén Itzá. *La Jornada*.
- Díaz, R. D. (2006). Apuntes sobre la aritmética maya. *Revista Venezolana de Educación*.
- Gilpin, L. (9 de Febrero de 2023). *Princeton University Art Museum*. Obtenido de <https://artmuseum.princeton.edu/collections/objects/11882>
- Gómez, C. A. (2013). EL CERO MAYA. *Acalán Revista de la Universidad Autónoma del Carmen*.
- Gutiérrez, D. F. (2012). LOS BISIESTOS EN LA CONCEPCIÓN MAYA. *Boletín UNAM*.
- Herrera, A. J., & Xoyón, I. (2016). *Armonización de los Calendarios Mayas*. Ministerio de Cultura y Deportes.
- J. Schmidt, P., González de la Mata, M., Pérez Ruiz, F., & Osorio, J. (2017). Chichén Itzá poder y esplendor entre la guerra, el comercio y las flores. *Arqueología mexicana*, 45-52.
- JSTOR. (3 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://jstor.org/stable/community.23179479>
- JSTOR. (8 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/community.20482348>
- Kinsella, J., & Day, B. (1934). The Mayan Calendar. *The Mathematics Teacher*, 340-343.
- Mole, H. E. (9 de Febrero de 2023). *JSTOR*. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/community.20482338>
- Montero García, I. A., Galindo Trejo, J., & Wood Cano, D. (2014). El Castillo En Chichén Itzá. Un Monumento al Tiempo. *Arqueología Mexicana*, 80-85.
- Programa Destinos México*. (8 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://programadestinosmexico.com/descubre-mexico/mapas/mapas-de-chichen-itza.html>
- Sgreccia, N., & Lara González, E. (2010). Nepohualtzitzin: un modelo matemático de cualidad. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 24-54.
- Sharer, R., & Traxler, L. (2006). *The Ancient Maya*. Stanford University Press.
- Snake head at the foot of the Pyramid of Kukulcan, Chichen Itza - Mexico*. (9 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://www.voyagevirtuel.co.uk/mexique/pages/chichen-itza-castillo-pyramide-kukulcan-tete-de-serpent-11.php>
- Sprajc, I., & Sánchez Nava, P. F. (2015). *Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Viviendo el tiempo maya*. (8 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://maya.nmai.si.edu/es/calendario/convertidor-de-calendario-maya>