La astronomía en Mesoamérica

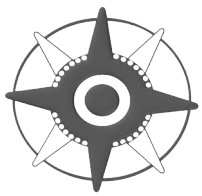


Ismael Arturo
Montero García

¡TíO Ediciones

La astronomía en Mesoamérica

Ismael Arturo
Montero García



íTiO Ediciones

La astronomía en Mesoamérica

DR © Ismael Arturo Montero García, ORCID 0000-0002-6332-389X

Primera versión digital 2014
Última versión digital 2022
Primera versión impresa 2023

Tte. Enf. Ret. Luz Lidia García Castrejón †
FUNDACIÓN ABUELITA LUZ

Saúl Enriquez y el autor
CUIDADO DE LA OBRA

Saúl Enriquez y E. Peña
COMPOSICIÓN TIPOGRÁFICA Y DISEÑO

Ana Lourdes Ross Aguilar y Erika Téllez
CORRECCIÓN DE ESTILO

Publicado por íTíO Edíciones en Naucalpan, estado de México
ISBN para versión 2022 en PDF: 978-607-29-2792-6
ISBN para versión impresa en trámite

Condiciones de utilización: imágenes bajo licencia CC-BY-NC-SA

Se puede mezclar, transformar y crear a partir de las imágenes para uso público no comercial, bajo la condición de que se cite la procedencia de la obra. Cualquier obra derivada de la original debe ser distribuida bajo la misma licencia CC-BY-NC-SA: Reconocimiento -no comercial- Compartir Igual 4.0 Internacional de Creative Commons. La BNE deberá ser claramente identificada como la fuente de las imágenes.
El uso público no comercial de las imágenes es gratuito y no requiere autorización previa. El uso de dichas imágenes no conlleva una cesión en exclusiva e implicará citar la procedencia de la obra.

La astronomía en Mesoamérica

Ismael Arturo
Montero García



Naucalpan, mmxxiii



Índice

Introducción | XI

1 Astronomía cultural
- 1.1 Antecedentes | 1
- 1.2 El espacio y el tiempo como marco teórico referencial | 9
  - 1.2.1 El espacio | 10
  - 1.2.2 El tiempo | 12

2 La observación del cielo
- 2.1 Concepto de astronomía | 19
- 2.2 Breve historia de la astronomía | 20
- 2.3 Levantando la mirada al cielo diurno y nocturno | 26
  - 2.3.1 Plano de la eclíptica | 27
  - 2.3.2 Coordenadas ecuatoriales [E] | 28
  - 2.3.3 Coordenadas altazimutales [Z] | 31
- 2.4 El movimiento de la Tierra | 33
- 2.5 El movimiento celeste visto desde la Tierra | 36
  - 2.5.1 El péndulo solar: equinoccios y solsticios | 39
  - 2.5.2 El paso cenital del Sol | 43
  - 2.5.3 La enigmática trayectoria de la Luna | 45
  - 2.5.4 Los eclipses: el cruce de caminos entre el Sol y la Luna | 48
  - 2.5.5 El errático andar de los planetas | 52
  - 2.5.6 El orto y ocaso helíaco | 61
  - 2.5.7 Conjunción y oposición | 64
  - 2.5.8 Cometas, estrellas fugaces y otros fenómenos celestes | 65

PORTADA
Noche de plenilunio en Chichén Itzá con el Templo de los Guerreros en primer plano, se destaca la silueta del Chac Mool: *el mensajero celeste*. Fotografía del autor, julio de 2013.

PORTADILLA
Estela del Nevado de Toluca, escultura al bajorrelieve del período Epiclásico hallada a 4330 $^{m}/_{nm}$, evidencia del observatorio a mayor altitud en la América septentrional para la antigüedad. Fotografía de Ignacio Galar, 2014.

ENFRENTE
Atardece en Chichén Itzá con El Caracol como testigo del tiempo, Fotografía del autor, 2014.

3 Mesoamérica
3.1 Concepto | 71
3.1.1 Regiones | 73
3.1.2 Períodos | 77

4 Arqueoastronomía
4.1 Concepto | 83
4.2 La cuenta de los días en familias calendáricas | 85
4.3 Los instrumentos del cielo | 88
4.4 Los modelos | 98
4.4.1 Modelo urbano | 99
4.4.1.1 Tipo A. Alineamientos al eje de simetría del edificio principal | 99
4.4.1.2 Tipo B. Ordenamiento perpendicular de la traza urbana | 101
4.4.1.3 Tipo C. Múltiples alineamientos en una urbe | 103
4.4.1.4 Tipo D. Alineamientos entre edificios | 113
4.4.1.5 Tipo E. Alineamientos al vértice | 116
4.4.1.6 Tipo F. Alineamientos laterales | 120
4.4.1.7 Tipo G. Iluminación de cámaras | 121
4.4.1.8 Tipo H. Juegos de luz y sombra | 122
4.4.1.9 Tipo I. Edificios como marcadores | 126
4.4.1.10 Tipo J. Interiores ajustados | 128
4.4.1.11 Tipo K. Tubos de luz | 132
4.4.1.12 Tipo L. Piletas de agua como espejo | 138
4.4.2 Modelo de horizonte conspicuo | 142
4.4.2.1 Tipo M. Un observatorio frente a horizontes conspicuos | 142
4.4.2.2 Tipo N. Una prominencia para diferentes sitios | 156
4.4.3 Modelo agreste | 161
4.4.3.1 Tipo Ñ. En montañas | 161
4.4.3.2 Tipo O. En cavernas | 175
4.4.4 Modelo matemático | 182
4.4.4.1 Tipo P. Las formas geométricas | 182
4.4.5 Modelo monumentos para visado | 203
4.4.5.1 Tipo Q. Estelas | 204
4.4.5.2 Tipo R. Torres | 204
4.4.5.3 Tipo S. Cruces punteadas | 205

5 Etnoastronomía
5.1 Concepto | 207
5.2 Cosmovisión | 209
5.3 Calendario | 218
5.4 Las matemáticas celestes | 244
5.5 El cielo, su movimiento y otros fenómenos en las fuentes | 249
5.5.1 El Sol | 251
5.5.2 El Sol cenital | 263
5.5.3 La Luna | 269
5.5.4 Eclipses | 280
5.5.5 Los planetas | 292
5.5.5.1 Mercurio | 294
5.5.5.2 Venus | 297
5.5.5.3 Marte | 313
5.5.5.4 Júpiter | 316
5.5.5.5 Saturno | 319
5.5.6 Las estrellas del cielo | 324
5.5.6.1 La Vía Láctea | 327
5.5.6.2 El zodiaco | 337
5.5.6.3 Constelación de Orión | 341
5.5.6.4 Cúmulo estelar las Pléyades | 348
5.5.6.5 Constelación del Escorpión | 350
5.5.6.6 Constelación de la Osa Mayor | 355
5.5.6.7 Constelación de la Osa Menor y las estrellas circumpolares | 356
5.5.6.8 Constelación de Géminis | 359
5.5.6.9 La Cruz del Sur | 360
5.5.7 Los demás enigmas del cielo | 361
5.5.7.1 Cometas | 362
5.5.7.2 Estrellas fugaces | 375
5.5.7.3 Lluvia de estrellas | 378
5.5.7.4 Meteoritos | 380
5.5.7.5 Aurora boreal | 384
5.5.7.6 Luz zodiacal | 387
5.5.7.7 Otros sucesos incógnitos | 389

Conclusiones | 395



En el *Códice Borgia* el conejo como signo de día.

ENFRENTE

El autor registrando el ocaso desde la pirámide del Castillo en Chichén Itzá, utilizando un teodolito digital y equipo GPS con antena cortesía de Garmin de México. Fotografía de Ana Lourdes Ross Aguilar, 2014.

Apéndice
Apéndice A. Glosario | 409
Apéndice B. Memoria de cálculo | 413
Apéndice C. El desarrollo tecnológico y las modernas aplicaciones digitales | 422
Apéndice D. El cielo y sus contornos | 438
Apéndice E. Los trabajos de iTiO por México y el mundo | 446
Stonehenge, Reino Unido | 450
Samaipata, Bolivia | 452
Cuevas pintadas de Guachipas, Argentina | 454
Los Andes septentrionales, Ecuador | 457
Río Pecos, sureste de EE. UU. | 459
Templos, palacios y calendarios en China | 460
El *go-raikou* del monasterio Keishin-in, Japón | 464
La puerta del cielo está en China | 465
El Cerro de la Silla, Monterrey, México | 474

Índice temático | 477
Bibliografía | 493
Lista de acrónimos y abreviaturas | 524
Lista de símbolos tipográficos | 525

DERECHA

Personaje antropomorfo con rasgos de jaguar mira fijamente al cielo, escultura del período Preclásico perteneciente a la cultura olmeca, Museo Regional de Antropología Carlos Pellicer Cámara, Villa Hermosa Tabasco.







A Guadalupe Quiroga
Stella dux

Introducción

En fechas recientes se ha suscitado un creciente interés por la astronomía de las sociedades antiguas dentro de la antropología. Los investigadores dedicados a la astronomía cultural en los campos de la arqueología y la etnohistoria escudriñan en la mecánica celeste el código que determinó la orientación de los edificios hieráticos y el trazado de las urbes; así como la posición de los cuerpos celestes que permitió a los astrónomos del pasado establecer el día preciso en que habría de realizarse una determinada ceremonia con su consecuente calendario ritual, el cual sin duda estaba estrechamente vinculado con la programación de los procesos económicos y productivos.

La arqueoastronomía y la etnoastronomía, ambas como pilares de la astronomía cultural, aportan innovadoras interpretaciones al conocimiento de las sociedades antiguas. Para lograrlo, realizan una escrupulosa observación del cielo y un exhaustivo análisis arqueológico, histórico y documental. No obstante, su relevancia, y la atención en los medios de comunicación que ha merecido en tiempo recientes estos temas, aún es escasa su difusión, y el número de investigadores y publicaciones especializadas es exiguo. Pero la importancia de la astronomía cultural no sólo incumbe al ámbito académico, también repercute en la industria turística, en proyectos arquitectónicos y en programas para la divulgación de la cultura científica. Entendido así el panorama, la astronomía cultural no ha de reducirse únicamente al privilegio de los profesionales en la antropología, es necesario que sea incluyente. Recordemos cómo la amplia participación

del público desempeña un papel activo en la astronomía, especialmente en el descubrimiento y seguimiento de asteroides y cometas. Incorporemos más observadores del cielo, involucremos a más personas en el saber ancestral, enriquezcamos la discusión y las posibilidades de un análisis más amplio sobre la astronomía de la antigüedad.

Así que esta publicación es única en su propósito en México porque va dirigía tanto a los especialistas como al amplio público. Si bien es cierto que guarda un sentido para la divulgación de la cultura científica, también es útil como libro de texto para la capacitación de quienes deseen incorporarse al quehacer astronómico en la ancestral Mesoamérica.

El contenido de esta obra centra su atención en los aspectos teóricos del espacio y el tiempo expuestos en el *Capítulo 1, Astronomía* cultural; en este apartado también se presenta una breve reseña sobre la historia de esta disciplina. El *Capítulo 2, Astronomía*, es fundamental, porque expone de manera sencilla y sintética los criterios elementales de la mecánica celeste, conceptos sin los cuales no recomendamos a ningún interesado incursionar en estos temas de arqueoastronomía y etnoastronomía. El *Capítulo 3, Mesoamérica*, atiende al área de investigación en términos geográficos que ocupa a esta investigación, inicia con una introducción para quienes recién se encuentren con este concepto académico. El *Capítulo 4*, trata sobre arqueoastronomía, es el tema central de esta obra, pues desarrolla una propuesta tipológica que parte de una necesidad de clasificación y ordenamiento. El capítulo es una respuesta a una necesidad intrínseca de categorización, es también una clasificación, que si bien no pretende paralelismos espectaculares entre las diferentes culturas separadas en espacio y tiempo, sí tiene por intensión encontrar las variables que permitan al lector ensayar con un sistema explicativo coherente que ofrezca una descripción de los datos obtenidos. Al final de cuentas, es una construcción heurística que deja sentadas las bases para futuras investigaciones con un ordenamiento de los datos de campo obtenidos durante décadas por diferentes sitios arqueológicos que han sido seleccionados para un proceso de contraste y evaluación. El *Capítulo 5*, se dedica a la etnoastronomía con el fin de conducir al lector -dentro de las posibilidades del autor- por el portentoso acervo iconográfico e histórico de las culturas mesoamericanas de ayer y hoy. El volumen concluye con sus respectivas *Conclusiones*, a las que sigue un *Apéndice* dividido en cinco subíndices: *Apéndice A*, es un glosario que aporta definiciones y conceptos básicos para quien se introduce en la astronomía; *Apéndice B*, es una

memoria de cálculo, propuesta para integrar un documento descriptivo metodológico donde se refleja de manera exhaustiva los procedimientos aplicados y las operaciones matemáticas indispensables para el registro de una observación astronómica del tipo posicional en la arqueología, en el apartado se explica cada uno de los campos del registro acompañado de su respectivo soporte utilizando aplicaciones digitales; *Apéndice C*, trata sobre el desarrollo tecnológico y las modernas aplicaciones digitales, es un texto donde se comparten experiencias técnicas con el lector, se realizan recomendaciones y se aportan soluciones para el ejercicio de la arqueoastronomía; el *Apendice D*, responde a preguntas frecuentes que en repetidas ocasiones se hacen referente a la observación del cielo en su contexto general y no necesariamente en el aspecto astronómico; y finalmente el *Apendice E, Los trabajos de iTiO por México y el mundo*, pone a consideración del lector las investigaciones realizadas en este campo por el autor en otros países. La obra se acompaña en su epílogo de un índice temático que se hace necesario para auxiliar a lector en la consulta de esta obra en los campos de astronomía y lugares citados.

El lector encontrará frecuentemente en estas páginas la palabra iTiO, se trata del acrónimo para *Ipan tepeme ihuan oztome*, que se traduce del náhuatl al español como "entre montañas y cavernas", esta expresión del antiguo idioma mexicano da nombre a la organización de quien suscribe, donde la difusión de la cultura científica está orientada a temas propios de la arqueología, la astronomía, la historia y la antropología, todos vinculados al cuidado del patrimonio natural y cultural sin fines de lucro.

Se ha buscado en la realización de este libro que sea útil para la industria turística, pues dentro del moderno mercado se incorporan, desde la perspectiva cultural, tendencias que permiten el desarrollo de ofertas que resultan de investigaciones científicas, este es el caso del turismo astronómico. El turismo astronómico es una propuesta que permite al visitante disfrutar de un destino destacando aspectos poco atendidos y fascinantes como lo es la bóveda celeste y la cosmovisión ancestral. Con esta propuesta se ofrece una experiencia extraordinaria y de calidad que busca diversificar el amplio panorama de intereses para el turista del siglo XXI. También es útil para los profesionales en el diseño arquitectónico que deseen incorporar en sus proyectos las orientaciones ancestrales de los edificios mesoamericanos, y en sí, de todos los interesados en la historia de la ciencia y las artes.

Las siguientes páginas son resultado de un largo camino autodidacta que inicié en el año 2002, cuando los estudios de doctorado me llevaron a levantar la vista a los "cielos" tratando de

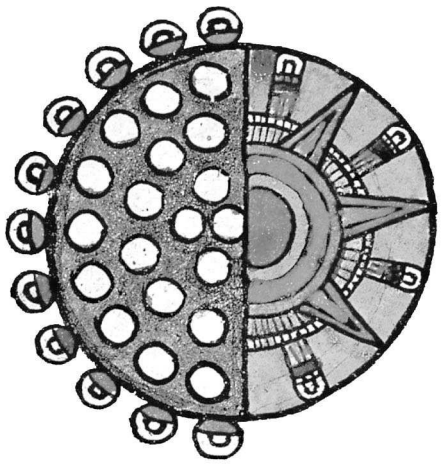
delimitar las posiciones del Sol para el ocaso y el levante con relación al Nevado de Toluca. El proceso, por decirlo así, culmina con las últimas correcciones para esta entrega respecto a las orientaciones de Venus en la arquitectura maya, los estudios en Japón respecto al Monte Fuji para el equinoccio y los trabajos de fotogrametría digital con el descubrimiento del sitio Poyuahtlan (OR-17) en el Pico de Orizaba. Casi 20 años de trabajo de campo e investigación avalan esta propuesta.

Este proyecto editorial resulta de diversas investigaciones realizadas por diferentes sitios arqueológicos en México y el extranjero, algunas de nuestras aportaciones fueron dictaminadas y se encuentran publicadas en espacios académicos reconocidos como se registra en el *Apéndice A*, durante estos trabajos, los apuntes de campo iniciados como ya se comentó en el año 2002, fueron conformando un acervo metodológico y técnico que, sin las pretensiones de convertirse en un libro, se alimentaron con el paso del tiempo gracias a las aportaciones de colegas y colaboradores. En el año 2006, durante el *Primer Coloquio de Arqueología* organizado por la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH, se puso a consideración de los especialistas las técnicas utilizadas, las cuales fueron publicadas años después en las memorias de ese coloquio [Montero, 2011b]. Posteriormente, animados por compartir estas experiencias, sobre todo, entre los jóvenes estudiantes de arqueología con la intención de formar nuevos cuadros de investigadores en astronomía cultural se impartieron cursos en: la Unidad Académica de Antropología de la Universidad Autónoma de Zacatecas, 2009; en el Observatorio Astronómico de Quito y la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, 2009; en la Facultad de Antropología de la Universidad Veracruzana, 2010; en la Facultad de Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán, 2012; en el Instituto Zacatecano de Cultura y la Universidad Autónoma de Zacatecas, 2013; en la modalidad de diplomado en la Universidad del Tepeyac, 2014; en el año 2015 como curso en la Sociedad Astronómica de México y, finalmente como Seminario de astronomía prehispánica, con 33 conferencias telemáticas auspiciadas por la Primera Alcaldía de Iztapalapa como estrategia cultural para el amplio público frente al confinamiento obligado por la pandemia del coronavirus (SARS-COV2) entre septiembre de 2020 y marzo de 2021, fue tal el éxito de este proyecto colectivo que se alcanzaron hasta mil doscientas vistas en Facebook para una sola sesión.

Para concluir, aprovecho esta *Introducción* para agradecer la colaboración de mi hija Julia Alejandra Montero Quiroga, la

contribución de mis colegas Aarón González, Tania Santillán, María Eugenia Castañeda, Felipa Carreón y Sara Hurtado en la elaboración de este volumen, a Osvaldo Murillo por haber compartido sus apuntes sobre el calendario e iconografía, a Jesús Galindo y Johana Broda por sus oportunos comentarios y asesoría, a David Wood por sus aportes en calendárica y etnohistoria, así también a los participantes en los cursos impartidos en Zacatecas, Ecuador, Yucatán, Veracruz, Quintana Roo, Universidad del Tepeyac, Ciudad de México e Iztapalapa; que con sus comentarios y cuestionamientos han fortalecido esta obra.

Naucalpan, equinoccio autumnal del año 2023



IZQUIERDA

La representación del cielo con la noche a la izquierda y el día a la derecha en la iconografía de Mesoamérica, se muestra en el *tonalámatl*, trecena once del *Códice Borbónico*, pág. 11; para algunos representa un eclipse, para otros el crepúsculo y también hay quienes consideran que las estrellas son la manifestación de los guerreros sacrificados, los *huitznahuas*.



1
Astronomía cultural

1.1 Antecedentes

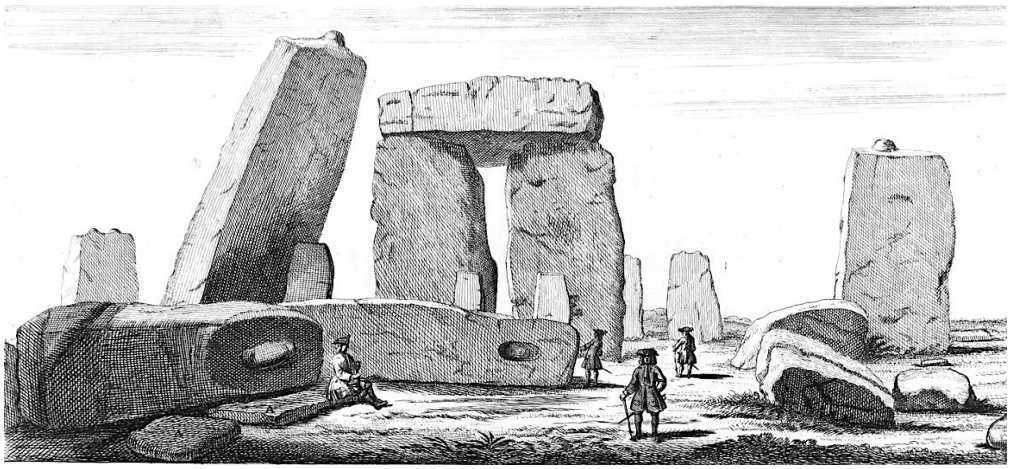
La arqueoastronomía encuentra sus primeros precursores entre los viajeros y los coleccionistas interesados en las antigüedades del siglo XVII. Célebre es John Aubrey, quien se dedicó a registrar monumentos megalíticos en el Reino Unido desde el año 1678. Le seguiría Henry Chauncy, en 1700, buscando los principios astronómicos que regían las orientaciones de las iglesias antiguas de Gran Bretaña. Para 1740, William Stukeley publicó la orientación astronómica de las ruinas de Stonehenge que venía estudiando desde décadas atrás.

ENFRENTE

Noche de plenilunio en Chichén Itzá con El Castillo mostrando su escalinata oeste y su templo con mascarón de Chaac sobre la puerta. Fotografía del autor, julio de 2013.

ABAJO

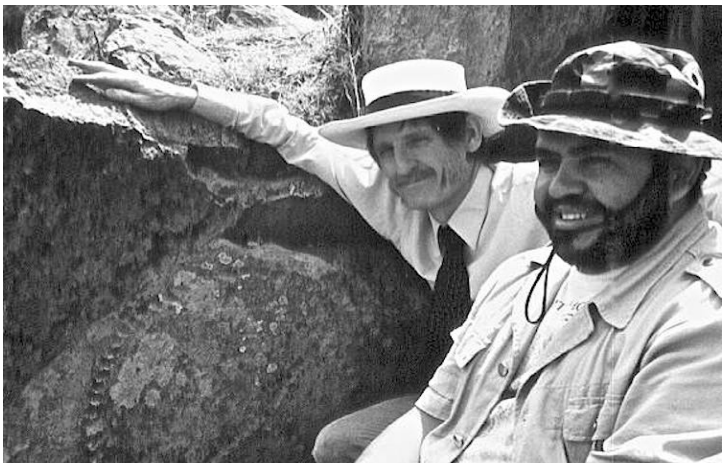
Stonehenge en 1722, en un dibujo de William Stukeley publicado en 1740, p. 40, TAB. XXI.



Sin embargo, algunos historiadores de la ciencia consideran que los orígenes de la arqueoastronomía son más recientes, atribuyendo este mérito a Sir Noman Lockyer, quien fuera director de la revista *Nature*; y publicara en 1894, *The dawn of astronomy*. Para ese mismo período (finales del siglo XIX) los astrónomos Richard A. Proctor y Charles Piazzi Smyth se cuestionaron sobre las orientaciones de las pirámides de Egipto. No obstante, estas investigaciones, que reunían una perspectiva arqueológica y astronómica, el término arqueoastronomía fue utilizado por primera vez hasta 1971 por Euan MacKie, cuando realizaba trabajos de investigación en el Reino Unido.

Las propuestas abundan sobre quién fue el principal impulsor de la arqueoastronomía para el siglo XIX. Para algunos fue Heinrich Nissen, quien se dedicó a la arqueología provincial romana; también destaca Norman Lockyer, astrónomo inglés, quien destaca por su obra *The Orientation of Greek Temples* de 1893. Por su parte, Euan MacKie es recordado por su contribución a la práctica de la astronomía en el mundo antiguo, la geometría y la metrología. Ya en pleno siglo XX, Alexander Thom propone una unidad de medición conocida como "yarda megalítica", que se desprende de su interés sobre los métodos de construcción aplicados en los megalitos; para 1955, presenta un análisis estadístico de estas construcciones. Para la década de 1960, el trabajo de Alexander Thom y el de Gerald Hawkins abrieron un nuevo interés en las características astronómicas de sitios antiguos. Los resultados de estas investigaciones sentaron las bases metodológicas de la arqueoastronomía moderna, registrando círculos de piedra, alineamientos de los menhires, círculos de piedra y midiendo el horizonte por donde salían y se ponían el Sol, la Luna y determinadas estrellas por diferentes sitios megalíticos en las islas británicas. Euan MacKie, para contrastar las teorías de Alexander Thom, consideró necesario excavar en el sitio menhir de Kintraw (Reino Unido) para confirmar una posible relación con el solsticio de invierno a principios de la década de 1970. A esta etapa Iwaniszewski [1994b: 6] la denomina *Etapa de expansión*, y sucede de 1963 a 1975, cuando aún el término comúnmente utilizado para esta disciplina era el de astroarqueología. En esos tiempos se difundía la idea de que las sociedades preliterarias fueron capaces de observar y registrar objetos astronómicos y predecir algunos de los fenómenos astronómicos. Esta explicación fue lo suficientemente atractiva para que varios astrónomos, matemáticos e ingenieros se introdujeran en la arqueología.

Posteriormente, de 1973 a 1982, hay una *Etapa de consolidación*. En ésta se introdujo el concepto de etnoastronomía para denominar un campo interdisciplinario en el que se articulaban: la astronomía, la etnología y la historia del arte, entre otras disciplinas. En el continente americano, el término arqueoastronomía fue el denominativo idóneo para esta especialidad, substituyendo al de astroarqueología. Pero su estatus como disciplina aún no estaba bien definido, para algunos era simplemente un campo interdisciplinario. En esa misma etapa destacan las contribuciones de Edwin Krupp, director del observatorio Griffith.



IZQUIERDA

Edwin Krupp (izquierda) y Arturo Montero (derecha) en 1998 en Xihuingo, estado de Hidalgo, junto a una de las cruces punteadas de filiación teotihuacana que se considera guardan relación astronómica.

Por su parte John B. Carlson, partidario del enfoque interdisciplinar, consideró que la arqueoastronomía, en su sentido más restringido, se limitaba a evaluar el saber astronómico a partir de la evidencia arqueológica no escrita, pero en el sentido más amplio, holístico, abarcaba la etnoastronomía y se refería al estudio del pasado y del presente.



IZQUIERDA

John B. Carlson en el volcán La Malinche, estado de Tlaxcala, durante la prospección arqueológica a sitios con posibles alineaciones astronómicas en 1999, fotografía de Arturo Montero durante el ascenso que realizaron juntos al volcán por la ladera norte.

Sin embargo, el desarrollo de la propia arqueoastronomía y la propagación de su interdisciplinariedad se debe sobre todo a Anthony F. Aveni, quien se destaca por su libro *Observadores del cielo en el México antiguo*, obra fundamental para quienes deseen dedicarse a esta actividad. Aveni también sobresale por organizar dos conferencias internacionales en México D. F. en 1973, junto con Horst Hartung; y posteriormente otra en la Universidad Colgate, en 1975. Si bien la mayoría de los trabajos trataban de las actividades astronómicas de las altas culturas de Mesoamérica y Perú, la tercera conferencia internacional en Santa Fe, EE UU. en1979, se interesó especialmente por las culturas de Norteamérica.

Según el mismo Iwaniszewski [1994b: 10], hay un tercer momento, la *Etapa de ruptura*, comprendida entre 1981 y 1986, donde encontramos dos propuestas antagónicas: los europeos partían de una serie de trabajos relacionados con cuestiones metodológicas correspondientes al grado de precisión de las investigaciones y la validez de los conceptos estadísticos para confirmar alineamientos astronómicos; en contraparte, los norteamericanos consideraban ciertos alineamientos astronómicos de estructuras arquitectónicas particulares, pues, en vez de limitarse al enfoque estadístico, trataron de utilizar toda la evidencia antropológica como registros etnohistóricos, relaciones etnográficas, documentos escritos, códices, e inscripciones, así como la evidencia arqueológica e histórica para apoyar sus conclusiones.

La Etapa de la nueva generación, entre 1986 y 1990, encuentra en Mérida, Yucatán, un escenario trascedente, pues durante la Conferencia Oxford 2, se consideró relevante el estatus interdisciplinar de la arqueoastronomía, destacando los campos social y cultural; de tal suerte que los aspectos del ritual, las ceremonias y los mitos eran fundamentales para considerar las orientaciones astronómicas de los edificios dentro de un contexto simbólico. Por otra parte, se adoptó la propuesta de que el conocimiento astronómico prehistórico era científico. Esto llevó, según ellos, a "evaluar a las culturas antiguas como si hubieran poseído una ciencia en el sentido occidental". Según Iwaniszewski [1994b: 13], la arqueoastronomía, alcanza una fase de maduración entre 1990 y 1993 en Europa, que dará pasó a lo que considera una crisis a partir de 1993. Es así como en la Conferencia Oxford 4, se tiene la impresión de que se había llegado a una fase crítica en el desarrollo de la astronomía cultural. A pesar de tratar de situar la investigación en el contexto sociocultural, fue claro para Iwaniszewski [ibidem] la falta de teoría. Al parecer, las investigaciones habían llegado a un punto de saturación, y ya no

podían crearse nuevos enfoques capaces de generar modelos sobre el saber calendárico astronómico en los sistemas culturales. Por otro lado, al mantener la visión de la interdisciplinariedad de la astronomía cultural se conservó la convicción de que los logros del trabajo proceden de la colaboración entre científicos y humanistas.

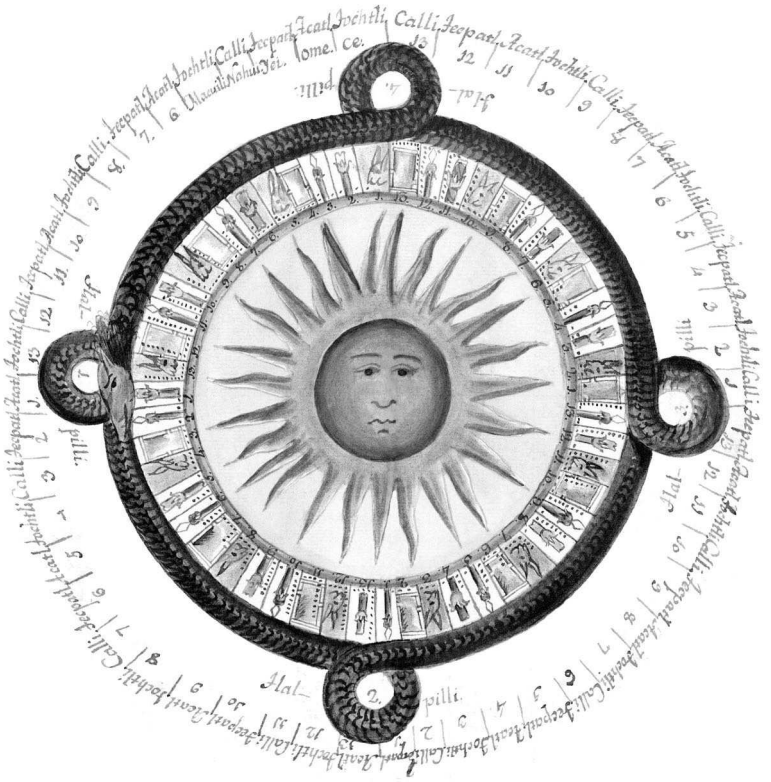
A toda esta historia cabe una pregunta: ¿qué antecedentes de estudios arqueoastronómicos hay en México? Obviamente la literatura revisionista, omite la importante contribución nacional, vive como otros tantos obsesionados por Europa y Norteamérica.[1] Así que invitamos al lector a realizar una breve retrospectiva de nuestra historia. Empezamos con don Carlos Sigüenza y Góngora, historiador y poeta que impartió la cátedra de astronomía y matemáticas de 1680 a 1693, su libro *Libra astronomica y philosophica*, se considera el primer libro de la ciencia moderna impreso en América donde critica las doctrinas astrológicas y las creencias asociadas con los cometas, por otra parte en su obra *La ciclografía mexicana* presenta la idea de que los toltecas realizaban correcciones periódicas a su calendario y que el año iniciaba durante el equinoccio vernal. Don Antonio de León y Gama, astrónomo, antropólogo y escritor, se dio al estudio de la Piedra del Sol, desde que se descubrió en 1790. León y Gama se empeñó en su estudio apuntando la posibilidad de que señalara fechas relevantes en relación con los eclipses y la calendárica. Subsecuentemente, tenemos a Lorenzo Boturini, historiador, anticuario y cronista de las culturas indígenas de Nueva España, y también a Mariano Fernández Echeverría y Veytia, estudioso del calendario indígena respecto a la aplicación del año bisiesto. También son relevantes las aportaciones de Alfredo Chavero respecto al estudio de la Piedra del Sol en 1882. A principios del siglo XX, Zelia Nuttall realizó el estudio de los códices mixtecos, afirmó que los juegos de pelota estaban cuidadosamente orientados, ya que servían como puntos de observación celeste, publicando en 1906, *The astronomical methods of the ancient Mexicans*. Es muy relevante las apreciaciones que expresaba sobre el paso cenital del Sol, argumentando que los astrónomos mesoamericanos utilizaban gnomos para marcar los pasos cenitales. Alfonso Caso, en sus trabajos arqueológicos realizados entre 1931 y 1945 en Monte Albán ya señalaba una relación astronómica entre los edificios J y P dada su alineación [Aveni, 1991: 282]. Una historia detallada de los precursores

1 Es oportuno también preguntarnos por el desarrollo histórico de esta disciplina en Sudamérica, que sin duda ha ofrecido importantes aportes al conocimiento, entendida la riqueza de las culturas andinas y amazónicas.

de estudios astronómicos en México desde el virreinato es publicada por González [1991: 13-24]. Respecto a la historia de la astronomía en México puede consultarse el título homónimo *Historia de la astronomía en México* compilado por Arturo Moreno [1982], editado por la UNAM.[2]

DERECHA

Primera ilustración del libro de Antonio de León y Gama [1832] sobre el descubrimiento de la piedra del Sol, en la que se articula un calendario solar.



La historia de la arqueoastronomía mexicana en las últimas dos décadas se ha reforzado con la participación de investigaciones realizadas por académicos nacionales y extranjeros, las cuales incrementan el conocimiento antiguo; así tenemos para la década de los noventa la publicación de textos especializados como el libro *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica* coordinado por J. Broda, S. Iwaniszewski y L. Maupomé, editado por la UNAM en 1991, obra que reunió los trabajos de académicos dedicados al estudio arqueoastronómico de todas las regiones de Mesoamérica, destacan los trabajos de Jorge Angulo, Enrique Soruco, Luis Enrique Arochi y Doris Heyden, entre otros; además de las contribuciones de los mismos editores no sólo por sus investigaciones sino por su contribución a la difusión de esta disciplina en los medios académicos.

2 Puede consultarse en línea en la siguiente dirección <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/04/html/astrono.html>.

En la lista de arqueoastrónomos mexicanos destaca Jesús Galindo Trejo del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM, que en 1994 logra escudriñar las numerosas fuentes que existen de trascendencia astronómica, además de exponer los principales ejemplos de orientaciones arquitectónicas, información que presenta en su libro *La arqueoastronomía de la América antigua*. También sobresalen Rubén Morante de la Universidad Veracruzana, que en sus trabajos de posgrado nos ofrece un estudio arqueoastronómico y calendárico sobre Xochicalco y Teotihuacán; el arquitecto Arturo Ponce de León, quien ha profundizado sobre las propiedades geométricas en la arquitectura prehispánica; el astrónomo Daniel Flores Gutiérrez del Instituto de Astronomía de la UNAM, que se ha dedicado a investigar sobre Venus y su relación con fechas antiguas, además de coordinar el libro *Legado Astronómico*, donde iTiO colabora con un artículo; el arqueólogo Enrique Suruco del INAH, que ahonda sobre el uso de las cuevas ceremoniales como observatorios astronómicos. Todos ellos emprenden una labor trascedente para exaltar el desarrollo de la astronomía en el país. Por otra parte, especialistas europeos como Johanna Broda del Instituto de Investigaciones Históricas de la UNAM, han contribuido en la formación de generaciones de antropólogos mexicanos gracias a sus aportaciones teóricas y metodológicas; Stanisław Iwaniszewski, investigador de la Escuela Nacional de Antropología e Historia, también en la docencia e investigación; Matthew Wallrath (QEPD) con estudios sobre petrograbados teotihuacanos; Franz Tichy compartiendo sus modelos de orientación desde el siglo pasado y, finalmente, Iván Šprajc, quien colabora con el INAH. Todos ellos reflejan el interés de las instituciones mexicanas por esta disciplina con sus investigaciones, al haberlos adscrito en distintos cuerpos académicos nacionales. Por otra parte, los avances de la arqueoastronomía contemporánea en México han sido receptores de aportaciones generosas por parte del arqueólogo Tim Tucker, que a través de la Mesoamerican Research Foundation, apoya a estudiantes e investigadores. El creciente interés por la arqueoastronomía ha hecho necesaria la consolidación del Seminario de Arqueoastronomía en la Escuela Nacional de Antropología e Historia desde 1996, que junto con otras organizaciones realizan estudios especializados. Destacan por su participación: David Wood, Enrique Aguilar, Geraldine Patrick, Rafael Villaseñor, Rafael Zimbrón, Francisco Granados, Hans Martz, Isidro Jaimes, Frank Díaz, Ofelia Márquez, Víctor Torres, Ricardo Moyano, Orlando Casares y Rossana Quiroz, entre otros. Además de asociaciones e interesados en la astronomía de la antigüedad como Alberto León.



ARRIBA

Cerro de la Estrella, Distrito Federal, 1998, de izquierda a derecha: Arturo Montero, Matthew Wallrath (QEPD), Jesús Galindo y Stanisław Iwaniszewski.

Hoy en día, a inicios del siglo XXI, vivimos una nueva etapa en la historia de la arqueoastronomía[3] y muchas son las discusiones teóricas y metodológicas que subsisten. Para nosotros en iTiO, lo más importante es formar nuevos investigadores. Cientos de edificios arqueológicos nos reclaman por todo el país para estudiarlos, el desarrollo de esta disciplina en Latinoamérica es prometedor y ya lo estamos construyendo con la integración de la Sociedad Interamericana de Astronomía en la Cultura[4] promoviendo una Red de Centros de Investigación en Astronomía Cultural por todo el continente, desde los Andes hasta Aridoamérica. Cada día son más las personas del amplio público interesadas en la astronomía ancestral. La "Noche de las Estrellas" celebrada en 14 sitios arqueológicos en México en el año 2009, *Año Internacional de la Astronomía*, lo demostró con miles de asistentes apostados en los sitios arqueológicos con sus telescopios para ver el cielo, evento en el que participamos instalados en Calixtlahuaca, estado de México. El año 2012 fue extraordinario a nivel mundial por el discurso simplista y alarmista del fin del mundo marcado por el "13 baktún del apocalipsis maya". En ese mismo año, tuvimos la oportunidad de colaborar con Guillermo de Anda de National Geographic y proponer la alineación del

3 Sobre la institucionalización de las ciencias véase la propuesta de Kuhn en Montero [2000: 346-350].

4 Más información al respecto en <www.arqueoastronomia.org/siac.htm>.



ARRIBA

Conferencia magistral para la clausura del *Año Internacional de la Luz*, UNESCO (2016) en Chichén Itzá presentada por Arturo Montero con una disertación sobre el paso cenital del Sol.

vértice NE y escalinata W de la pirámide de El Castillo con el paso cenital del Sol, investigación que sería ampliamente difundida no solo por *Nat Geo* sino por diferentes medios. Finalmente, dos elocuentes esfuerzos por la divulgación de la arqueoastronomía en la zona maya que corresponden a la UNESCO,[5] donde tuvimos el gusto de participar: El congreso "El papel de la arqueoastronomía en el Mundo Maya" en el año 2014 con la participación de destacados especialistas de todo el mundo que verían publicadas sus memorias en 2016; y la clausura del *Año Internacional de la Luz* en Chichén Itzá para 2016.

1.2 El espacio y el tiempo como marco teórico referencial

En la astronomía cultural como ciencia antropológica, dos conceptos son protagónicos: el de "lugar" como un campo de interacción humana en donde se constituye la práctica que es el espacio; y el de "ciclo" como un dispositivo de medida del tiempo dotado por su propio sentido en unidades de duración diferentes y distintivas dado un ritmo de sucesiones diferenciado que es compartido por un grupo social. Así que *espacio* y *tiempo* son

5 Destacado y definitivo para el éxito de estos eventos fue la dirección de Nuria Sanz, directora y representante de la oficina de la UNESCO en México.

los criterios teóricos indispensables para la interpretación de la práctica social relacionada con los astros en el pasado.

1.2.1 El espacio

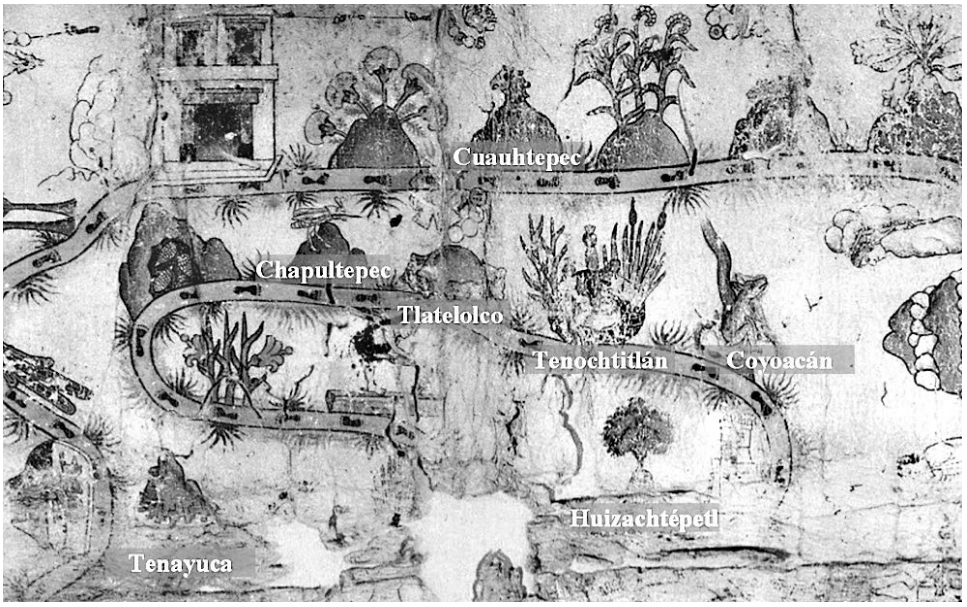
En su sentido más general, el espacio está caracterizado por la propiedad de la extensión. El espacio es una dimensión geográfica donde la calidad orográfica adquiere relevancia como discurso social. El espacio, en este sentido, es paisaje, porque en él se asimila una proyección discursiva de la sociedad que asume diferentes modalidades como lo es la iconografía de los códices de tradición mesoamericana entre los que tenemos al *Mapa de Cuauhtinchan II*. En este mapa, el espacio es paisaje. La naturaleza se socializa, y ciertos elementos conspicuos pasan a ser puntos clave y de referencia desde los cuales se organizaban las prácticas sociales y cognitivas.

Por su condición alegórica en el México antiguo, el espacio se asoció a lugares que se representaban con topónimos. En su expresión iconográfica, estos lugares no respondían a una exactitud geográfica como es preciso en nuestros tiempos. Su intención no era cartográfica, sino de ordenamiento, composición y recomposición del paisaje de acuerdo con las opciones sociales que se sucedían y a la dinámica que adquirían.

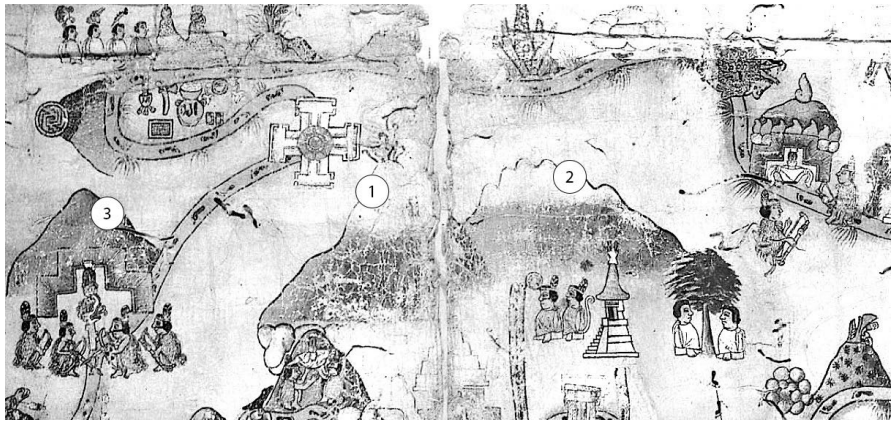
Consecuentemente, el espacio, como paisaje, es una expresión simbólica de procesos sociales y naturales de un tiempo y espacio dado. Así que recurrir a una lectura del espacio antiguo para localizar lugares como en un mapa moderno no es una tarea necesariamente útil, porque encontraremos datos discordantes.

ABAJO

Detalle del *Mapa de Cuauhtinchan II*, que corresponde con sus topónimos a la ubicación de la actual Ciudad de México.



Pero no solamente los topónimos adquieren una dimensión simbólica que se antepone a la realidad, también algunos elementos geomorfológicos presentan categorías iconográficas que no son congruentes con el plano visual. En la siguiente ilustración, el mismo *Mapa de Cuauhtinchan II*, muestra las representaciones del Popocatépetl y la Iztaccíhuatl desproporcionadas en superficie si las comparamos con los cerros circundantes. Esto es así porque las comunidades imponían un orden conceptual a los montes en aspectos propios de su experiencia simbólica. Estaban ausentes de elaborar sistemas de clasificación exhaustivos a la manera de las modernas taxonomías orográficas. Opino que los individuos de esos tiempos se encontraban vinculados a las propiedades fenomenológicas de cada montaña o cueva más que a otro prototipo de clasificación.



ARRIBA

Popocatépetl (1) e Iztaccíhuatl (2), las principales prominencias del Altiplano Central aparecen rodeadas de montes de menor altitud como el cerro Chalcatzingo (3) a la izquierda, que por su volumen y composición iconográfica parece ser más significativo que el mismo Popocatépetl según el *Mapa de Cuauhtinchan II*.

Insistiendo en la orografía, la importancia de las cuevas, cenotes, lagunas o montes no depende de sus características en volumen, altitud o profundidad, sino de la manipulación que hacía la colectividad de ciertas clases de recursos naturales, rituales y de consumo que producían estímulos para ellos, cualesquiera que fueran sus fines. En sí, no eran necesarios los detalles geográficos o biológicos para determinar el rango o estatus de una montaña, sino su asimilación cualitativa como lo es para las sociedades primigenias [véase Hallpike, 1986: 249].

Estos ejemplos demuestran cómo cada sociedad integra su propia definición de naturaleza. Socializar la naturaleza parte de un sentimiento de clasificación y ordenamiento, donde todo el Universo responde a una necesidad intrínseca de categorización. Esta exigencia de orden está en la base que gobierna el pensamiento por más antiguo que lo consideremos. Nada escapa a esta tarea, a todo le es asignado un lugar: sólo el orden permite conjurar la destrucción del cosmos. No importa cuán incipiente sea una comunidad en su nivel de conocimiento, porque en

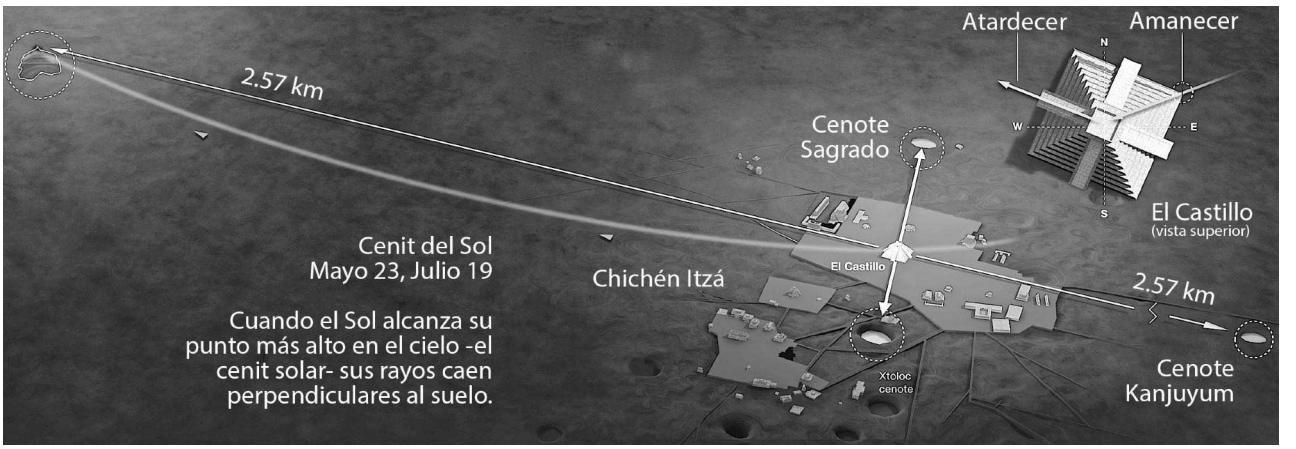
cuanto más primigenia es, menos necesita saber los detalles de su ambiente para desarrollar su conducta [Geertz, 2000:79].

El ordenamiento a que hacemos referencia adquiere distintas pautas de codificación: para las sociedades de cazadores recolectores, el territorio es el que define una identidad; para un grupo sedentario es un punto específico o un rasgo concreto, como lo son las montañas, las cavernas y los cuerpos de agua a quienes los antiguos ocupantes de Mesoamérica les asignaron historias y discursos. No importa que la transformación que hicieron de la naturaleza nos parezca exiguamente material, ya que al menos sí lo fue significativamente imaginativa.

El espacio no es un actor mudo, es un testimonio de una sociedad integrada con y en la naturaleza. El espacio geográfico es una memoria que intentamos descifrar, si esto acaso es posible; y si no, al menos intentaremos una lectura e interpretación de esa sociedad que, al interactuar con la naturaleza, la hizo significante como se ha comprobado en los trabajos que hemos realizado en Chichén Itzá para National Geographic con Guillermo de Anda (2012-2013).

ABAJO

Cosmograma de Chichén Itzá respecto a la pirámide del Castillo, donde el espacio llano de la península de Yucatán con sus cenotes conforma un paisaje ritual. *National Geographic*, agosto de 2013 [Guillermoprieto, 2013: 110-111; ilustración de Juan Velasco, NGM y Hernán Cañellas].



1.2.2 El tiempo

El tiempo es una construcción mental. Se tiene conciencia del tiempo y, sobre él, se crean sus propios paradigmas. Es una categoría de análisis simbólico que va más allá de los parámetros de un calendario con los criterios de presente, pasado y futuro. El tiempo visto así es un producto utilizado para regular a la sociedad y para desarrollar sus ideas desde un modelo cognitivo.

En Mesoamérica, el modelo de tiempo se socializó, y los tiempos se armonizaron creando cronotipos hegemónicos instaurados por un calendario solar que tenía por objetivo regular las

actividades productivas. La vida adquirió un ritmo con la programación de las actividades. El año se dividió en fracciones y así se desarrolló el concepto de tiempo cíclico, con la réplica de las tareas que se repetían anualmente. El tiempo se percibió como una estructura circular que se imponía a la vida diaria de manera inconsciente. En ese modelo cíclico, dos estructuras tuvieron que ser articuladas: una irregular que correspondía al clima y el crecimiento de las plantas; y otra regular que tocaba a la astronomía con el movimiento de los astros.

El tiempo encontró en el calendario solar de horizonte su referencia física; su punto de amarre consistía en un punto fijo para la observación cotidiana del Sol durante el amanecer y el ocaso, utilizando como referencia el aparente movimiento del Sol sobre un horizonte atiborrado de montañas, a excepción del segmento norte de la península de Yucatán que es llano. Percibían que el disco solar tenía su máximo alcance al norte para el solsticio de verano y al sur para el solsticio de invierno, en medio de esa trayectoria quedaba el equinoccio. Este movimiento regular sugirió paradigmas de una escala temporal con intervalos de duración de donde obtuvieron unidades a elegir como medida. La irregularidad del horizonte permitió optar por señalamientos en el paisaje como base de orientación temporal. Desde ciertos puntos de observación, las comunidades construyeron unidades objetivas a partir de las cuales unificaban sus conceptos en torno al tiempo.

La casualidad geográfica en el alineamiento de las montañas simplificó el aprovechamiento del paisaje. Así fue como se construyó el tiempo a través del espacio geográfico, de tal suerte que el tiempo y el espacio se hicieron inseparables en la cosmovisión mesoamericana. Era una astronomía posicional que carecía de ecuaciones complejas, pero que llegó a modelos eficientes utilizando herramientas como la astronomía cenital y el uso del gnomon para registrar el movimiento aparente del Sol.

El tiempo se hizo prolongado con la construcción de los templos que conocemos como pirámides. La arquitectura monumental nos advierte de una búsqueda de continuidad profunda, de una fijación por perdurar que también se insinuaba en las inscripciones calendáricas de estelas, esculturas y códices. Alrededor de los centros ceremoniales, con sus estructuras monumentales, giraba la vida diaria teniendo como testigo el paisaje que aseguraba la continuidad de la vida. El tiempo les parecía continuo, y su paso se señalaba en los mismos monumentos y en las tumbas de los ancestros que, a su vez, conducían al

tiempo de larga duración o cuenta larga.[6] Los ancestros personificaban la presencia del pasado en la vida presente, eran el puente al tiempo histórico, que al resaltar sus virtudes los convertía en héroes culturales emparentados con los mismos dioses. Los ancestros también eran los protagonistas del tiempo mítico, cuando las imágenes prototípicas de los axiomas de la cultura, legitimados por ellos mismos como héroes culturales, proveían desde la antigüedad a la comunidad de una pertenencia: una identidad. Más atrás quedaba el tiempo cósmico, el tiempo de los dioses con la creación de las montañas, de las cuevas, de los mares y de todos los elementos.

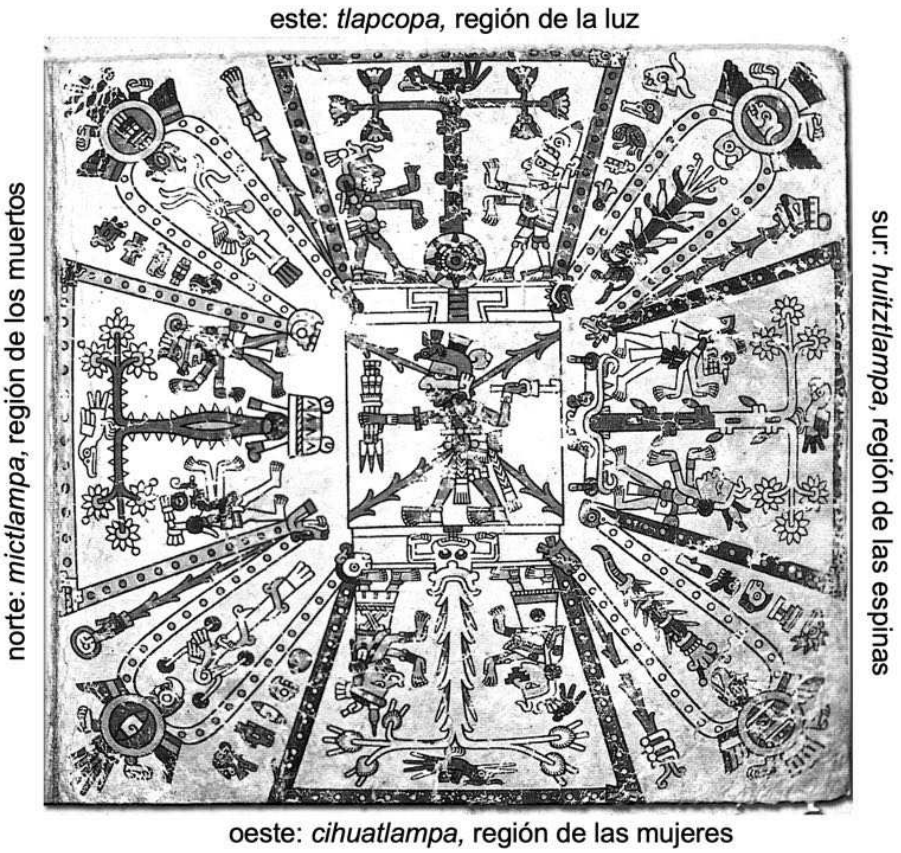
Las pirámides de toda Mesoamérica nos conducen por un tiempo lineal, que adivina el plan divino del cosmos, de un mundo único, *Unus mundus*, de la sapiencia de los dioses, *Sapientia Dei*. Ahí está representado el arquetipo del mundo, *Archetypus mundus*, la existencia temporal de todos los patrones arquetípicos. Tiempo lineal en las fases de los templos y en la elaboración de las estelas como signos palpables del paso del tiempo, de su fluir. Tendencia de ver el tiempo en forma lineal a través de las dinastías mayas, por ejemplo.

La manipulación del tiempo arremete en la diferenciación social. En su aspecto cognitivo, el tiempo adquiere una diferenciación clasista. Se convierte en información especializada que en ocasiones desarrolla técnicas mánticas con las que los sacerdotes pretendían tener facultades para leer la voluntad de los dioses a través de la adivinación. Se hacía un mapeo con matrices interpretativas a las que asignaban significados dadas ciertas preguntas como el caso del *tonalpohualli*.[7] A la manera de un oráculo, el calendario adivinatorio era muy importante para establecer el orden entre el caos, en busca de apaciguar la contingencia en la vida cotidiana.

Antes de concluir este apartado, es necesario apuntar que las representaciones de líneas y puntos en secuencias plasmadas sobre rocas realizadas por comunidades preagrícolas en Mesoamérica no son necesariamente un calendario, son más bien una

6 Cuenta larga es la denominación de un calendario vigesimal mesoamericano no repetitivo, empleado por varias culturas a partir del período Preclásico Tardío. Es especialmente conocido por los registros mayas que emplearon este sistema, aunque las inscripciones más antiguas proceden de Chiapa de Corzo y son anteriores a la era cristiana. Su amplia difusión en la región maya ha ocasionado que sea conocido únicamente como calendario de cuenta larga maya. Empleando una cuenta vigesimal modificada, este sistema de registro calendárico identifica su fecha de inicio para el 13 de agosto de 3114 a. C.

7 El *tonalpohualli* es un calendario adivinatorio prehispánico cuya expresión pictográfica se llama *tonalámatl* que es el libro de los destinos.



notación. Que si bien podían marcar el cambio en las fases de la Luna, o variaciones en los procesos naturales que se utilizaban para moderar los tiempos, no alcanzaron un sistema formal, y solo eran coincidentes con momentos productivos esenciales. En esas sociedades muy antiguas, el sistema de clasificación se hacía con base a esquemas conceptuales asociados a la simple oposición binaria de eventos recurrentes con las actividades económicas. Por lo tanto, la duración no era importante, sino la



ARRIBA

Portada del *tonalámatl* denominado *Códice Fejérváry-Mayer*, calendario adivinatorio prehispánico de tradición mixteca para comprender el mundo, representarlo y actuar en él. El diseño cruciforme es la concepción simbólica del universo: dioses, trecenas y días repartidos a los cuatro rumbos del mundo y el centro.

IZQUIERDA

Petroglifo en Boca de Potrerillos , Nuevo León, detalle de una notación en una de las 4 mil rocas con grabados orientadas hacia el este.

secuencia. Vivían en un "eterno presente", careciendo de una división estricta entre el pasado y el futuro, pues la alteración moderada que hacían de la naturaleza les hacía percibir al mundo como estático. Estas notaciones o registros muestran unidades de días en conjuntos numéricos, que bien podrían tener como unidad básica el mes lunar, el cual no es sincrónico y sí oscilante, pero que era suficiente para las necesidades cognoscentes del hombre primigenio.

ABAJO

Conjugación del espacio y el tiempo en el paisaje mesoamericano. El Sol levanta sobre la cima del volcán Iztaccíhuatl (la mujer dormida), la alineación entre la montaña como espacio y el Sol como tiempo marca el inicio del año mexica. Fotografía de Jorge Obregón desde el sitio arqueológico Cocotitlán, el 12 de febrero de 2021.



Al menos desde hace tres mil años, en el período Preclásico, se seguía un sistema práctico de seguimiento del tiempo en Mesoamérica. La posibilidad de estudiar este concepto, desde los espacios arquitectónicos, en donde convergían las estructuras, o desde los adoratorios en las montañas y en las cavernas, es una herramienta conceptual útil que nos permite analizar la forma de vida de antaño teniendo como herramienta metodológica a la arqueoastronomía.





2
La observación del cielo

2.1 Concepto de astronomía

La astronomía es la ciencia que se ocupa del estudio de los cuerpos celestes del universo. Es una de las pocas ciencias donde los aficionados aún pueden desempeñar un papel activo. Etimológicamente, la palabra "astronomía" proviene del griego *άστρον* 'astron', "estrella". La mayor parte de las ciencias utilizan el sufijo griego *λογια* 'logía' "tratado o estudio". De hecho, "astronomía" debería llamarse "astrología", pero esta denominación ha sido ocupada previamente en términos históricos por la pseudociencia que hoy en día intenta relacionar las características de una persona y su vida con un signo zodiacal. Por ello, no debe confundirse la astronomía con la astrología.[8]

En el México antiguo, había una astrología particular, sucede que cuando un niño nacía lo primero que hacían los padres era llamar al *tonalpouhque*, adivino, para que les dijera el signo del día y el destino del recién nacido según el *tonalpohualli*. Preguntaba la hora del nacimiento y consultaba el *tonalámatl* que era el libro de los destinos para encontrar el día que le correspondía; indagaba si había nacido de día o de noche o pasada la

ENFRENTE

Noche de estrellas en Uxmal: entre la arquitectura ancestral y un moderno telescopio tipo Schmidt-Cassegrain sobre montura ecuatorial. Fotografía, Sociedad Astronómica de la UADY, 2015.

8 La astrología sostiene que las posiciones de los astros guardan relación con los rasgos de la personalidad de una persona, con los sucesos importantes de su vida y con sus características físicas.

medianoche o antes de la misma, a fin de determinar qué día le correspondía exactamente. Si nacía justo en la medianoche le tocaban los signos de ambos días: el de antes y el de después de la medianoche. Ya determinado anunciaba si el signo del día era afortunado o no lo era, si era fausto o nefasto.

DERECHA

Un *tonalpouhque*, "el que posee la cuenta de los días" muestra a una madre la fecha ritual de nacimiento de su hijo, en esta ilustración se trata del día 10 Conejo, *Códice Florentino*, libro IV, capítulo XIV.



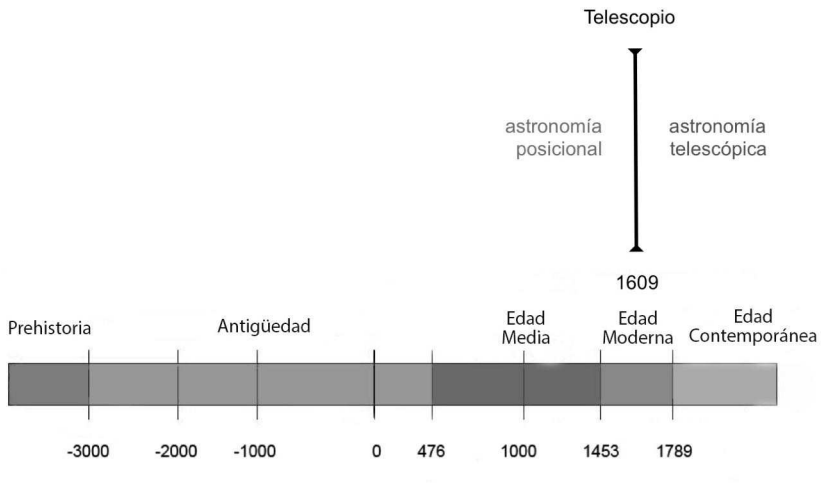
En casi todas las religiones antiguas, existía la cosmogonía,[9] que intentaba explicar el origen del universo, ligando éste a los elementos mitológicos, así que la astronomía es tan antigua como la historia del ser humano. Antiguamente, se ocupaba únicamente de la observación y predicciones de los movimientos de los objetos visibles a simple vista, quedando separada durante mucho tiempo de la física. Actualmente, podemos citar múltiples campos de estudio de la astronomía como la astrometría, la cosmología, la astronomía galáctica, la astrofísica, la astrobiología y, por supuesto, la arqueoastronomía.

2.2 Breve historia de la astronomía

En la actualidad nos parece difícil concebir observatorios prehispánicos, porque la palabra hace pensar en una gran cúpula con un telescopio de largo alcance; en cambio los edificios mesoamericanos destinados a la observación del cielo distan de este diseño. De

9 El lector debe guardar precauciones para no confundir la cosmogonía con la cosmología. La cosmología es la ciencia moderna que estudia la historia del universo desde su nacimiento, evolución y destino. Un buen ejemplo es la Teoría de la Gran Explosión (Big Bang). En tanto la cosmogonía apunta a la narración mítica que ofrece una respuesta al origen del universo y de la propia humanidad.

alguna forma, la historia de la astronomía puede dividirse en dos etapas fundamentales: la astronomía posicional que corresponde al mundo antiguo, sin el uso de instrumentos especializados; y la astronomía instrumental, que valiéndose en un inicio del telescopio, para el año de 1609 cambió el rumbo de la astronomía. En 1609, Galileo Galilei con uno de sus telescopios miró el cielo nocturno y realizó descubrimientos asombrosos que cambiaron la concepción de la humanidad respecto al universo: montañas y cráteres en la Luna, una multitud de estrellas invisibles a simple vista, y lunas alrededor de Júpiter. En el mismo año, Johannes Kepler publicó su trabajo *Astronomía Nova*, en el que describió las leyes fundamentales del movimiento de los planetas.



IZQUIERDA

El año de 1609 d. C. marca un hito en la historia de la astronomía en el mundo.

La moderna astronomía utiliza tecnología muy avanzada que simplemente no se desarrolló sino hasta el siglo pasado. Actualmente, la mayoría de las observaciones se realizan utilizando el espectro electromagnético. Por otra parte, la radioastronomía se destaca por estudiar radiaciones minúsculas con una longitud de onda de unos cuantos milímetros. Estas ondas de radio suelen ser originadas por objetos fríos, incluyendo gas interestelar y nubes de polvo. La radiación cósmica de microondas de fondo es la luz de la Gran Explosión (Big Bang) con un corrimiento al rojo. Los púlsar, por ejemplo, fueron detectados por primera vez a través de microondas. El estudio de estas ondas requiere de radiotelescopios muy grandes, uno de los cuales está emplazado en México, y en el cual el equipo de iTiO[10] ha colaborado desde 1998 liberando arqueológicamente el espacio donde ac-

10 Participaron también Jesús Galindo de la UNAM y Stanisław Iwaniszewski del INAH, gracias al patrocinio de Tim Tucker de la Mesoamerican Research Foundation.

tualmente se levanta el Gran Telescopio Milimétrico (GTM)[11] y con trabajos de divulgación de la ciencia hasta el cierre de esta edición (2023), no solo con el GTM sino también con la Agencia Espacial Mexicana.



ARRIBA

Panorámica del Gran Telescopio Milimétrico, se levanta en la cima del volcán Sierra la Negra a 4600 $^{m}/_{nm}$, a la derecha apreciamos su vecino: el volcán Pico de Orizaba.

Continuando con las modernas modalidades de la astronomía, destaca la astronomía infrarroja que estudia las radiaciones con longitudes de onda demasiado largas para ser visibles, pero más cortas que las ondas de radio. Las observaciones infrarrojas suelen realizarse con telescopios similares a los telescopios ópticos habituales. Objetos más fríos que las estrellas, como lo son los planetas, se estudian normalmente a frecuencias infrarrojas. También, cabe mencionar que la astronomía con rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma se utiliza en los estudios de los procesos energéticos como los púlsares binarios, agujeros negros, y las estrellas de neutrones, entre otros cuerpos celestes. Estos tipos de radiación no atraviesan la atmósfera terrestre, por lo que son estudiados desde telescopios espaciales como el RXTE, el observatorio de rayos X Chandra y el observatorio de rayos gamma Compton.

La astronomía óptica es el tipo más antiguo de astronomía instrumental. Sus herramientas más comunes son los telescopios y los espectroscopios. La atmósfera terrestre interfiere en mayor o menor medida con las observaciones ópticas, así que se utilizan ópticas adaptativas y el telescopio espacial Hubble para obtener la mayor calidad de imagen posible. En este rango, las estrellas son altamente visibles, y pueden observarse espectros químicos para estudiar la composición de estrellas, galaxias y nebulosas.

En el caso que nos ocupa con la astronomía prehispánica en Mesoamérica, fijamos nuestra atención en la astronomía posicional. La contemplación celeste en la época mesoamericana era

11 El Gran Telescopio Milimétrico (GTM) es el radiotelescopio más grande del mundo en su rango de frecuencia. El diseño contempla una antena de 50 metros de diámetro y un área de recolección de 2000 m². Se encuentra en la cima del volcán Sierra Negra, a 4,600 $^{m}/_{nm}$ en el estado de Puebla.

predictiva. Se anteponía a los fenómenos celestes marcando con precisión, al menos, solsticios, equinoccios, pasos cenitales del Sol, períodos sinódicos de los planetas, sobre todo Venus, fases lunares y, con cierto grado de certidumbre, eclipses por parte de los mayas. Consideramos que esto hace del conocimiento ancestral una ciencia; sin embargo, esta ciencia no estaba ausente de una carga simbólica,[12] pues el registro de eventos astronómicos era una forma de entender la voluntad divina. Así que los observatorios astronómicos prehispánicos también eran templos, en los cuales había cabida para la observación sistemática del cielo y el culto religioso por parte de sacerdotes que, a su vez, eran astrónomos.



IZQUIERDA

El Señor 4 Ciervo, acaso la personificación de un astrónomo por su tocado estelar, el instrumento que porta de varas cruzadas y el glifo de año que lo distingue en la espalda. *Códice Bodley*, página 19.

Según Aveni [1991: 28-29], fue la antropóloga Zelia Nuttall quien sugirió por primera ocasión que el par de varas cruzadas tan prominentes en muchos de los códices prehispánicos, como el caso del Señor 4 Ciervo, fueran un dispositivo de observación. Como vemos también en las siguientes figuras, un observador atisba desde el interior de un templo con un par de barras cruzadas, como para fijar el lugar de un fenómeno astronómico sobre el horizonte, lo cual nos hace pensar que algunos templos funcionaban como observatorios astronómicos. Es posible que los astrónomos ancestrales, además de alinearse con las varas, les hicieran incisiones para utilizarlas como una mira o visual delantera que estaría contrapuesta a otra utilizada como alza o retrovisual. De tal suerte que cualquier observador podía determinar la posición de un objeto cercano al horizonte con gran

12 Como también la ciencia moderna, pues como producto humano no puede estar ausente de un imaginario colectivo.

precisión. Así que las varas habrían de colocarse en posiciones fijas para registrar la ubicación en el firmamento de un cuerpo celeste. Cuando el cuerpo volvía a su posición entre las incisiones, el astrónomo podría determinar la longitud del ciclo de ese cuerpo celeste. También es posible que algún detalle prominente del paisaje funcionara como punto de mira natural. En uno u otro caso, el edificio destinado a la observación habría tenido que orientarse con exactitud a un azimut específico según sus intenciones.



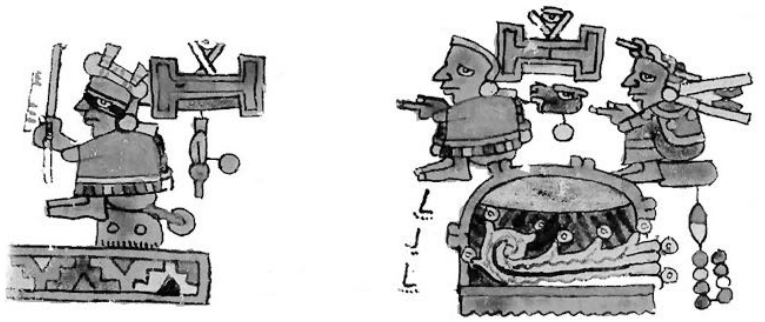
ARRIBA

Dos templos mixtecas muestran varas cruzadas como instrumentos propios de la astronomía posicional prehispánica. *Códice Bodley*, páginas 20 (izquierda) y 15 (derecha), período Posclásico, principios del siglo XVI d. C.

No tenemos posibilidad de saber si las varas eran verdaderos dispositivos de observación capaces de ofrecer medidas angulares que pudieran determinar la separación de un par de objetos celestes, o si sencillamente funcionaban como una guía para que el observador realizara una operación ritual vinculada al objeto en cuestión [Aveni, 1991: 29]. Sabemos que la observación del orto y el ocaso del Sol, Venus y otros cuerpos celestes era de suma importancia para Mesoamérica; como son fenómenos que se producen a lo largo del horizonte, podemos establecer una sólida relación entre el perfil orográfico y el movimiento de los cuerpos celestes.

Es interesante ver en la iconografía cuando el ojo del observador y las varas se vinculan con un juego de pelota, tal y como se aprecia en el *Códice Selden*, página 5. El juego de pelota con su forma de "I" latina poseía gran importancia ritual y posiblemente astronómica, de tal manera que también funcionaba como instrumento de observación como suponemos para Xochicalco, a manera de ejemplo, donde el juego de pelota está alineado al equinoccio con una desviación de unos cuantos minutos de arco en la dirección este-oeste.

Sin duda, el más espectacular de los observatorios prehispánicos es El Caracol en Chichén Itzá, pues su estructura parece similar a los modernos observatorios astronómicos, en cuanto que



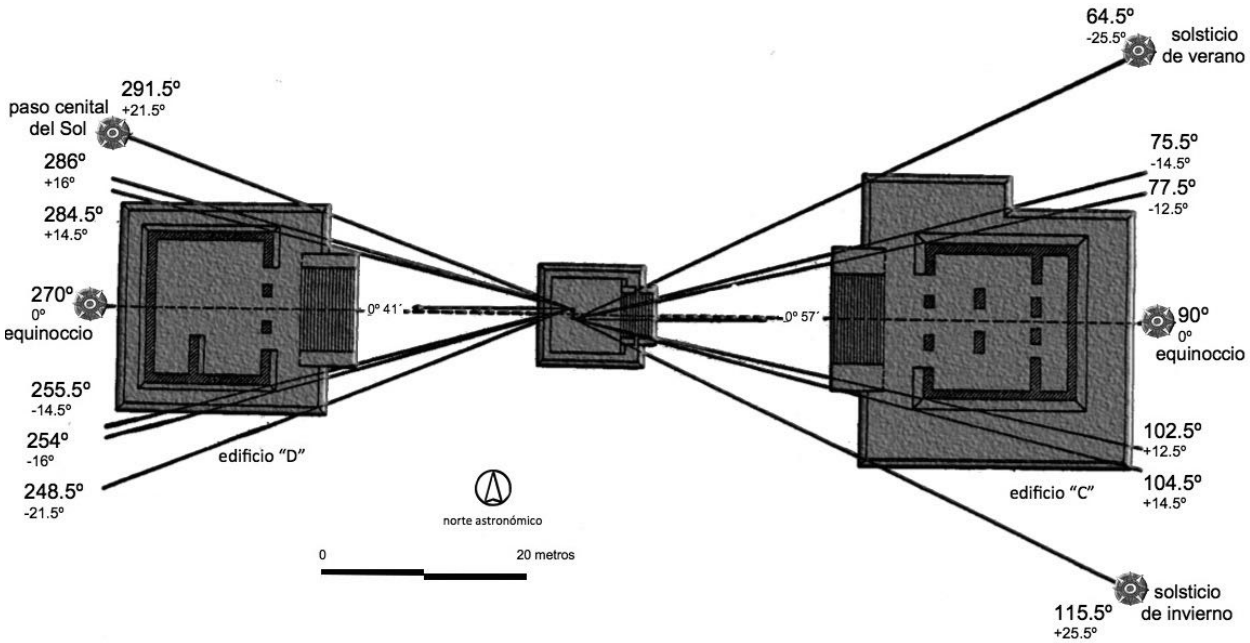
IZQUIERDA

En el *Códice Selden*, página 5, apreciamos dos juegos de pelota con varas de observación instaladas en lo que suponemos un arreglo del edificio como instrumento ritual y astronómico.

tiene una bóveda y ventanillas para la observación del firmamento. Sin embargo, la mayoría de los edificios relacionados con la observación de los astros en la antigua Mesoamérica presentan características totalmente distintas en cuanto a su forma. Por ejemplo, en Uxmal, el Palacio del Gobernador (pp. 106), además de haber desempeñado la función de sede del poder político, era una construcción relacionada con algunas deidades y marcador astronómico, en tanto que su fachada es parámetro del Sol durante todo el año, y sus muros laterales están alineados con las máximas declinaciones del Sol, que corresponden a los solsticios de invierno y verano. Lo anterior se supone servía para llevar un registro del tiempo; así pues, el edificio articulaba un sistema calendárico además de ocuparse de asuntos administrativos. Tal vez uno de los ejemplos más significativos por su sencillez geométrica y explicitud de orientación a solsticios, equinoccios y pasos cenitales del Sol es Xochicalco en la Plaza de la Estela de los Dos Glifos.

ABAJO

Alineación astronómica de la Plaza de la Estela de los 2 Glifos en Xochicalco propuesta por Tichy 1978 y Aveni 1977, adaptación del autor.





ARRIBA

Alrededor del año 500 a. C. se erigieron las estelas 12 y 13 de Monte Albán, son la evidencia más antigua del calendario de 260 días y el ciclo de 52 años. La estela de la izquierda, que es la 12, muestra en la parte superior el signo de año, por debajo el numeral "4" como su denominativo.

Las manifestaciones más tempranas de la astronomía posicional en Mesoamérica se registran para el sitio olmeca de La Venta (900-600 a. C.); hasta la fecha es el centro urbano más antiguo del cual tenemos evidencia de orientaciones para sus edificios con referencia al movimiento del Sol, y de esta forma, acordes con los ciclos agrícolas. Por otra parte, los registros más antiguos de inscripciones calendáricas combinadas se aprecian en las estelas 12 y 13 de Monte Albán. Estos glifos con más de dos mil años de antigüedad parecen indicar los nombres de los días asociados con numerales acompañados por la representación del año, lo que hace pensar que los pueblos mesoamericanos usaban registros calendáricos combinados de 260 y 365 días desde épocas tempranas [Villaseñor, 2012: 36].

Para el lector que desee conocer con detalle la historia antigua y moderna de la astronomía en México, recomendamos la lectura del libro *Historia de la astronomía en México*, compilado por Arturo Moreno [1982], texto que reune las memorias del simposio homónimo, fue editado por la UNAM.[13]

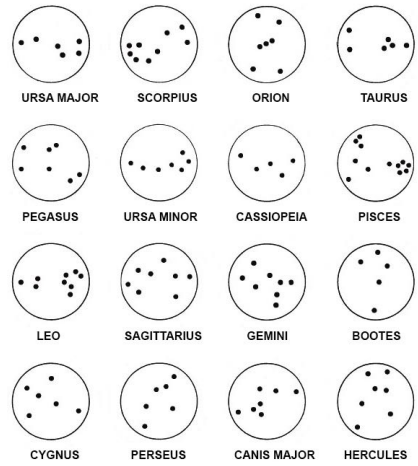
2.3 Levantando la mirada al cielo diurno y nocturno

Hay una multitud de objetos moviéndose constantemente por el cielo. Por las noches, vemos un telón que es el firmamento con sus estrellas componiendo constelaciones y asterismos. Todas parecen estar a la misma distancia de nosotros. Es como si formaran una esfera de radio indeterminado que gira sobre nosotros de este a oeste. Todas se mueven manteniendo la misma distancia entre ellas, pero por ser una esfera, cada noche solo apreciamos una mitad. Las restantes, por la luz del Sol durante el día, son invisibles. Así que conforme pasa el año vamos viendo las demás a diferentes horas; parecen innumerables. Antiguamente se podían contar hasta cinco mil, hoy en día, por la contaminación lumínica, a lo más vemos dos mil. Cierto es que no todas brillan con igual intensidad, son de diferente magnitud. Pero en este telón estelar, hay estrellas que no respetan el movimiento colectivo, no siguen el orden de la mayoría, parecen vagabundas, van por el cielo con trayectorias distintas, son los planetas. La Luna es otra irreverente del orden colectivo, muestra sus propias fases y sus movimientos son complejos. También observamos a los impredecibles cometas

13 Puede consultarse en línea en la siguiente dirección <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/04/html/astrono.html>.

y las lluvias de estrellas danzando por el cielo en su efímera existencia. Finalmente, el omnipresente Sol, opacando a todos con su luz durante el día con su propio movimiento, dominando así en la esfera celeste. En suma, tenemos una mecánica compleja que requiere de fijar posiciones para su entendimiento, por eso la astronomía encuentra fundamental el uso de coordenadas celestes.

Las coordenadas celestes son el conjunto de valores que, de acuerdo con un determinado sistema proporcionan la posición de un cuerpo celeste. Existen diversos tipos de coordenadas según su origen y plano de referencia. Para cumplir con los objetivos de este texto, atenderemos dos tipos de notaciones útiles para fijar la posición; pero antes de pasar a las coordenadas ecuatoriales y altazimutales, es necesario considerar como punto de partida el plano de la eclíptica.



ARRIBA

Las principales constelaciones o asterismos de la esfera celeste para la cultura Occidental.

2.3.1 Plano de la eclíptica

La órbita de la Tierra alrededor del Sol define el plano de la eclíptica. Es una línea curva por donde transita el Sol en su movimiento aparente alrededor de la Tierra. Esta línea imaginaria es recorrida por el Sol a lo largo del año respecto a un fondo inmóvil de estrellas que conforman el zodiaco.[14] El zodiaco es una banda de 8º a cada lado de la eclíptica. Esta no es una medida azarosa, sino que determina la máxima latitud celeste que alcanza la Luna. Los antiguos la llamaron eclíptica porque en ella se producían los eclipses.

En astrología, el zodiaco está basado en la división en doce partes de la banda celeste sobre la cual trazan sus trayectorias el Sol, la Luna, y los planetas, avanzando un sector por cada mes del año. Cada sector contiene la constelación tradicional a la que debe su nombre. Los babilonios y griegos dividieron esta banda en doce partes iguales, siendo cada una de ellas un sector del cielo con una extensión de 30º de arco.[15] Otras culturas con tradición astrológica como la china y la maya otorgaron también una importancia especial a esta región del cielo, aunque

14 Del griego *zoon diakos*, que significa rueda de los animales.

15 El sistema de numeración asirio-babilónico era sexagesimal. De aquí se deriva el uso moderno de 60 segundos en un minuto, 60 minutos en una hora y 360 grados en un círculo. Los babilonios fueron capaces de realizar grandes avances en matemáticas gracias al número 60, pues cuenta con varios divisores 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 y 60, lo cual facilita los cálculos sin fracciones. Por cierto, en trigonometría, la prima sencilla (′) indica la precisión de minutos y la doble (″) los segundos al referirse a medidas angulares. Es común confundir la prima con el acento agudo (´), el apóstrofo (‘ ’) o la comilla simple recta (`). Tampoco confundir el símbolo de grados (°) con el de indicador ordinal (º).

contemplaban un zodiaco diferente y con un número distinto de constelaciones. El zodiaco posee una importancia fundamental en la astrología occidental. Inicia en el equinoccio de primavera y continúa hacia el este a lo largo de la eclíptica. Cada noche veremos constelaciones zodiacales diferentes a medida que la Tierra orbita alrededor del Sol. Van desplazándose en el cielo nocturno a lo largo del año, desapareciendo de nuestra vista y volviendo a aparecer en la misma posición justo un año después, fenómeno que trataremos más adelante en el apartado *2.5.6 El orto y el ocaso heliaco*.

La eclíptica está inclinada respecto al plano del ecuador. La oblicuidad de la eclíptica fue medida por el astrónomo griego Eratóstenes en el siglo III a. C., dándole un valor de 23° 51' 19", aunque algunos historiadores sugieren que el cálculo de éste fue de 24°, debiéndose el dato preciso a posteriores observaciones de Claudio Ptolomeo.

Las órbitas de la mayor parte de los planetas del Sistema Solar están contenidas en la eclíptica o muy próximas a ella, a excepción de Plutón, pues nuestro Sistema Solar se formó a partir de un gigantesco disco de materia.

ABAJO

La rotación de la Tierra se encuentra inclinada respecto al plano de la eclíptica.



2.3.2 Coordenadas ecuatoriales [E]

La cuadrícula ecuatorial permanece fija con las estrellas, así que la Tierra rota y el cielo permanece fijo; por lo tanto, la ubicación de un astro no depende de la perspectiva del observador, sino del plano celeste. Esto hace de la cuadrícula ecuatorial una herramienta muy útil para la astronomía observacional, pues todos los observadores, sin importar su ubicación en la Tierra, comparten una misma posición para un astro. Para comprender las coordenadas ecuatoriales, partimos del ecuador celeste. Éste es un gran círculo en la imaginaria esfera celeste que se proyecta en el mismo plano que el ecuador terrestre y, por tanto, es per-

pendicular al eje de rotación de la Tierra. En otras palabras, es la proyección del ecuador terrestre en el espacio. Como resultado de la inclinación que presenta el eje de rotación de la Tierra, el ecuador celeste tiene una inclinación de 23º 27' con respecto al plano de la eclíptica. Los dos puntos de la esfera celeste en los que se corta la eclíptica con el ecuador celeste son los equinoccios, suceden alrededor de dos fechas: el primero el 21 de marzo en el denominado Primer Punto de Aries; y el segundo alrededor del 23 de septiembre en el Primer Punto de Libra. Cabe mencionar que en la actualidad ninguno de los equinoccios se encuentra en la constelación que le dio nombre debido al movimiento de precesión.



ARRIBA

Exposición fotográfica con obturador abierto por un lapso de tiempo determinado para captar el aparente movimiento del cielo destacando el ecuador celeste como una línea recta luminosa y el polo norte celeste al centro del círculo. A este tipo de fotografía se le denomina senda estelar.

Las coordenadas ecuatoriales determinan la posición de un objeto en la esfera celeste respecto a sus ejes que son el ecuador celeste y el Primer Punto de Aries. Estos ejes se denominan ascensión recta y declinación. Son equivalentes a la latitud y longitud geográfica.

- La ascensión recta equivalente a la longitud terrestre. La ascensión recta se mide a partir del Primer Punto Aries en horas, minutos y segundos hacia el este a lo largo del ecuador celeste. La "hora" es una medida angular utilizada en astronomía que equivale a 15º. Tiene su origen en que la Tierra gira 15º en una hora como unidad de tiempo. La ascensión recta toma valores que van desde 0 horas hasta 24 horas, subdividiéndose en 60 minutos y estos, a su vez, en 60 segundos. Se representa abreviada como AR, o por la letra griega *alpha* α.
- La declinación es el ángulo que forma un astro respecto al ecuador celeste. Se mide en grados y es positiva si está

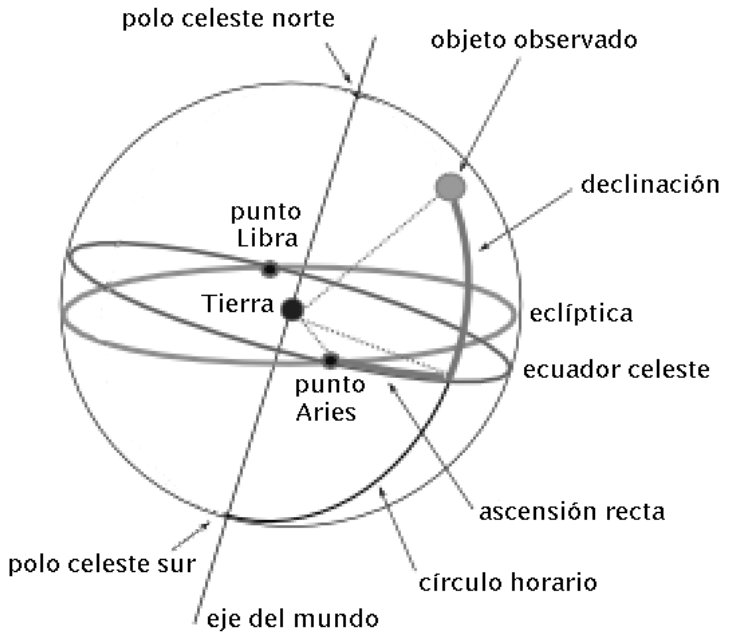
al norte del ecuador celeste y negativa si está al sur. La declinación es comparable a la latitud geográfica, que se mide sobre el ecuador terrestre. Una vez obtenida la declinación, el valor obtenido será la declinación aparente y, si se desea conocer la declinación real, es preciso tener en cuenta ciertas correcciones. Se representa abreviada como DEC o por la letra griega *delta* δ.

Por ejemplo, la localización de la estrella Betelgeuse de la constelación de Orión es:

$$\alpha = 05^{h}55^{m}19^{s} \quad / \quad \delta = +07°24'25"$$

DERECHA

Coordenadas ecuatoriales



Al operar coordenadas ecuatoriales, debe considerarse que las estrellas en el cielo han cambiado de posición por diversos factores a través de los siglos. Por este motivo, algunos planetarios como *Stellarium* v. 0.19.2[16] ofrecen al usuario la oportunidad de conocer tanto la posición de un cuerpo celeste para el 1 de enero del año 2000 d. C. denotado como J2000, como la posición histórica que el usuario ingresa al programa, la cual se presenta entre paréntesis como (de fecha).

16 *Stellarium* es un programa simulador del cielo de uso libre con tecnología gráfica Open GL. Muestra estrellas, constelaciones y objetos del sistema solar con todo realismo en 3D. Puede descargarse para diferentes plataformas e idiomas en el sitio <http://www.stellarium.org/es/>.

2.3.3 Coordenadas altazimutales [z]

A diferencia de la cuadricula ecuatorial, la cuadrícula altazimutal es de índole local, esto la hace muy útil en la astronomía posicional. Esto significa que la ubicación de un astro depende de un observador apostado en un momento y lugar específico, de tal suerte que la bóveda celeste es la que está en movimiento en tanto el observador permanece fijo. Los datos de posición, que la cuadrícula altazimutal nos ofrece, son fundamentales en la elaboración de las memorias de cálculo que desarrollamos para esta propuesta de arqueoastronomía. La altura y el azimut son los ejes de las coordenadas que definen la posición de un astro:

- El azimut denotado como "z", es el ángulo o longitud de arco medido sobre el horizonte celeste que forma el punto cardinal norte y la proyección vertical del astro sobre el horizonte del observador. Se mide en grados desde el punto cardinal norte en el sentido de las agujas del reloj, o sea: norte → este → sur → oeste.
- La altura representada como "h", es el ángulo o longitud de arco vertical contado desde el horizonte astronómico hasta el astro. Su valor absoluto es siempre menor o igual a 90º. Es de valor positivo si el astro es visible, es decir si está sobre el horizonte astronómico y negativo si no es visible, es decir si está bajo el horizonte. Históricamente, para medir la altura de un astro se utilizaba un instrumento denominado sextante

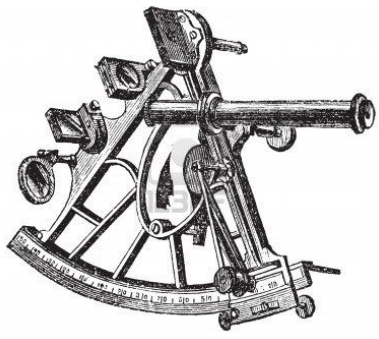
Lo siguiente es ejemplo de una notación en coordenadas altazimutales para la posición del Sol durante el amanecer del 23 de mayo del año 2012, día de su paso cenital en Chichén Itzá:

$$z = 67º41' \ / \ h = 0º15'$$

Al realizar un ejercicio de astronomía posicional utilizando coordenadas altazimutales es necesario primero marcar la "vertical del lugar", esto es fundamental porque marca una línea perpendicular al horizonte. La dirección de la vertical está determina por la gravedad que corta la esfera celeste en dos puntos: el cenit en la parte superior con valor de 90º, y el nadir en la inferior con valor -90º, la dirección de la "vertical del lugar" se determina por medio de una plomada. Por otra parte, tenemos al "horizonte" que es el circulo máximo de la bóveda celeste que resulta de dividir la misma en dos hemisferios iguales: el superior que es visible y el inferior invisible. Es necesario apuntar que el observador encontrará un "horizonte sensible" al consi-

ABAJO

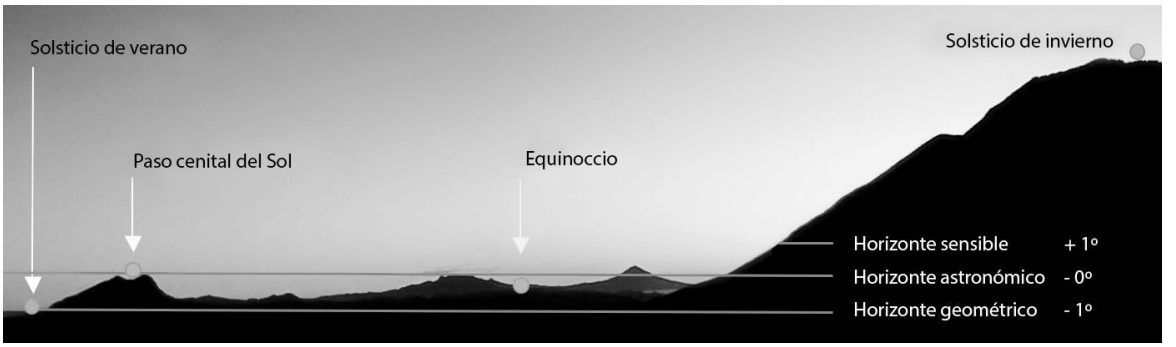
Un sextante permite medir el ángulo entre dos objetos, por ejemplo, entre el horizonte y la altura del Sol. Los navegantes, conociendo la elevación del Sol, pueden determinar la latitud con el sextante y la hora del día. El nombre proviene de la escala del instrumento que abarca 60º.



derar el perfil orográfico, y un "horizonte astronómico" que es perpendicular a la vertical del lugar y toca la horizontal con 0º de elevación, trazo que se puede obtener valiéndose de un nivel de burbuja o de un inclinómetro. Considérese también el "horizonte geométrico", que es tangente a la superficie terrestre y depende de la altitud del observador. Los horizontes geométrico y astronómico coinciden sobre el nivel del mar. Conforme se gana altitud dejan de coincidir por la curvatura terrestre, quedando por debajo el horizonte geométrico. Por eso es relevante que, al introducir los datos de posición en el *software* Stellarium, se atienda con precisión la altitud para que el planetario pueda realizar la adecuación pertinente.

ABAJO

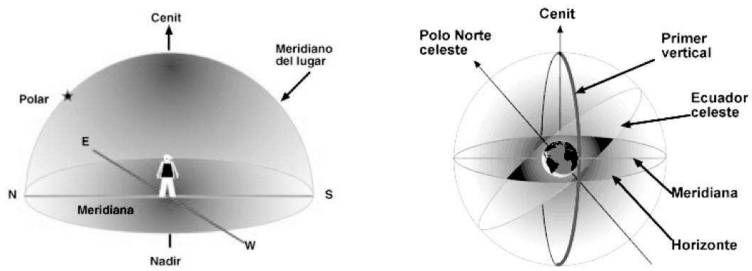
Diferentes maneras de concebir el horizonte desde el Nevado de Toluca con una altitud de 4330 $^{m}/_{nm}$.



Posterior a definir el horizonte, es necesario determinar el "meridiano del lugar", que es el círculo máximo que pasa por el cenit y el nadir a través de la línea de los polos; se completa esta indicación señalando en el piso la "meridiana" que es la línea norte → sur, trayectoria que es básica en la topografía. Finalmente, consideramos otra línea imaginaria que es el "primer vertical" como el círculo máximo este → oeste, que es perpendicular al meridiano.

DERECHA

Las líneas del cielo



Es necesario advertir al usuario que al operar las coordenadas altazimutales, considere la refracción que produce la atmósfera terrestre que nos hace ver al Sol o las estrellas por encima de su posición real, más detalles al respecto en el apartado *2.5.6 El orto y el ocaso heliaco*.

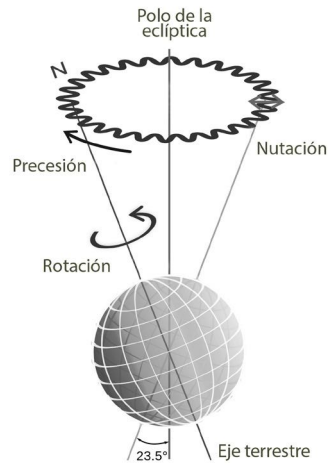
2.4 El movimiento de la Tierra

Aunque estemos sentados en nuestra casa, aparentemente inmóviles, estamos viajando por el universo a una velocidad pasmosa. Nuestro planeta gira sobre sí mismo; a su vez, circula alrededor del Sol y se mueve velozmente en torno a la Vía Láctea. Los principales movimientos de la Tierra son: traslación, rotación, precesión y nutación.

En la traslación, la Tierra viaja alrededor del Sol. Nuestro planeta se desplaza a una velocidad orbital media de 107,278 $^{km}/_{h}$, algo así como 30 km por segundo, lo cual no es nada desdeñable y de lo que no nos damos cuenta en absoluto porque somos parte de ese movimiento. La Tierra realiza una vuelta completa al Sol en un año sidéreo, cuya duración es de 365 días, 6 horas y 9.1626 minutos. Esta órbita tiene un perímetro de 930 millones de kilómetros, abarcando una distancia promedio al Sol de 150,000,000 km, distancia que se conoce como unidad astronómica (UA). Resulta interesante la conjetura de que la Tierra transite sobre su órbita casi un grado por día, en la inteligencia de que la órbita casi circular es de 360º y la duración del año de 365 días.

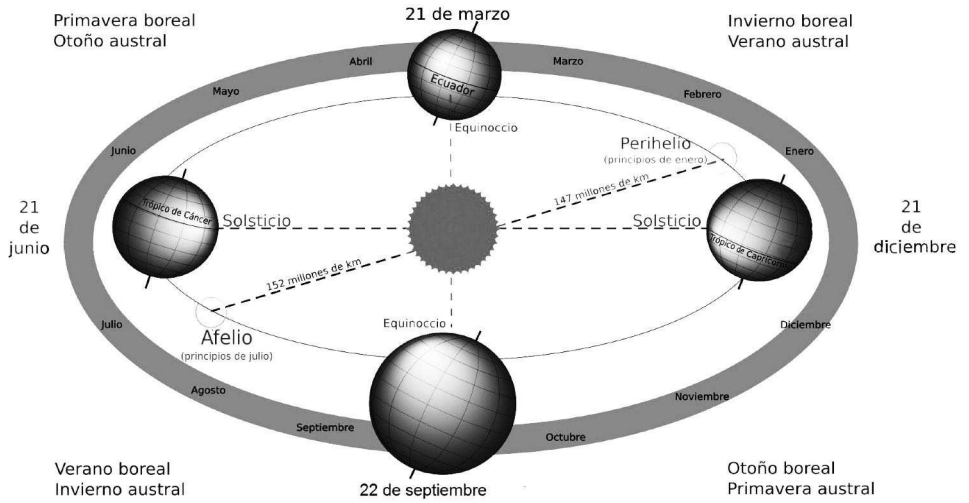
La traslación orbital de la Tierra es elíptica. Esto propicia que en algún instante esté más alejada del Sol. A ese momento se denomina afelio, sucede el 4 julio y se encuentra a 152,098,232 km del Sol. Su contraparte es el perihelio, cuando se encuentra más cerca, ocurre el 3 de enero y dista 147,098,290 km. La variación máxima de la distancia al centro es de 1.39%, lo cual, si lo trasladamos en escala a una órbita de 10 cm, significa una diferencia de 1.4 mm, lo cual es imperceptible. La consecuencia del movimiento de traslación es la sucesión de las estaciones dada la oblicuidad de la eclíptica.

Pasemos ahora a la rotación que es el movimiento que efectúa la Tierra girando sobre sí misma, lo cual determina el día y la noche. La velocidad de este movimiento varía según el lugar donde nos encontramos, de tal suerte que en los polos tiene un valor de cero y en el ecuador se incrementa a 1666 $^{km}/_{h}$. Esto significa que los cuerpos experimentan una fuerza centrífuga que varía según su latitud geográfica: es máxima en el ecuador y nula en los polos. Así que una persona parada sobre el ecuador se mueve más rápido que en cualquier otro punto de la Tierra, es como si viajara en el borde exterior de un carrusel; sin embargo nos encontramos en movimiento con el planeta, y como la velocidad



ARRIBA

La Tierra en movimiento



ARRIBA

La orbita de la Tierra alrededor del Sol define el plano de la eclíptica, por ser oblicua respecto al eje de rotación de la Tierra se producen los cambios climáticos que distinguen a cada una de las estaciones del año.

de giro es constante, no hay aceleraciones que nos den sensación de movimiento. Un efecto similar es cuando viajamos al interior de un avión.

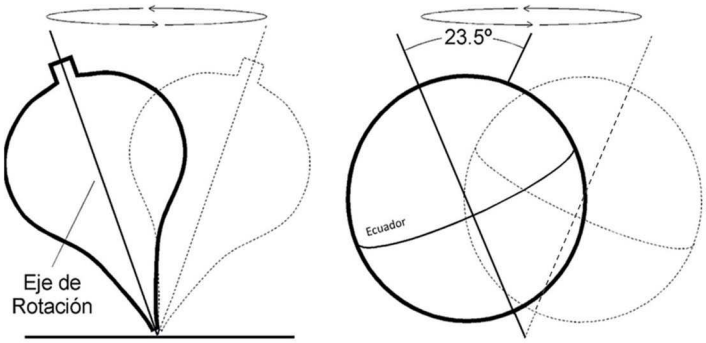
Un día tiene una duración de 24 horas, pero si en lugar de establecer la rotación de la Tierra con referencia al Sol, lo hacemos con una estrella, entonces la duración del día difiere. Al hacerlo con una estrella, ocupa 23 horas, 56 minutos y 4 segundos. A esto se le denomina día sideral o sidéreo. La diferencia de 4 minutos obedece al movimiento de traslación, por lo que se dice que el Sol se retrasa respecto a la estrella. A lo largo de millones de años, la rotación se ha ralentizado de forma significativa por interacciones gravitacionales con la Luna (efecto marea), además de que vivimos en un universo en continua expansión. Por otra parte, algunos acontecimientos de grandes proporciones, como el terremoto del Océano Índico del año 2004, han acelerado la rotación en 3 microsegundos.

Pasemos ahora al movimiento de precesión, que es muy parecido al de un trompo. Este movimiento obedece a que la Tierra no es una esfera perfecta, sino un esferoide oblato donde el diámetro del ecuador es mayor que el de los polos, produciéndose así un abultamiento ecuatorial. Como el abultamiento se sitúa de un lado de la eclíptica y la otra mitad del otro lado, cuando alguno de los dos está más cerca del Sol durante los solsticios, se ejerce mayor fuerza gravitatoria sobre esta región, con esto, el Sol trata de "enderezar" a la Tierra, que se encuentra inclinada respecto a la eclíptica. Pero durante los equinoccios, las protuberancias de cada lado de la eclíptica están a la misma distancia del Sol y, entonces no se produce momento de fuerza.[17] Este efecto,

17 Véase en la mecánica newtoniana como una magnitud vectorial.

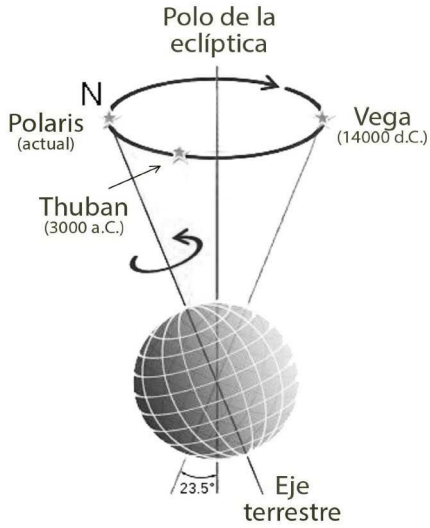
junto con la rotación, produce un pequeño bamboleo de los ejes de rotación en la Tierra, dibujando un círculo imaginario con un período o vuelta completa de 25,780 años, conocido como año platónico o ciclo equinoccial. La consecuencia más importante de este movimiento es la precesión de los equinoccios que produce un cambio de orientación alrededor del polo norte y del ecuador con respecto a la esfera celeste. Así que los puntos de referencia en el zodiaco para los equinoccios y solsticios cambian a través de los siglos, así también las coordenadas de los astros, pues están basadas en la proyección de los meridianos y paralelos terrestres; cabe mencionar que el movimiento de precesión hace variar la estrella de referencia en la proyección del norte verdadero, lo cual es muy importante a tomar en cuenta para el tema que nos ocupa de arqueoastronomía. Por otra parte, para algunos investigadores produce importantes modificaciones en el clima.

Para Aveni [1991:120], este movimiento es detectable en el transcurso de una vida humana durante el orto y ocaso de una estrella. Veamos cómo podemos explicar esta afirmación: si medimos la distancia angular recorrida por el Sol cada año, encontraremos que hay un movimiento de corrimiento del Sol respecto a la estrella de referencia en su posición anterior. Ese movimiento equivale aproximadamente a un diámetro solar por cada 35.5 años, lo que corresponde a 1º cada 71 años. El fenómeno de retrogradación del Sol y su posición en el recorrido a través de las constelaciones del zodiaco es lo que determina una "era". La duración de cada "era" no es algo que deba hacerse a través de una división aritmética, sino que depende de la longitud angular de cada casa zodiacal, ya que cada una tiene una medida diferente en el cielo existiendo unas casas más pequeñas donde el Sol puede tardar 1800 años en cruzar de un extremo a otro, u otras más largas donde puede tomarse 2500 años en su paso por la misma.



ABAJO

El movimiento de precesión de la Tierra es similar al de un trompo, con el paso del tiempo la proyección del norte verdadero encuentra diferentes estrellas como referencia.



A la precesión de la Tierra se le superpone un segundo desplazamiento que es más ligero e irregular y que asemeja una vibración, es el movimiento de nutación. Éste es producido principalmente por el efecto gravitacional de la Luna sobre el abultamiento ecuatorial, de la misma manera como el Sol produce el movimiento de precesión. La nutación consiste en un vaivén del eje polar, desplazándolo nueve segundos de arco en 18.6 años [Martínez, 2005: 68].

2.5 El movimiento celeste visto desde la Tierra

La esfera celeste es una construcción mental que creamos cuando miramos al cielo. Esta surge por la información que reciben de nuestros ojos. El tamaño y la separación de los ojos nos permite percibir el volumen de los objetos, pero sólo hasta cierta distancia por cuestiones propias de la visión estereoscópica. Posterior a esa, todos los objetos que se distinguen dan la impresión de encontrarse situados a la misma distancia, puesto que son proyectados mentalmente sobre un mismo plano. Al desplazar la vista en todas direcciones, percibimos el cielo como si fuese una inmensa cúpula limitada por el horizonte, con nosotros situados en el centro. Tal percepción, fue lo que impulsó a los antiguos filósofos a considerar que la Tierra era el centro del universo.

El movimiento de la esfera celeste es aparente y está determinado por el movimiento de rotación de la Tierra sobre su propio eje. La rotación de la Tierra, en dirección oeste → este, produce el movimiento aparente de la esfera celeste, en sentido este → oeste. Este movimiento lo podemos percibir de día por el recorrido del Sol y por las noches por el desplazamiento de las estrellas y la Luna. Cada día las estrellas atrasan su salida unos 4 minutos, de manera que, al cabo de un mes, este retraso es de dos horas, por ejemplo, Aldebarán la vemos salir por el horizonte un día a las 04:53 horas de la madrugada, al día siguiente la veremos salir a las 04:49 horas; con referencia a la Luna, esta lo hace 50 minutos más tarde cada día.

Pero no sólo apreciamos estrellas, planetas, lunas y asteroides, también hay otros objetos astronómicos.[18] Al menos cuatro galaxias y una nebulosa son perceptibles a simple vista, me refiero

18 Un objeto astronómico se puede confundir fácilmente con un cuerpo celeste. El término "cuerpo" indica un objeto simple, como un planeta y, en cambio, podemos considerar que el cinturón de asteroides es un objeto astronómico.

a la Vía Láctea para ambos hemisferios, la Gran Nube de Magallanes en el hemisferio sur, y las galaxias de Andrómeda y del Triángulo para el hemisferio norte. La Gran Nebulosa de Orión es la única nebulosa visible sin instrumentos ópticos, apenas es perceptible como un punto luminoso en la región de la espada de Orión. La galaxia de Andrómeda, en latitudes próximas a los 19º, se nota desde principios del mes de septiembre por el este, llegando a ser visible hasta mediados de enero por el oeste. Ocasionalmente y en condiciones atmosféricas excepcionales, es visible todo el año en el hemisferio norte la galaxia del Triángulo, como un diminuto punto blanco que aparece en una noche sin Luna; por cierto, es el objeto visible más lejano a simple vista, pues se encuentra a tres millones de años luz de distancia. La Vía Láctea es la galaxia omnipresente. Somos parte de ella, por eso no la vemos completa ya que nos encontramos en uno de sus brazos, así que sólo la apreciamos como una franja de estrellas de 10° de anchura a manera de una luz difusa que traviesa la bóveda celeste cortando el plano ecuatorial. Se aprecia mejor en verano pasando por el meridiano cuando parece dividir el firmamento en dos mitades como una banda que va de noreste a suroeste, justamente en el momento cuando el cielo nocturno apunta hacia el centro de nuestra galaxia.

Con referencia a las constelaciones, podemos decir que han perdido la importancia que siglos atrás poseían para la localización de las estrellas. Ahora, los astrónomos se refieren a los objetos astronómicos por su posición en la esfera celeste valiéndose del sistema de coordenadas ecuatoriales. Pocas son las líneas de investigación en la astronomía que siguen otorgando importancia al estudio de las constelaciones. Caso contrario sucede con la arqueoastronomía, que encuentra prominente la disposición de las estrellas en grupos que eran percibidos culturalmente en formas reconocibles, en una pareidolia[19] ancestral que otorgaba un significado simbólico a ciertos asterismos, lo cual tenía motivos prácticos para los propósitos del calendario, la orientación y el culto religioso. La difusión de iTiO a este conocimiento mereció el reconocimiento de la plataforma Stellarium en su versión 0.12.4 con una liga a nuestra página de Internet donde presentamos las constelaciones mesoamericanas[20] y que veremos en el próximo capítulo de esta entrega. Los límites de las actuales

19 La pareidolia es un fenómeno psicológico en el que un estímulo vago y aleatorio es percibido erróneamente como una forma reconocible, por ejemplo, el pasatiempo de encontrar formas conocidas en las nubes.

20 Publicada en la siguiente dirección: <http://www.montero.org.mx/astronomia/constelaciones>

88 constelaciones parecen un gran rompecabezas que sigue los trazos imaginarios impuestos por la Unión Astronómica Internacional de 1928 a 1930. Estas fronteras utilizan como guía las líneas de declinación y ascensión recta para el año 1875. Es por ello que no hay líneas diagonales. Desde entonces, y debido a la precesión, esos límites se han desplazado, pero el área cubierta por cada signo se ha mantenido igual culminando a media noche en diferentes fechas.[21] Algunos de estos grupos arbitrarios, que como asterismos se pueden identificar fácilmente en el cielo por su particular disposición, han sido significativos en diferentes culturas, como se muestra en la siguiente tabla:

Objeto celeste	Tipo	Constelación	Estrellas prominentes	Tamaño angular	α (J2000)	δ (J2000)	Culmina a medianoche
Orión	Constelación	Orión	8	594° cuadrados	05^h	+05°	enero
Pléyades	Cúmulo abierto	Tauro	7	110 minutos arco	03^h	+24°	noviembre
Géminis	Constelación	Geminis	4	514° cuadrados	07^h	+20°	enero
Escorpión	Constelación	Scorpius	15	497° cuadrados	17^h	-40°	julio
Tauro	Constelación	Taurus	7	797° cuadrados	04^h	+15°	diciembre
Osa Ma.	Constelación	Ursa Major	7	1280° cuadrados	10^h	+55°	abril

Muchas de las estrellas del firmamento que hoy conocemos tienen nombres propios. Un buen número de esos nombres son de raíz griega y romana, pero la mayoría son de origen árabe introducidos a Europa durante la Edad Media. Otra manera para la designación de las estrellas visibles es el sistema de enumeración de Johan Bayer, quien, en el año de 1603, otorgó a cada estrella de una constelación una letra griega según su intensidad seguido del genitivo latino de la constelación. Otro método es de Flamsteed, donde las estrellas de una misma constelación se

21 Según el criterio de "tiempo solar verdadero" para la Ciudad de México, este concepto difiere del "tiempo solar medio" en unos 5 minutos, aunque puede llegar a 15 minutos, según la ecuación del tiempo. El tiempo solar verdadero difiere de la hora local de la Ciudad de México para el horario de verano en 1 hora y 41 minutos menos. El horario de verano ocupa el período que va del primer domingo de abril al último domingo de octubre; para el horario de invierno que va del último domingo de octubre al primer domingo de abril la diferencia es de 41 minutos menos. Una plataforma recomendable para obtener estos datos es el programa *Observatorio* para iPad y *Chronometer* para iPhone de Emerald Sequoia.

numeran correlativamente por orden de oeste a este seguido del genitivo latino. Con referencia al brillo se toma como referencia la magnitud aparente[22] de Vega, todas las estrellas más brillantes tienen magnitudes negativas, y todas las más débiles tiene magnitudes positivas. En principio, el ojo humano puede ver estrellas de magnitud inferior a + 5.5. Por cierto, los diferentes colores que en ocasiones podemos apreciar corresponden a la temperatura de su superficie, en orden de temperatura tenemos de calientes a frías: azul, blanco, amarillo, naranja y rojo. Se dice que las estrellas se ven más brillantes en el hemisferio norte durante el invierno, esto obedece a que estamos en oposición con el centro de nuestra la galaxia, así que las estrellas que vemos están ubicadas lejos de la neblina que se destaca en la Vía Láctea, que es en verdad la luz combinada de miles de estrellas. Las diez estrellas más brillantes[23] para el hemisferio norte en las latitudes de Mesoamérica son como se aprecia en la siguiente tabla:

Estrella	Constelación	Magnitud	α (J2000)	δ (J2000)	Culmina a medianoche
Sirio	Canis Maior	-1.46	$06^h\ 45^m\ 08^s$	-16° 42′	enero
Arturo	Boötes	-0.04	$14^h\ 15^m\ 39^s$	+19° 10′	junio
Vega	Lira	0	$18^h\ 36^m\ 56^s$	+38° 47′	agosto
Rigel	Orión	+ 0.18	$05^h\ 14^m\ 32^s$	-08° 12′	diciembre
Proción	Can Menor	+ 0.34	$07^h\ 39^m\ 18^s$	+05° 13′	febrero
Betelgeuse	Orión	+ 0.42	$05^h\ 55^m\ 10^s$	+07° 24′	enero
Capella	Auriga	+ 0.71	$05^h\ 16^m\ 41^s$	+45° 59′	diciembre
Altair	Aquila	+ 0.77	$19^h\ 50^m\ 47^s$	+08° 52′	septiembre
Aldebarán	Tauro	+ 0.85	$04^h\ 35^m\ 55^s$	+16° 30′	diciembre
Spica	Virgo	+ 1.04	$13^h\ 25^m\ 11^s$	-11° 09′	junio

2.5.1 El péndulo solar: equinoccios y solsticios

Equinoccios y solsticios resultan de la oblicuidad de la eclíptica. Cuando la eclíptica se interseca con el ecuador celeste es equinoccio, esto sucede en dos puntos opuestos, son el equinoccio de primavera o vernal y el de otoño o autumnal. La palabra equinoccio proviene del latín *aequinoctium*, que significa

22 A diferencia de la magnitud aparente, la magnitud absoluta se define por la luminosidad de una estrella si estuviera a una distancia de 32.60 años luz que equivale a 10 parsec en un espacio completamente vacío sin absorción interestelar.

23 Para localizar una estrella en el firmamento recomendamos el uso de un planisferio celeste digital y un apuntador láser.

"noche igual", pues cuando el Sol aparece por los equinoccios la duración del día y la noche es aproximadamente la misma, es de 12 horas porque el Sol es cenital sobre el ecuador. Para los solsticios es diferente. Durante el solsticio de verano, el día es más largo que la noche y para el solsticio de invierno la noche es más larga que el día. El punto de la eclíptica más al norte respecto del ecuador celeste se denomina solsticio de verano en el hemisferio norte y solsticio de invierno en el hemisferio sur, con el Sol cenital sobre el trópico de Cáncer. El punto más al sur de la eclíptica es el solsticio de invierno en el hemisferio norte y solsticio de verano en el hemisferio sur, con el Sol cenital sobre el trópico de Cáncer. Así que la oblicuidad del eje de rotación de la Tierra con respecto a la eclíptica es la responsable de los cambios climáticos, pues los rayos solares inciden a la Tierra en un ángulo diferente cada día, provocando las variaciones que son las estaciones: primavera, verano, otoño e invierno.

	Hemisferio boreal	El Sol alcanza su	Ciclo diario	El Sol es cenital en el
e. de primavera	20 de marzo	declinación media	día y noche iguales	Ecuador
s. de verano	21 de junio	máxima declinación al norte	día más largo del año	trópico de Cáncer
e. de otoño	22 de septiembre	declinación media	día y noche iguales	Ecuador
s. de invierno	21 de diciembre	máxima declinación al sur	día más corto del año	trópico de Capricornio

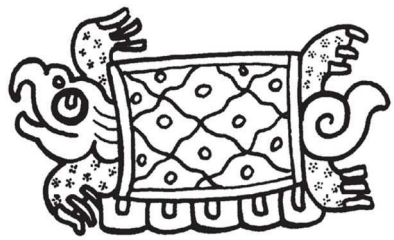
Es necesario apuntar que las estaciones no tienen la misma duración, ya que la órbita de la Tierra es elíptica, así que recorre su trayectoria alrededor del Sol con una velocidad variable. Va más deprisa cuanto más cerca está del Sol en perihelio y más lenta cuanto más alejada está en afelio. Esto es una consecuencia de la *Segunda Ley de Kepler* que dice que el radio vector que une un planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales. En la siguiente tabla se detalla la duración de cada estación.

Estación boreal	Duración en días	Inicio (p. e. Ciudad de México, 2014)		Zodiaco histórico / actual
primavera	92.8	20 de marzo,	10:56 hora local	Aries / Piscis
verano	93.6	21 de junio,	05:51 hora local	Cáncer / Géminis
otoño	89.8	22 de septiembre,	21:28 hora local	Libra / Virgo
invierno	89.0	21 de diciembre,	17:02 hora local	Capricornio / Sagitario
total	365.2			

Visto desde la Tierra, el Sol parece moverse, cambia de posición durante el amanecer y el ocaso al transcurrir un año. El astro se mueve cada día. Las posiciones extremas en el horizonte

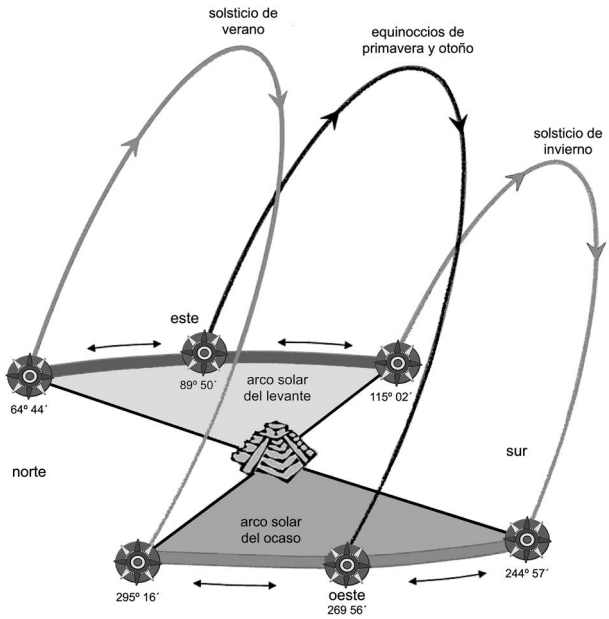
que alcanza el Sol en el año corresponden a los solsticios de verano e invierno, y marcan lo que propongo denominar *arco solar*. Se trata de un recorrido que asemeja un gigantesco movimiento pendular de norte a sur y viceversa que es constante de un año a otro. Los solsticios son momentos en que el Sol parece detenerse, de ahí la palabra solsticio que proviene del latín *solstitĭum*, que significa literalmente "Sol quieto". En efecto, hemos comprobado que, en la latitud de 19º norte, en seis días el Sol apenas cambia su posición en 10 minutos de arco sobre un horizonte astronómico. Opuesto resulta durante los equinoccios de primavera y otoño, cuando el Sol está justamente a la mitad de su recorrido pendular, cambia de posición con rapidez, alcanzado una diferencia en su azimut de 25 minutos de arco de un día a otro.

Imaginemos que observamos el aparente movimiento pendular del Sol durante un año desde cualquier lugar del mundo. Durante los equinoccios, no importa donde estemos ubicados, veremos levantar al Sol por el este en el z = 90º, siempre y cuando estemos sobre nivel del mar con un horizonte astronómico como referencia. Durante el ocaso, con las mismas condiciones, se pone exactamente en la dirección opuesta, lo veremos ocultarse al oeste en el z = 270º. Con los solsticios es diferente, aunque la fecha es la misma para todas las posiciones, el z para el levante y el ocaso varían según la latitud de cada sitio. Para el caso de Mesoamérica, los rangos de la siguiente ilustración pueden ser tomados como referente válido. Es necesario apuntar que los valores extremos del azimut para los solsticios varían conforme la latitud; además, como lo apunta Aveni [1991: 130-131], difieren en un rango de 10 minutos de arco aproximadamente en mil años.



ARRIBA

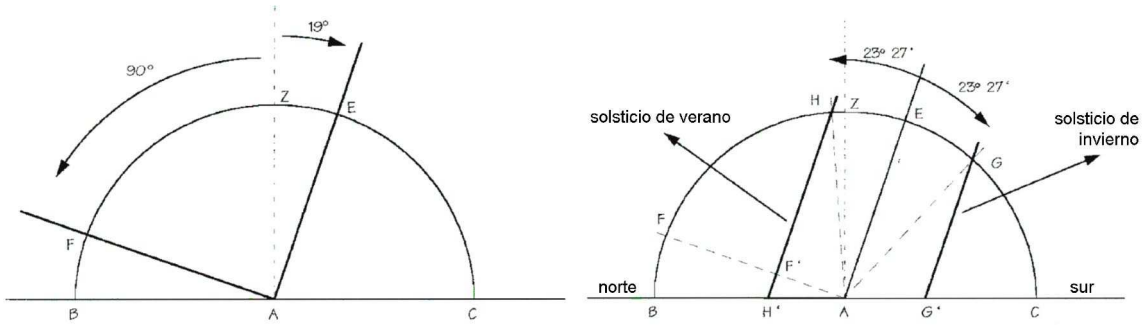
La tortuga para los mayas era un ser fantástico que surcaba los cielos, asumían que cambiaba de posición lentamente respecto al horizonte al amanecer o al ocaso como lo hace el Sol cada día durante los solsticios, *Códice Madrid*, lámina 17 a.



IZQUIERDA

Rango azimutal del *arco solar* para el amanecer y el ocaso para sitios ubicados en la latitud 19º norte, con horizonte astronómico de 0º. Este diagrama nos muestra la amplitud ortiva y occidua del Sol.

Es necesario mencionar que el Sol en su aparente camino por el cielo sigue una trayectoria oblicua tanto en su ascenso al amanecer como en su descenso para el ocaso. El valor angular cotidiano de esa trayectoria corresponde a la latitud del observador. Por lo tanto, sólo en el ecuador, donde la latitud es 0º, el Sol asciende verticalmente manteniendo un ángulo recto, en el resto de la Tierra sigue una trayectoria oblicua. Por ejemplo, en la Ciudad de México que se encuentra a 19º de latitud norte, el Sol asciende y desciende en un ángulo de 19º [Ramírez, 1996:2].



ARRIBA

Trayectoria oblicua del Sol para el amanecer. Izquierda, a partir del punto cenital denotado con la letra Z se miden los grados de latitud del lugar, si se encuentra el observador en el hemisferio norte se gira a la derecha en dirección del punto C, si se encuentra en el hemisferio sur se gira a la izquierda en dirección del punto B, en el ejemplo se traza la gráfica para la Ciudad de México que se encuentra a 19º de latitud norte, por lo que a partir del punto Z, mediremos 19º a la derecha, registrando el punto E, éste lo unimos con el punto A, denominado línea EA que corresponde a la trayectoria de los equinoccios de primavera y otoño. Posteriormente en la imagen de la derecha, a partir del punto E, se gira hacia la derecha tomando en cuenta el valor de la oblicuidad de la eclíptica que es de 23º 27' localizando así el punto G; y hacia la izquierda 23º 27' localizando el punto H, se trazan dos líneas paralelas a la línea EA, a partir de los puntos G y H y se cortan con la línea BC que corresponde a un horizonte astronómico, en los puntos G′ y H′. La línea G-G′ corresponde el solsticio de invierno y la línea H-H′ al solsticio de verano. La línea AF en ambos casos apunta a la posición de la estrella Polar.

Actualmente contamos con el *software* preciso para realizar este tipo de modelos desde diferentes plataformas, destaca por su exactitud la gráfica solar desarrollada para AutoCad; también podemos auxiliarnos de teléfonos inteligentes (*smartphone*) que cuentan con versiones eficientes para los sistemas operativos Android e iOS, como la aplicación Sun Seeker.

Finalmente, una consideración importante antes de concluir este apartado. A diferencia de la creencia popular que considera que el Sol alcanza el cenit en el cielo todos los días del año a mediodía, esto no sucede, pues solamente dos días al año y en ciertos lugares del planeta el Sol alcanza el cenit como veremos a continuación. Lo que sí ocurre todos los días es que, al mediodía, el Sol llega a su altura máxima cuando pasa por el meridiano local, alcanzando a lo largo del año alturas distintas.

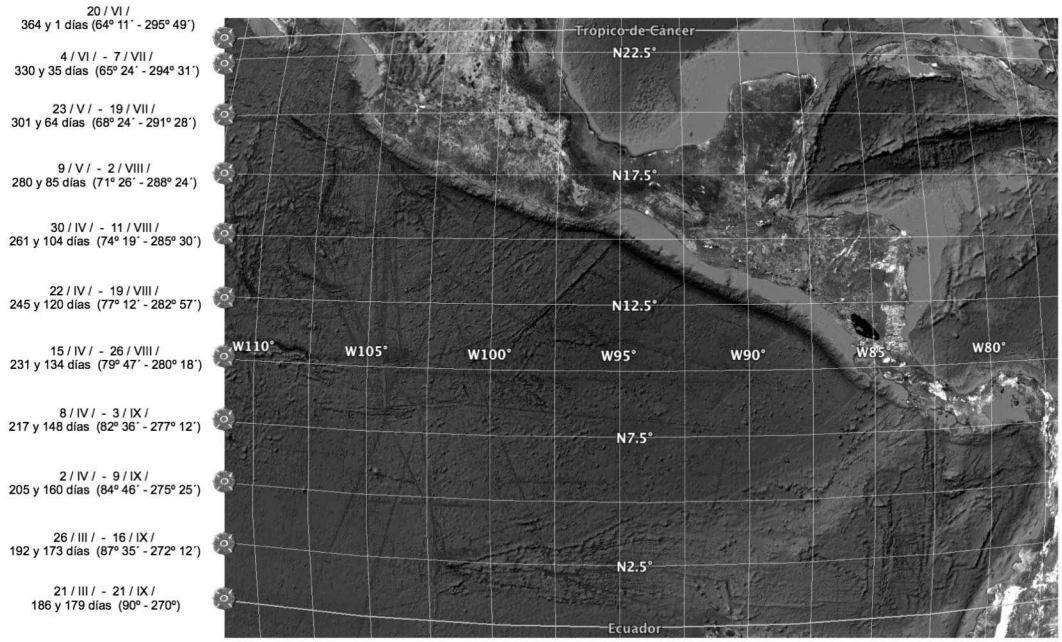
2.5.2 El paso cenital del Sol

El paso cenital del Sol es un fenómeno más complejo que los solsticios y los equinoccios, porque la fecha en que sucede, y la posición angular que ocupa el Sol en el horizonte durante el amanecer o el ocaso varia diametralmente según la latitud geográfica; además, el suceso solo es perceptible dentro de la zona intertropical de la Tierra.

El paso cenital del Sol es un fenómeno natural que ocurre cuando la posición del astro es completamente vertical, ocupando el lugar más alto en el cielo. El paso cenital del Sol sucede únicamente dos días al año, durante los cuales no se proyecta sombra lateral alguna al mediodía. Este fenómeno sólo es perceptible en las regiones situadas al sur del trópico de Cáncer y al norte del trópico de Capricornio; más al norte y más al sur, el Sol nunca llega al cenit. Las fechas para este suceso cambian según la latitud de cada lugar, esto obedece a la oblicuidad de la eclíptica, de tal suerte que el Sol ilumina a plomo distintas zonas del planeta en diferentes fechas.

ABAJO

El Sol tiene paso cenital en el hemisferio norte sólo entre el ecuador y el trópico de Cáncer, el fenómeno ocurre en diferentes fechas según la latitud geográfica. En la figura se destaca, además de las fechas para el año 2012, la diferencia de días entre ambos pasos, y el azimut en un horizonte astronómico para el alba y el ocaso [Montero, 2014b].

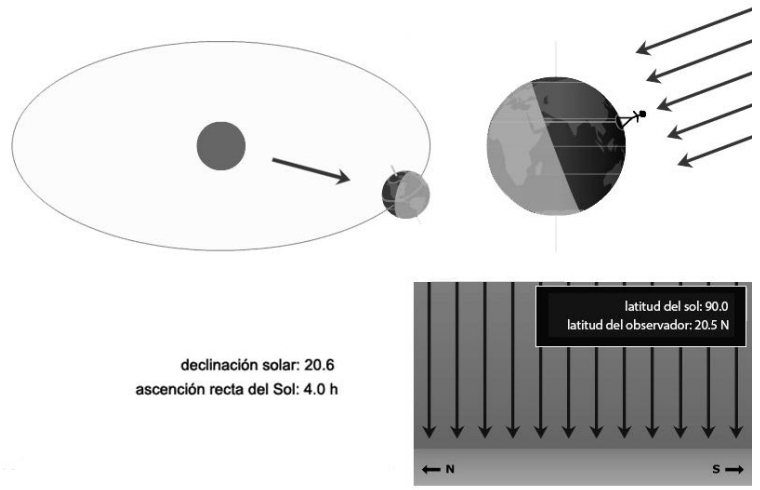


Consideremos dos hechos importantes que ocurren durante el paso cenital del Sol. Son relevantes porque desmitifican al imaginario popular que otorga a la primavera el momento en que se "recibe más energía". Solamente durante el paso cenital del Sol la intensidad de luz es mayor, pues el área irradiada se concentra, a este fenómeno se le denomina irradiancia. Así que

cuando el Sol se aleja del cenit, la irradiancia disminuye porque los rayos solares se proyectan sobre un plano más amplio, aumentando el área irradiada con el mismo flujo de energía; por otra parte, el espacio que atraviesan los rayos solares después del paso cenital aumenta conforme disminuye la altura solar, ya que se desplazan por un grosor más grande de atmósfera, lo cual influye también en la pérdida de energía por absorción y reflexión. El otro hecho toca a la radiación solar que calienta la superficie terrestre con mayor o menor efectividad en función de la altura del Sol sobre el horizonte. Por ejemplo, cuando un haz de radiación solar, con una sección de 1 m^2, alcanza el suelo durante el paso cenital del Sol en la Ciudad de México en la latitud de 19° norte, éste se reparte en un área igual de 1 m^2, mientras que, durante el equinoccio, cuando alcanza el meridiano con una h = 70°, lo hace sobre un área mayor que abarca 1.14 m^2, para el solsticio de invierno el valor se incrementa alcanzando 1.85 m^2. Esto explica por qué la superficie terrestre recibe menos de la energía durante el invierno que durante el verano, razón por la cual el ambiente resulta más frío.

DERECHA

Diagrama que ilustra el paso cenital del Sol en Chichén Itzá en la latitud 20.5° norte para el 23 de mayo, cuando los rayos solares al mediodía caen verticales.



Antes de pasar a los períodos de la Luna, es necesario apuntar que el Sol, en su aparente movimiento, tiene un comportamiento tan regular, que no es aventurado señalar que el registro de su posición ya sea durante su paso por el cenit o durante el amanecer y el ocaso de solsticios y equinoccios, constituye la materia prima para la medida del tiempo en las sociedades antiguas. El hecho de que el Sol sea tan preciso a simple vista en su posición, sirve como el indicativo preferente para estimar los cambios en las condiciones climáticas y en la duración de los días y las noches. El movimiento "pendular" del Sol y su paso por el cenit se pueden considerar fenómenos astronómicos con variaciones

tan mínimas en dos mil años que son sin duda el dispositivo de calibración calendárica más confiable con el que ha contado la humanidad para el registro del tiempo a través de los siglos.

2.5.3 La enigmática trayectoria de la Luna

Comparada con la oscilación anual del Sol, la trayectoria de la Luna por el cielo es compleja. El movimiento de la Luna a través de la bóveda celeste parece enigmático. Registrarla en el cielo en una posición determinada con respecto a una fase no es cosa fácil, su luminosidad parece siempre diferente y, por si fuera poco, también su matiz que varía de tonos rojizos a azulados; además, cuando sale, sale a diferentes horas de un día a otro. Todo esto se debe al hecho de que observamos a la Luna desde la superficie de un planeta que le está muy cercano y que, a su vez, también está en movimiento. La Luna tiene un diámetro de 3476 km, es el quinto satélite más grande del Sistema Solar, se encuentra en relación síncrona con la Tierra, mostrando siempre la misma cara hacia la Tierra.

La fase lunar resulta del giro que este satélite hace alrededor de la Tierra presentando diferentes aspectos visuales según sea su posición con respecto al Sol. Cuando la Luna está entre la Tierra y el Sol, está orientada hacia la Tierra su cara no iluminada, este es el novilunio o luna nueva; una semana más tarde la Luna ha dado ¼ de vuelta y presenta media cara iluminada, es el cuarto creciente; otra semana más, y la Luna ocupa una posición alineada con el Sol y la Tierra, por lo cual desde la Tierra se aprecia toda la cara iluminada, es el plenilunio o Luna llena; una semana más tarde se produce el cuarto menguante. Transcurridas unas cuatro semanas estamos otra vez en novilunio. Por cierto, la zona que limita la luz y la sombra se denomina terminador.

En términos de calendario, el valor de 28 días para una fase lunar es aceptable como promedio. Tenemos cuatro fases de siete días cada una. Visto así, la división del año en 13 períodos de 28 resulta interesante, pues $13 \times 28 = 364$. Este valor de 28 días es el redondeo de la media aritmética de dos ciclos básicos de la Luna: el sideral de 27 días 7 horas 43 minutos y 11.5 segundos; y el sinódico de 29 días 12 horas 44 minutos y 2.78 segundos. El período sideral es el intervalo de tiempo que le toma a la Luna volver a tener una posición análoga con respecto a una estrella; el período sinódico es el intervalo de tiempo necesario para que la Luna vuelva a tener una posición análoga con respecto al Sol

y la Tierra, en otras palabras, es cuando completa una fase, de nueva a llena y de vuelta a nueva.

DERECHA

Las fases de la Luna vistas desde la Tierra.



Consideremos el lunisticio. El término se refiere a la salida y la puesta de la Luna en el horizonte para sus extremos máximos al norte y el sur, resulta similar a lo que son los solsticios para el Sol. Por cierto, en el hemisferio norte, durante el verano, el Sol se encuentra en el extremo norte y la Luna en el extremo sur, y cuando en el solsticio de invierno el Sol se encuentra en el extremo sur, la Luna llena estará en el extremo norte; en los momentos cercanos a los equinoccios es cuando la luna llena y el Sol entrecruzan sus caminos [Quiroz, 2010: 53]. La parada mayor al norte y al sur se localizan un poco más de 5º 02' hacia el norte y el sur de lo que respectivamente corresponde a los solsticios.[24] Cada 18 años y 214 días (18.6 años) se cumple un ciclo entre los lunisticios. En los años siguientes este ángulo va disminuyendo hasta alcanzar su valor mínimo después de 9 años y 107 días (9.3 años). Cuando las declinaciones extremas llegan a ser en promedio menores, a este suceso se le denomina parada menor; a partir de este momento el ángulo vuelve a crecer hasta alcanzar su extremo en otros 9 años y 107 días (véase pág. 93).

ABAJO

Posiciones extremas de la Luna en el horizonte.

El lector encontrará en el texto y en algunas ilustraciones una tilde (~) que antecede al valor de un ángulo, con esto se expresa un valor aproximado suficientemente fiel como para ser útil.

	Norte	Sur
Salida parada mayor	z = ~ 059º 42'	z = ~ 120º 04'
Puesta parada mayor	z = ~ 300º 18'	z = ~ 239º 55'
Salida parada menor	z = ~ 069º 42'	z = ~ 110º 04'
Puesta parada menor	z = ~ 290º 18'	z =~ 249º 55'

24 Entre el 3 y el 4 de enero del año 2007, la Luna salió y se puso en su parada mayor al norte; la parada mayor al sur fue durante el invierno, para el día 15 de diciembre del año 2005.

La órbita de la Luna está en un plano inclinado con respecto al plano de la eclíptica: tiene una inclinación de aproximadamente cinco grados. La línea de intersección de este plano con la eclíptica define dos puntos en la esfera celestial: los nodos ascendente y descendente. Estos nodos no son fijos, sino que giran en retrogrado y dando una vuelta completa en aproximadamente 18.6 años. Sólo una vez cada 18.6 años, el nodo ascendente coincide con el Primer Punto de Aries, de tal suerte que la inclinación de la órbita lunar respecto al ecuador es de 28º 30' esto es con 5º 02' de diferencia. Es necesario mencionar que, al alcanzar sus extremos, en los intervalos ya mencionados de 18.6 años, la Luna no siempre está en la misma fase, cuando corresponde a la misma fase se denomina ciclo Metónico y ocurre cada 19 años.

Ciclo	Duración	Intervalo
Mes Dracónico	27 días, 5 horas y 5 minutos	Es el tiempo que tarda la Luna en pasar dos veces consecutivas por el nodo ascendente.
Mes Sideral	27 días, 7 horas y 43 minutos	Es el intervalo de tiempo que toma a la Luna dar una vuelta alrededor de la Tierra y volver a tener una posición análoga con respecto a las estrellas.
Mes Sinódico	29 días, 12 horas y 44 minutos	Intervalo de tiempo necesario para que la Luna recorra sus fases y vuelva a tener una posición análoga con respecto al Sol y la Tierra. También se le denomina lunación o mes lunar.
Ciclo de Saros	18 años 11 días (18.031)	La Luna (nodos) y la Tierra (eclíptica) regresan aproximadamente a la misma posición en sus órbitas, y se pueden repetir los eclipses.
Ciclo Dracónico	18 años 214 días (18.6)	Tiempo en que tardan los nodos en desplazarse sobre la eclíptica. Podemos registrar a la Luna en la misma posición en el horizonte anqué con distinta fase.
Ciclo Metónico	19 años (6939.60 días)	Múltiplo común aproximado de períodos orbitales de la Tierra y de la Luna. En efecto, 19 años tropicales corresponden a 235 meses sinódicos, de ahí que después de 19 años, la misma fecha del año corresponde con la misma fase de la Luna.

ARRIBA

Los tiempos de la Luna [véase Quiroz, 2010: 60].

Por otra parte, podemos apuntar que, en términos culturales, las salidas y puestas en plenilunio cercanas a los extremos son las más significativas. Debido a la mecánica celeste, las salidas y puestas extremas del plenilunio siempre ocurren cerca de los solsticios, observándose un interesante contraste: la Luna en plenilunio llega a su extremo norte siempre cerca del solsticio de invierno, cuando el Sol sale y se pone en su punto más alejado hacia el sur; mientras que cerca del solsticio de verano, cuando el Sol alcanza su punto extremo de salida y puesta al norte, la Luna en plenilunio sale y se pone en los puntos más alejados hacia el sur para el hemisferio norte [Šprajc y Sánchez, 2012: 980].

En las fechas próximas al solsticio de invierno, resulta significativo que la Luna en plenilunio siempre sale aproximadamente

en los momentos posteriores al ocaso del Sol, y se pone justamente al amanecer, así que la Luna llena alumbra con su luz una de las noches más largas del año. Los fenómenos de paradas mayor y menor de la Luna son particularmente interesantes, pero muy difíciles de registrar arqueológicamente, ya que su determinación requiere de períodos de observación bastante largos. Para Šprajc y Sánchez [2012: 981], algunos edificios mayas podrían marcar la orientación a los extremos mayores de la Luna, para la fase de plenilunio en un rango aproximado de más o menos δ 28.65° considerando un error arbitrario de 1.5°.

En la latitud que ocupa Mesoamérica, cuando la Luna está llena es porque ella y el Sol se encuentran frente a frente a lo largo de la línea del horizonte. Entonces, la Luna aparecerá sobre el paisaje oriental a la puesta del Sol y desaparecerá al poniente llegado el amanecer. Es en esos momentos cuando nuestra sombra, proyectada por la luz del Sol al atardecer o al amanecer, señala con bastante exactitud el rumbo por el que la Luna llena aparecerá sobre o desaparecerá bajo el horizonte. Si la proyección de nuestra sombra coincide a la perfección con la Luna llena, a la salida o a la puesta, lo más seguro es que ocurra un eclipse [Quiroz, 2010: 44].

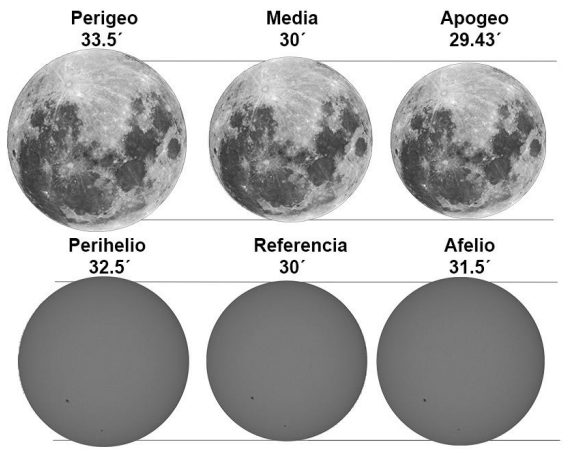
2.5.4 Los eclipses: el cruce de caminos entre el Sol y la Luna

Eclipse quiere decir desaparición o abandono. Es un hecho en el que la luz procedente de un cuerpo celeste es bloqueada por otro. Existen eclipses de Sol y Luna, que ocurren solamente cuando el Sol y la Luna se alinean con la Tierra de una manera determinada, gracias a que la posición de la Luna que es 400 veces más

DERECHA

La Luna y el Sol parecen de tamaño semejante respecto a su diámetro angular.

Véase en el *Glosario* "Diámetro máximo aparente" donde se apuntan las medidas angulares de los diámetros máximos aparentes del Sol y la Luna vistos desde la Tierra.



cercana que la del Sol a la Tierra; y que el Sol al igual es 400 veces más grande que la Luna, ambos cuerpos vistos desde la Tierra parecen tener un tamaño semejante. Por lo tanto, la Luna puede ocultar al Sol.

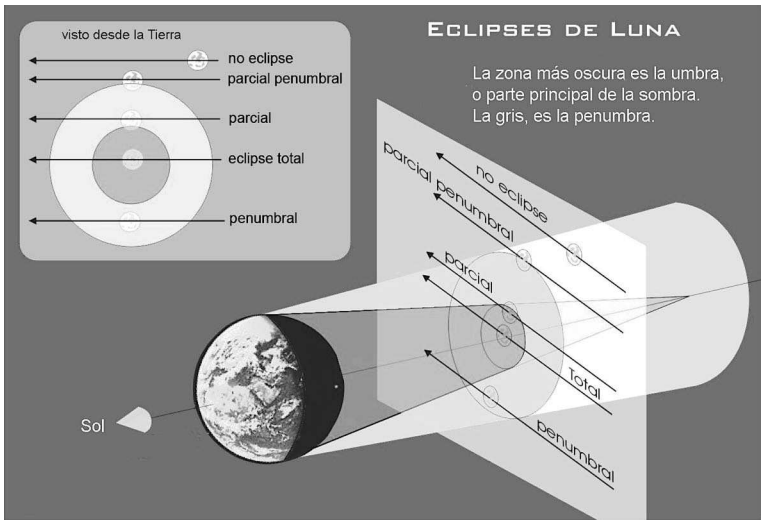
En un eclipse, los centros del Sol, la Tierra y la Luna están totalmente alineados. Si la órbita de la Luna estuviese sobre la eclíptica, cada revolución lunar daría lugar a un eclipse de Sol durante el novilunio y a un eclipse de Luna durante el plenilunio, al cabo de unos 15 días. Pero no sucede así, porque el plano de la órbita lunar está inclinado respecto a la eclíptica en 5º 08' 13", lo que motiva que las más de las veces la Luna pase por encima o por debajo del Sol, o por arriba o por debajo del cono de sombra de la Tierra sin que tenga lugar el eclipse. Sólo hay eclipses en las conjunciones y oposiciones del Sol y la Luna. Cuando el Sol está cerca de los nodos de la Luna que son los puntos en que la órbita lunar corta a la eclíptica, a este momento se le denomina sicigia. Si la alineación es casi perfecta, la Luna está muy cerca del nodo o su latitud no excede de un determinado valor, ocurre un eclipse total. Si la coincidencia no es completa por no estar la Luna sobre la eclíptica, aunque sí cerca de ella, se produce un eclipse parcial, quedando el Sol en parte oculto por la Luna en lo que denominamos: eclipse parcial de Sol. Si la Luna está parcialmente inmersa en el cono de sombra de la Tierra tenemos un eclipse parcial de Luna, así que los eclipses se dividen en lunar y solar.

Eclipse lunar, cuando la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna, oscureciendo a la Luna. La Luna entra en la zona de sombra de la Tierra. Esto solo puede ocurrir en plenilunio. Los eclipses lunares se dividen a su vez en total, parcial y parcial penumbral, dependiendo que la Luna pase en su totalidad o en parte por el cono de sombra proyectado por la Tierra, o si únicamente lo hace por la zona de penumbra. Si la Luna sólo entra en penumbra, su luz se debilitará, pero normalmente no mucho. Un eclipse lunar puede durar varias horas, no es peligroso para la observación, como lo es un eclipse de Sol. Los eclipses solares se ven desde una región muy limitada, en cambio los lunares son visibles desde todo el hemisferio donde la Luna está sobre el horizonte. En algunas ocasiones, la Luna se pone muy oscura cuando se trata de un eclipse total y hay referencias de excepcionales casos en que la Luna desapareció de la visión. En efecto, durante un eclipse total, la Luna es visible, pero con ciertas características. Pese a que pasa por el cono de sombra de la Tierra llamado umbra, no desaparece totalmente gracias a un efecto de refracción en nuestra atmósfera. Es sabido que la luz roja se

refracta más que la azul, de tal manera que llega de todas maneras a la Luna. Si la Tierra no tuviera atmósfera, la Luna entonces desaparecería totalmente. Por esta razón, en muchos eclipses la Luna se torna rojiza, es la famosa Luna de Sangre.

DERECHA

Eclipse lunar

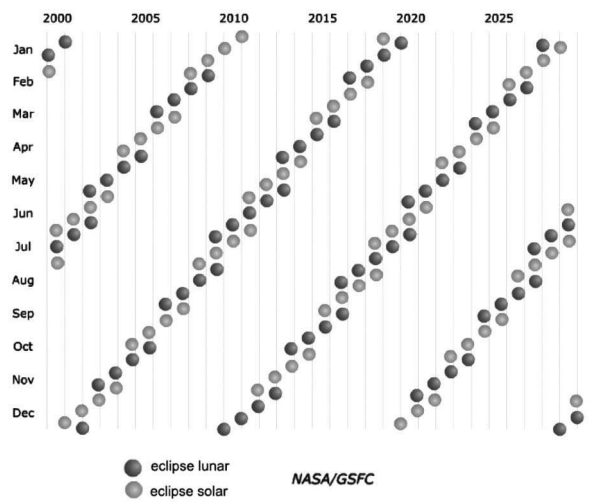


Eclipse solar. Sucede cuando la Luna oscurece el Sol (v. p. 283), interponiéndose entre él y la Tierra. Esto solo puede pasar durante el novilunio. Los eclipses de Sol se clasifican de la siguiente manera: parcial, cuando la Luna no cubre por completo el disco solar que aparece como un creciente; semiparcial, la Luna casi cubre por completo el Sol, pero no lo consigue; total, desde una franja en la superficie de la Tierra, la Luna cubre totalmente el Sol. Se verá un eclipse total para los observadores situados en la Tierra que se encuentren dentro del cono de sombra lunar, cuyo diámetro máximo sobre la superficie de nuestro planeta no supera los 270 km, se desplaza en dirección este a una velocidad aproximada de 3200 $^{km}/_{h}$, la duración de la fase de totalidad puede durar varios minutos, entre 2' y 7' 30", alcanzando algo más de las 2 horas todo el fenómeno. Los eclipses anulares ocurren cuando la Luna se encuentra cerca del apogeo y su diámetro angular es menor que el solar, de manera que en la fase máxima permanece visible un anillo del disco solar, la máxima duración de este tipo de eclipses es de 12 minutos y llega a más de 4 horas en los parciales, teniendo esta zona de totalidad una anchura máxima de 272 km y una longitud máxima de 15,000 km.

Es muy conocida la afirmación de que los mayas podían predecir cuándo ocurriría un eclipse. Lo cierto es que predecir un eclipse hace de quien ostenta el conocimiento un erudito, cuyo saber puede favorecer a un grupo en el poder. Ese fue el caso del ejemplo que se apunta en el *Apéndice E* del emperador de China

Kangxi, que por estar ligado su mandato a los cielos, vio peligrar su régimen en pleno siglo XVII de nuestra era, por la incapacidad de sus astrónomos para predecir eclipses (v. pág. 460). Pero el lector se preguntará, ¿cómo sociedades, sin técnicas algebraicas, pudieron predecir un eclipse? Porque hoy en día la capacidad de predicción se desprende de la informática, que con gran precisión traza las órbitas de la Tierra y de la Luna, calculando las posiciones exactas de sus sombras y registrando los momentos en que esas sombras se proyectan sobre el otro astro. Pero en la antigüedad, tal erudición, como veremos más adelante, se desprendía de observaciones precisas por largos períodos de tiempo, en que anotaban las repeticiones cíclicas de estos fenómenos. El ciclo más notable con que se repiten es, sin lugar a duda, el llamado Ciclo Saros. Un Saros contiene 6585.3 días, equivale a 18 años, 10 días y 8 horas; tras este período se repiten circunstancias orbitales casi idénticas, por lo que se produce un eclipse muy similar, aunque desplazado 120º al oeste, con 8 horas de diferencia pues la Tierra ha girado $^{1}/_{3}$ de su revolución. Por ejemplo, por término medio sucede un eclipse total de Sol en el mismo punto terrestre una vez cada 200 o 300 años.

Como ya se ha mencionado, los eclipses, tanto solares como lunares, ocurren cuando el Sol y la Luna se encuentran próximos a uno de los nodos. Para pasar de un nodo a otro, el Sol, en su desplazamiento aparente a lo largo de la eclíptica, necesita de 173.31 días, intervalo llamado "medio año de eclipses". Estos intervalos[25] determinan la sucesión de las épocas de eclipses, períodos de aproximadamente un mes, en los que la Luna o el Sol pueden ser eclipsados.



IZQUIERDA

Tabla de eclipses para inicios del siglo XXI, la simetría de la gráfica demuestra la regularidad del ciclo.

25 Según los astrónomos, este valor no ofrece las fechas exactas de los eclipses, ya que estas dependen de otros factores.

2.5.5 El errático andar de los planetas

El origen del nombre planeta proviene del latín[26] y significa vagabundo. Aunque a simple vista son parecidos a una estrella, llaman la atención porque se mueven en una trayectoria diferente respecto al fondo estelar. Los planetas se pueden dividir en dos categorías: inferiores y superiores. Los términos "planeta inferior" y "planeta superior" se usaron originalmente en la cosmología geocéntrica de Claudio Ptolomeo para diferenciar aquellos planetas como Mercurio y Venus que tenían un epiciclo que estaba en línea con la Tierra y el Sol, comparado con los planetas Marte, Júpiter, y Saturno que no lo estaban. Así que los planetas inferiores son aquellos cuya órbita se encuentra entre el Sol y la órbita de la Tierra; y los superiores tienen su órbita más allá de la Tierra. Esta diferenciación afecta de manera determinante el tipo de movimiento aparente de unos y otros vistos desde la Tierra, de tal suerte que los planetas inferiores se mueven como oscilando adelante y atrás, respecto a la posición del Sol, sin separarse demasiado de él y sin alcanzar el meridiano; mientras los superiores evolucionan por todo el cielo. No hay que confundirse con la definición "planetas interiores" que corresponde a los cuatro planetas más cercanos al Sol, es decir: Mercurio, Venus, Tierra y Marte; en tanto que los "planetas exteriores" son aquellos que están situados más allá del cinturón de asteroides, es decir, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno; nótese que, desde la redefinición de planeta de 2006, a Plutón ya no se le considera un planeta, aunque la controversia no ha terminado respecto a su clasificación.

Si se les observa con atención, los planetas presentan ciclos de tiempo reconocibles como sucede con el Sol, pero estos ciclos son complejos para su comprensión y registro. A simple vista, podemos apreciar cinco planetas: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno.[27] Mercurio y Venus son los únicos planetas visibles al amanecer pues sus órbitas están al interior de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Venus es el más prominente, es el tercer objeto más brillante después del Sol y la Luna. Mercurio es más difícil para ver debido a su cercanía con el Sol. Marte

26 Etimológicamente la palabra planeta proviene del latín *planēta*, que a su vez deriva del griego *πλανήτης* que se traduce como vagabundo o errante.

27 Estos dan nombre a los días de la semana junto con el Sol y la Luna: lunes (Luna), martes (Marte), miércoles (Mercurio), jueves (Júpiter), viernes (Venus), sábado (Saturno) y domingo (Sol, *dominus*).

alcanza su máximo brillo cuando está opuesto a la Tierra, lo que sucede cada dos años. Júpiter y Saturno son los más grandes de los cinco; por estar más lejos del Sol reciben menos luz, no obstante esta distancia, Júpiter es el más brillante después de Venus. La luminosidad de Saturno aumenta gracias a sus anillos, por lo cual refleja más luz hacia la Tierra dependiendo del grado de inclinación de la eclíptica, de todas formas, los anillos no son lo suficientemente brillantes como para verse a simple vista desde la Tierra.

Planeta	Radio ecuatorial (km)	Lunas	Período de rotación	Período orbital	Inclinación del eje
Mercurio	2,440	0	58.6 días	88 días	0.00º
Venus	6,052	0	-243 días	224 días	177.36º
Tierra	6,378	1	24:00 horas	365 días	23.45º
Marte	3,397	2	24:37 horas	687 días	25.19º
Júpiter	71,492	67	9:48 horas	11.86 años	3.13º
Saturno	60,268	62	10:12 horas	29.46 años	25.33º

ARRIBA

En esta tabla el período orbital corresponde al período sideral.

Venus presenta un período sinódico que varía de 580 a 587 días, puesto que su órbita es elíptica y, por lo tanto, su velocidad no es constante.[28] El período sinódico de cualquier planeta es de especial interés para la astronomía posicional, porque comprende el tiempo que tarda un planeta en completar un ciclo de fases de visibilidad e invisibilidad al ser observado desde la Tierra que apreciamos en la siguiente tabla. El valor promedio del período sinódico de Venus es de 583.92 días, que redondeado resulta en 584 días, valor coincidente con el registrado por las antiguas civilizaciones de Mesoamérica. Sin embargo, para que Venus sea visible en la misma posición y fecha, han de transcurrir 8 años, contando un total de 2920 días, lo que corresponde a cinco períodos sinódicos del planeta.

Considerando los valores promedio, tenemos que el período sinódico de Venus comprende cuatro fases a saber: 1) Venus es visible como Estrella de la Mañana durante 263 días; 2) después desaparece por 50 días aproximadamente,[29] el planeta está en la llamada Conjunción Superior; 3) reaparece por el poniente como Estrella de la Tarde, durante otros 263; 4) al término de este último intervalo, el planeta se encuentra en su Conjunción Inferior, es decir, enfrente del Sol, lo que lo hace invisible por ocho días. Después de estos ocho días nuevamente reaparece

28 *Cfr*. las *Leyes de Kepler*.
29 Puede extenderse hasta 70 días.

como Estrella de la Mañana, completando su período sinódico [Galindo, 1994: 80].

Fase	Características	Días
Estrella de la Mañana	visible durante el alba	263
Conjunción Superior	invisibilidad, paso por detrás del Sol	50
Estrella de la Tarde	visible durante el ocaso	263
Conjunción Inferior	invisibilidad, se encuentra frente al Sol y no refleja luz	8
	total:	584

Para los fines de esta entrega, ensayamos con el *software* Stellarium el período sinódico de Venus para los años 2014-2015, teniendo como referencia posicional el sitio arqueológico de Chichén Itzá. Es importante señalar estos datos porque, como lo apunta Iván Šprajc [1998:19], los períodos de visibilidad matutina, invisibilidad, visibilidad vespertina e invisibilidad varían considerablemente dependiendo de la latitud geográfica y la temporada en que se observe Venus.

Fase	Período	Días
Estrella de la Mañana	13 de enero al 4 de octubre de 2014	264
Conjunción Superior	5 de octubre al 18 de noviembre de 2014	44
Estrella de la Tarde	19 de noviembre de 2014 al 6 de agosto de 2015	260
Conjunción Inferior	7 de agosto al 19 de agosto de 2015	12
	total:	580

Ya vemos cómo cambian las cifras de manera significativa entre el valor promedio y el valor que corresponde al período 2014-2015. Esta variación es aún más dilatada si la contrastamos con el *Códice Dresde*. Según Aveni [1991: 102-103], los mayas fueron marcadores del tiempo diligentes y exactos, así que esta variación se considera obedeció a razones rituales que los llevaron a hacer caso omiso de las observaciones astronómicas puntuales.

Fase	**Características**	**Días**
Estrella de la Mañana	visible durante el alba	250
Conjunción Superior	invisibilidad, paso por detrás del Sol	90
Estrella de la Tarde	visible durante el ocaso	236
Conjunción Inferior	invisibilidad, se encuentra frente al Sol y no refleja luz	8
	total:	584

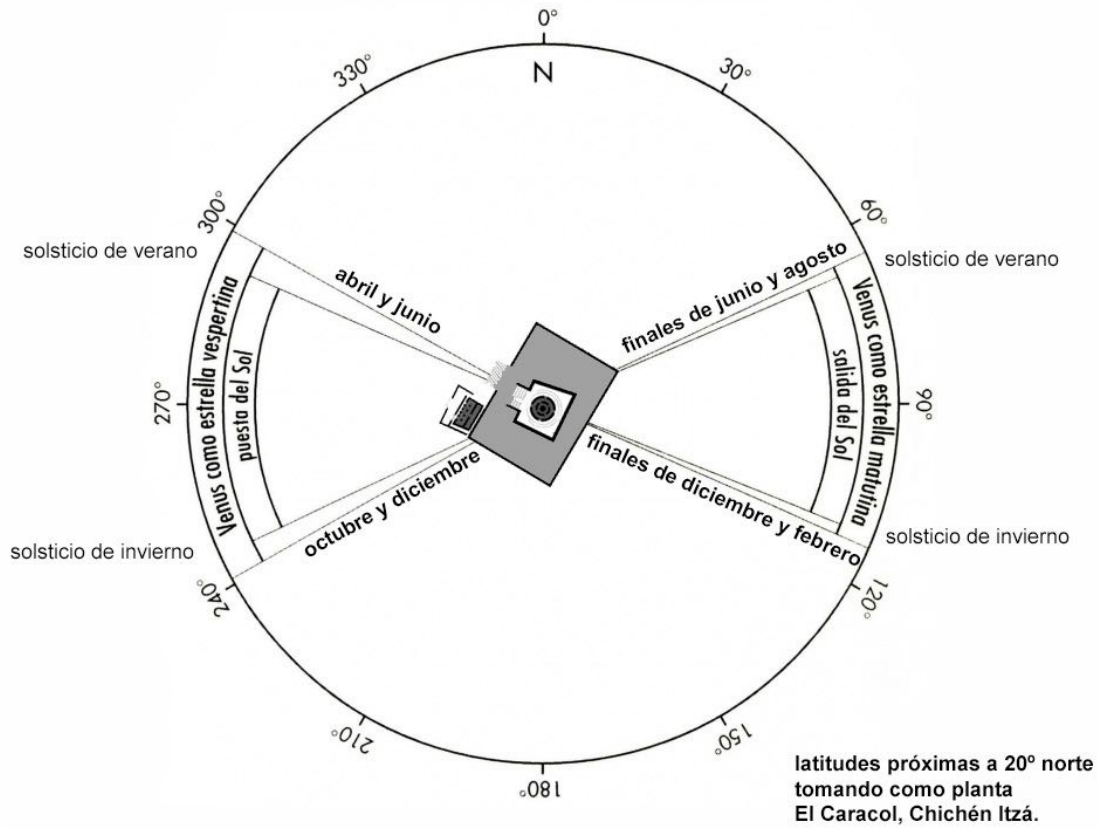
Estas variaciones se ajustan después de cinco períodos sinódicos del planeta. En efecto, cinco períodos sinódicos promedio

de Venus resultan en 2920 días (584 × 5 = 2920), este valor corresponde a 8 años solares (365 × 8 = 2920). Así que tomando nuestro ejemplo de la tabla anterior calculada con Stellarium, el 11 de enero de 2022, ocho años después de la salida heliaca del 13 de enero de 2014, volveremos a ver a Venus en su primera aparición como Estrella de la Mañana en la misma posición en el cielo. El lector cuidadoso encontrará una diferencia de dos días, esto responde a que la duración del año trópico es de 365.2422 días, así que, en un período de ocho años, el año solar es dos días más largo que el período sinódico de Venus, considerando que el año mesoamericano tenía sólo 365 días, sin bisiesto, con lo cual la ecuación es aplicable para las culturas mesoamericanas según Šprajc [1998:23].

Venus, al igual que el Sol, alcanza un azimut extremo en el horizonte. En el caso del Sol son los solsticios, pero los extremos de Venus no son como los del Sol que siempre permanecen iguales y simétricos, los de Venus varían considerablemente en un período de ocho años; además los extremos máximos de Venus alcanzan una declinación mayor que los extremos alcanzados por el Sol como vemos en la figura siguiente tomando como eje el edificio de El Caracol en Chichén Itzá.

ABAJO

En la figura, el edifico arqueológico de El Caracol en Chichén Itzá, donde se destacan las direcciones alcanzadas por Venus durante sus máximos extremos al norte y el sur para el amanecer y el ocaso, contrapuestos con los alcances del Sol durante los solsticios; nótese la asimetría en la declinación de la salida y ocaso de Venus. Adaptación del autor a ilustraciones de Šprajc [1998:26] y Aveni [1991: 113].



latitudes próximas a 20° norte tomando como planta El Caracol, Chichén Itzá.

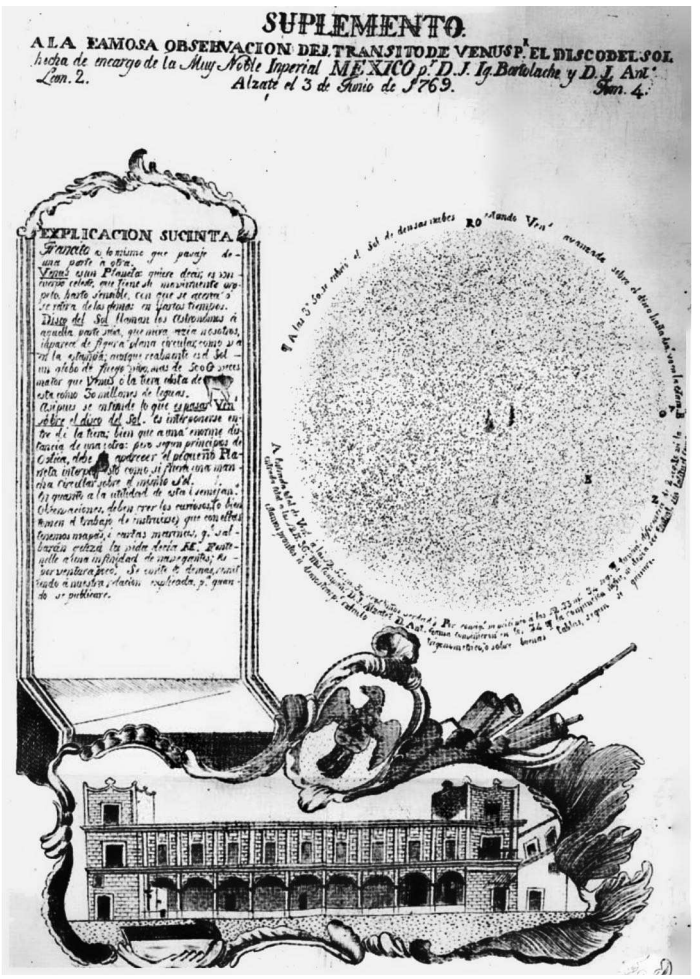
En un ciclo de ocho años, se pueden observar cinco extremos norte y cinco extremos sur como Estrella de la Tarde. El patrón de magnitudes y fechas de los extremos venusinos, como se manifiesta en un ciclo de ocho años, cambia paulatinamente a través del tiempo. Otra característica que puede observarse a simple vista es que después de la Conjunción Inferior, como Estrella de la Mañana sube rápidamente en el cielo, alcanzando en pocas semanas su máxima elongación[30] y altitud sobre el horizonte; en cambio, como Estrella de la Tarde, asciende mucho más despacio, pero durante las últimas semanas antes de desaparecer en la Conjunción Inferior, empieza a perder rápidamente altura, es como si "cayera". Por otra parte, encontramos que cuando es visible como Estrella de la Mañana, su punto de salida sigue el lugar de salida del Sol en su desplazamiento anual por el horizonte oriental; en el horizonte occidental la situación es al revés: Venus en su desplazamiento por el horizonte está delante del Sol. De acuerdo con la ilustración anterior Venus alcanza sus extremos como Estrella de la Mañana después de los solsticios, en tanto que como Estrella de la Tarde se anticipa a los solsticios, alcanzando los extremos de su desplazamiento por el horizonte antes que el Sol.

El tránsito de Venus es otro fenómeno significativo. Este acontece cuando el planeta cruza directamente entre la Tierra y el Sol, es un evento astronómico relativamente raro porque difícilmente toca a una generación verlo, pues se produce cíclicamente en intervalos según el siguiente patrón: 8 años, 121.5 años, 8 años, 105.5 años. La primera vez que se observó sistemáticamente en Occidente fue en 1639 por Jeremiah Horrocks y William Crabtree. Para 1761, el tránsito observado por Mijaíl Lomonosov, proporcionó la primera evidencia de que Venus tenía una atmósfera, para el siglo XIX las observaciones de paralaje durante sus tránsitos permitieron obtener por primera vez un cálculo preciso de la distancia entre la Tierra y el Sol, observaciones en las que destacaron los resultados ofrecidos por la extraordinaria expedición mexicana que en Yokohama, Japón, en 1874 realizó sus observaciones del tránsito de Venus [véase, Covarrubias, 1876]. Los tránsitos sólo pueden ocurrir en junio o diciembre, siendo éstos los momentos en los que Venus cruza la eclíptica, y suceden en pares a intervalos de ocho años, separados dichos pares de tránsitos de más de un siglo. Tenemos entonces un par de tránsitos para 1874 y 1882, y el último par de tránsitos de 2004 y 2012. Mercurio también presenta trán-

30 Distancia del Sol.

sitos por tratarse de un planeta inferior, pero su tamaño es tan pequeño que este fenómeno no se aprecia a simple vista, por ese motivo no ahondamos en él.

Es pertinente apuntar los avances en astronomía que se venían realizando en la Nueva España en el siglo XVIII registrando el tránsito de Mercurio y el tránsito de Venus ambos acontecidos en el año de 1769, el tránsito de Venus se apreció el 3 de junio de 1769, fue registrado por Joaquín Velázquez de León y una comisión franco-española, quienes desde tres lugares localizados en la población de San José del Cabo en la Baja California realizaron con éxito las observaciones, al igual que en la ciudad de México realizaron el registro José Antonio Alzate Ramírez, José Ignacio Bartolache y Antonio de León y Gama; el tránsito de Mercurio sucedió el 9 de noviembre, Alzate observó también ese suceso astronómico y volvió a publicar los resultados en una hoja suelta que se puede consultar en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística* en un documento de Francisco Jiménez del año 1871, cabe mencionar que ambos fenómenos fueron pu-



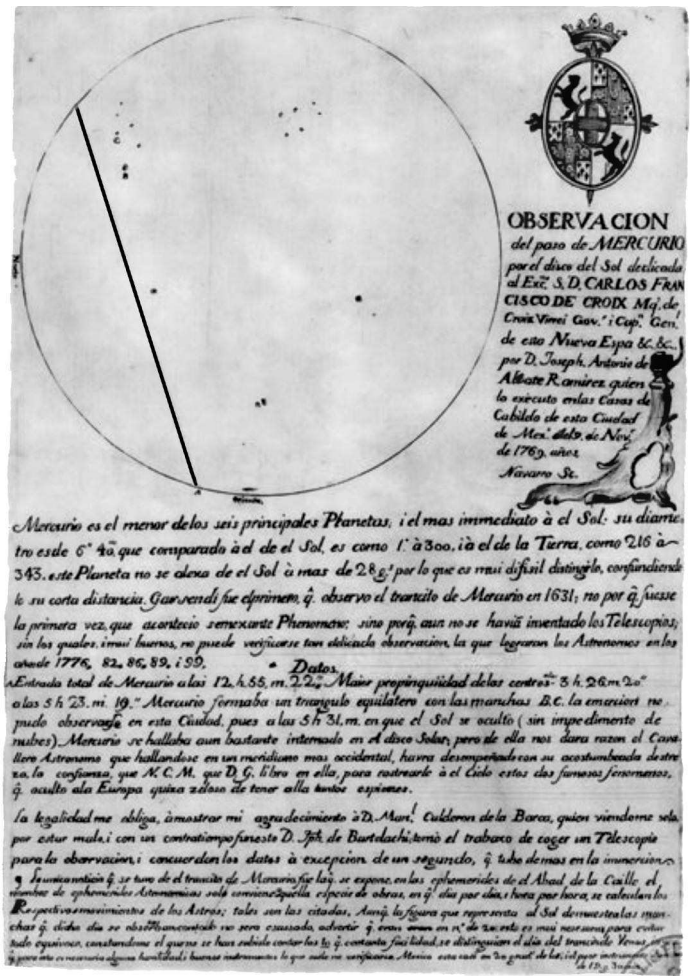
IZQUIERDA

Observación astronómica en la Nueva España del tránsito de Venus, acontecido el 3 de junio de 1769, publicado en las *Gacetas de Literatura de México*, Puebla en 1831, en la ilustración se destaca el Cabildo y el emblema de la ciudad de México con un águila.

blicados y concebidos como documentos científicos, en ellos se consignaron datos relevantes de aquellas observaciones, a pesar de esa característica, no fueron escritos en un lenguaje complicado, ni mucho menos en latín, que era la lengua franca de la ciencia en aquella época [Moreno, 2013: 30], fueron escritos en español, interesante lección para los científicos modernos en el país que se esfuerzan por publicar en lenguas extranjeras y con expresiones rebuscadas.

DERECHA

Observación astronómica en la Nueva España del tránsito de Mercurio, acontecido el 9 de noviembre de 1769, se matiza la trayectoria seguida por Mercurio que se señala con la cuerda dibujada del lado izquierdo, los puntos oscuros sobre el disco del Sol son las manchas solares presentes el día de la observación.



Mercurio es el menor de los seis principales Planetas, i el mas immediato à el Sol: su diametro es de 6" 40" que comparado à el de el Sol, es como 1.' à 300, ià el de la Tierra, como 216 à 343. este Planeta no se alcanza de el Sol à mas de 28 g.s por lo que es mui difícil distinguirlo, confundiendo le su corta distancia. Gassendi fue el primero, q.e observo el transito de Mercurio en 1631; no por q.e fuesse la primera vez, que acontecio semexante Phenomeno: sino porq.e aun no se havia inventado los Telescopios, sin los quales, i mui buenos, no puede verificarse tan delicada observacion, la que lograron los Astronomos en los años de 1776, 82, 86, 89, i 99.

Datos.

Entrada total de Mercurio a las 12.h 55.m 22.s" Maior propinquidad de los centros 3.h 26.m 20."
a las 5.h 23.m 19." Mercurio formaba un triangulo equilatero con las manchas B.C. la emersion no pudo observarse en esta Ciudad. pues a las 5.h 31.m en que el Sol se ocultó (sin impedimento de nubes) Mercurio se hallaba aun bastante internado en el disco Solar; pero de ella nos dara razon el Caballero Astronomo que hallandose en un meridiano mas occidental, havra desempeñado con su acostumbrada destreza, la confirmacion, que N.C.M. que D.G. libre en ella, para rastrearle à el Cielo estos dos famosos fenomenos, q.e oculto ala Europa quiso el celoso de tener alla tambien espiones.

La legalidad me obliga, à mostrar mi agradecimiento à D. Man.l Culleron de la Barca, quien viendome solo por estar malo, i con un contratiempo forzoso D. Jph. de Bartolache, tuvo el trabajo de coger un Telescopio para la observacion, i concluyeron los datos à excepcion de un segundo, q.e tubo de mas en la inmersion.

Q.e la noticia de q.e se trata de el transito de Mercurio fue hay. se expone, en las ephemerides de el Abad de la Caille, el nombre de ephemerides Astronomicas solo corresponde aquella especie de obras, en q.e dia por dias, i hora por hora, se calculan los Respectivos movimientos de los Astros; tales son las citadas. Aunq.e la figura que representa al Sol demuestra las manchas q.e dicho dia se observaron en el; no sera ocasion, advertir q.e estas eran en n.o de 10, esto es mui necesario para evitar todo equivoco, cerciorandome el quanto se han subido crecer las 10 q.e contenia facilidad, se distinguian el dia del transito de Venus, en q.e para esta necesaria alguna facilidad, hacen instrumento, lo que solo se verificaria Mexico esta vez en 7/8 grad.s de la. [illegible]

Finalmente, cabe mencionar que Venus y Mercurio, al igual que la Luna, también presenta fases. Galileo fue el primero en descubrir las fases de Venus, con este argumento se apoyaba la Teoría Heliocéntrica en ese entonces.

En el siguiente cuadro, mostramos el período sinódico de los demás planetas perceptibles a simple vista, considerando los intervalos básicos que pudieron ser observados con mayor facilidad por los astrónomos antiguos. Nótese que los planetas superiores sólo tienen un intervalo de desaparición, mientras que

los planetas inferiores desaparecen tanto frente del Sol como detrás del mismo. Para cada caso, se ha calculado el intervalo medio de desaparición. Las variaciones de latitud y las distintas condiciones de observación pueden producir fluctuaciones considerables en torno a la medida. Para planetas más distantes del Sol, resulta notorio la disminución del tiempo necesario para completar una revolución sinódica, cuya duración se acerca gradualmente a la de un año terrestre. Por ejemplo, Saturno, el planeta más distante visible a simple vista, difícilmente se desplaza unos cuantos grados en su órbita alrededor del Sol antes de que la Tierra haya dado una vuelta completa en torno al astro.

Planeta	Estrella matutina		Estrella vespertina		Intervalos de desaparición		Período sinódico
Mercurio	38	+	38	+	5 + 35	=	116
Venus	263	+	263	+	8 + 50	=	584
Marte		660		+	120	=	780
Júpiter		367		+	32	=	399
Saturno		353		+	25	=	378

Atendiendo la tabla anterior, podemos apuntar que la astronomía posicional mesoamericana pudo seguir con regularidad el curso de un planeta a lo largo de la eclíptica destacando sus períodos sinódicos; pero además del registro sinódico, fue muy significativo registrar el desplazamiento de los planetas respecto al horizonte como queda demostrado al menos para El Caracol en Chichén Itzá respecto a Venus. Generalmente, los planetas saldrán y se pondrán más o menos en la misma posición que el Sol, ejecutando en un año una oscilación completa a lo largo del horizonte. Pero, como su plano orbital está ligeramente inclinado con respecto a la eclíptica, cada planeta puede migrar a uno u otro lado de la trayectoria del Sol, dependiendo del grado en que se incline su órbita. Mercurio y Venus poseen las mayores inclinaciones orbitales de los planetas visibles a simple vista [Aveni, 1991: 103 - 104], así que la ilustración de la página 93 nos puede servir como modelo para considerar los extremos azimutales de Venus para el área de nuestro interés.

Marte debe su apariencia rojiza al óxido de hierro que domina en su atmósfera. En su superficie se visualizan zonas oscuras que están formadas por rocas similares al basalto terrestre, forma parte de los llamados planetas telúricos de naturaleza rocosa al igual que la Tierra. Cuando se halla más cerca de nuestro planeta, a 55 millones de km, Marte después de Venus, es el obje-

to más brillante en el cielo nocturno, se visualiza con facilidad cuando se forma la línea Sol-Tierra-Marte al estar en oposición cerca de la Tierra. Destaca el hecho de que el ciclo sinódico del planeta Marte es de 780 días, que es justamente 3 períodos de 260 días, es decir 3 veces un *tzolkin* o *tonalpohualli*. Por otra parte, es necesario agregar a la tabla anterior el criterio de que el intervalo medio de movimiento retrógrado para Marte es de 75 días, para Júpiter de 120 y para Saturno de 140 días [Aveni, 1991: 106].

El movimiento retrógrado es el movimiento orbital de un cuerpo en dirección opuesta a la normal en otros cuerpos espaciales de su mismo sistema. El movimiento retrógrado se utiliza normalmente para referirse al movimiento de los planetas exteriores. Aunque esos planetas parecen moverse de este a oeste de una noche a otra como respuesta a la rotación de la Tierra, lo cierto es que en realidad se desplazan lentamente hacia el este respecto a las estrellas fijas, lo que se puede observar anotando la posición de esos planetas durante varias noches seguidas. Este movimiento es normal para esos planetas, y no se considera movimiento retrógrado. Sin embargo, como la Tierra completa su órbita en un período más corto que el de esos planetas exteriores, en ocasiones adelantamos a uno de ellos, como un coche más rápido en una autopista de varios carriles. Cuando esto ocurre, el planeta al que adelantamos aparentará en un principio detener su desplazamiento hacia el este, y luego parecerá volver hacia el oeste. Esto es un movimiento retrógrado, ya que se produce en una dirección opuesta a la normal para los planetas [Harris, 2013]. Es posible registrar el movimiento retrógrado al observar todos los días su posición a la misma hora con respecto a una estrella de fondo, por ejemplo, en el caso de Marte, en un período de tres meses, veremos cómo retrasa su posición.

Cuando Marte sale después del ocaso, se le ve en lo alto del cielo de medianoche, como un objeto rojo brillante, está en su punto más cercano a la Tierra. A medida que se desplaza al este, Marte es visible como una estrella vespertina. Gradualmente, pasan los días y se le puede ver salir por el horizonte seis horas después del ocaso. Enseguida, el planeta empieza un largo período de varias semanas de invisibilidad a simple vista, ya que el planeta rojo pasa por detrás del Sol. Después, aparece débilmente en el cielo de la mañana adelante del Sol en su orto heliaco. Luego, Marte cobra brillo poco a poco, a medida que día con día sale progresivamente más temprano hasta que finalmente sale a medianoche. Finalmente, el planeta es una prominente estrella vespertina situada en lo alto del cielo, cerca del meridiano celes-

te del observador. Marte completa su ciclo con un movimiento retrógrado con respecto a las estrellas, parece detenerse y regresa hacia el poniente, finalmente reanuda su desplazamiento normal de poniente a oriente. Ese desplazamiento, en sentido contrario, ocurre siempre que la Tierra rebase a Marte en su órbita [Aveni, 1991].

Júpiter necesita alrededor de 400 días para completar un intervalo entre ortos heliacos sucesivos. Como se ha perdido de vista alrededor de un mes, es visible poco menos de 370 noches consecutivas. Durante este tiempo, pasa alrededor de 250 días en desplazamiento normal hacia delante. Los 120 días restantes, Júpiter tiene un movimiento retrógrado, 60 a cada lado de la oposición, tiempo durante el cual brilla con la mayor intensidad [Aveni, ibidem: 106].

Las líneas anteriores nos llevan a la conclusión de que el registro de los períodos sinódicos de los planetas fue posible en la antigüedad; pero el cálculo del período sideral es difícil de determinar desde una observación directa sin derivarlo del álgebra. Aveni propone que se puede realizar este cálculo desde la astronomía posicional [Aveni, 1991: 106-108], para así dar respuesta a los investigadores que consideran que en Mesoamérica fue posible calcular el período sideral que presentamos en la tabla de la página 53, en la columna que corresponde al período orbital de cada planeta.

2.5.6. El orto y ocaso helíaco

Durante la noche, vemos las estrellas porque estamos situados en el lado opuesto al Sol. Cuando pasamos a la luz del día, conforme amanece, dejamos de verlas por efecto de la iluminación. Pero durante la noche no vemos las mismas estrellas. Hay estrellas que siempre se verán noche tras noche a diferentes horarios, pero otras solamente se observarán en ciertas épocas, y otras nunca se podrán observar desde determinada latitud geográfica entendido el eje de rotación de la Tierra, recordemos lo visto páginas atrás respecto a la eclíptica. Así que un observador del firmamento nocturno no puede observar todas las estrellas y constelaciones del cielo a la vez. Por ejemplo, quienes habitan en el hemisferio norte, alejados de la latitud ecuatorial a más de 30º no pueden apreciar la constelación conocida como la Cruz del Sur; de igual manera, quien vive en el hemisferio sur no puede ver la estrella Polar que siempre es visible para observadores apostados en el hemisferio norte.

Por lo general, las estrellas guardan períodos de invisibilidad que duran aproximadamente seis meses. A excepción de las estrellas circumpolares, que siempre son visibles y a las cuales se les conoce con el nombre de inoccidiuas pues no presentan ocaso,[31] al ser observadas desde cierta latitud nunca desaparecen bajo el horizonte debido a su proximidad a uno de los polos celestes. Las estrellas inoccidiuas son, por lo tanto, visibles desde determinado lugar toda la noche, todas las noches del año y serían siempre visibles durante el día también si no fuera por el efecto del resplandor del Sol. Por ejemplo, para un observador situado a 20º de latitud norte, son inoccidiuas todas las estrellas que disten menos de 20º del Polo Norte. Los egipcios otorgaron a las estrellas circumpolares o inoccidiuas un valor simbólico, pues consideraban que no conocían la fatiga o la destrucción, así que concebían los cielos del norte como una región en la que no existía la muerte: el país donde se gozaba de una vida eterna y feliz.

Las estrellas no circumpolares, así como el Sol, la Luna y los planetas describen sólo parte de un círculo, cortando al horizonte en dos puntos: el orto y el ocaso. Un astro está en el orto cuando atraviesa el plano del hemisferio invisible para pasar al hemisferio visible. En otras palabras, cuando su altura astronómica (h) es cero, pasando de negativa a positiva. Su caso inverso es el ocaso.

Pues bien, cuando se mira al cielo noche tras noche, a la misma hora, se observa que las estrellas se van desplazando respecto a la posición que ocupaban noches anteriores. Así que la salida helíaca es el primer día de visibilidad de un astro saliendo por el este, durante el crepúsculo[32] matutino. El día de su orto heliaco, las estrellas hacen su aparición por un breve tiempo, pues enseguida la luz del Sol las borra del horizonte. A partir de ese momento la distancia angular entre la estrella y el Sol se incrementa por lo que la estrella se hará visible por períodos más prolongados de tiempo. El ocaso helíaco corresponde al último día en que, durante el atardecer, es visible el astro después de la puesta del Sol. Es fácil comprender la importancia de estos días para las antiguas civilizaciones que consideraban que la Tierra era plana, así que probablemente les parecía terrorífico que la Tierra se tragara los cuerpos celestes, o concretamente hablando descendieran al inframundo.

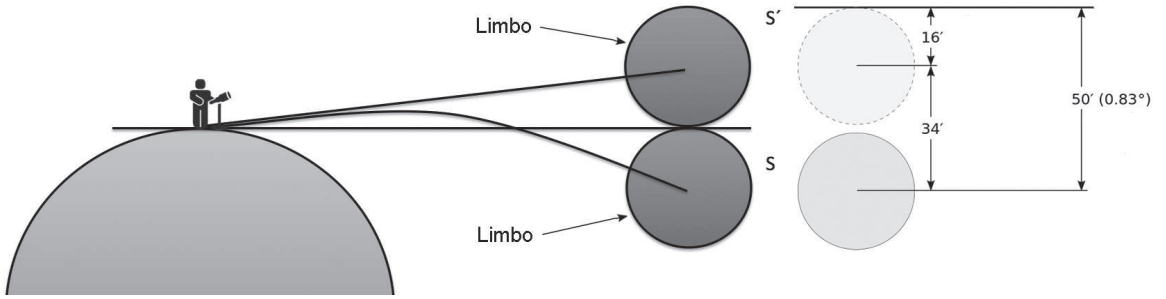
En los casos del Sol y de la Luna, el orto se produce cuando su limbo superior toca el horizonte. Sin embargo, cuando aprecia-

31 Comunicación oral de Alberto León del grupo Astrotecno, junio de 2014.
32 Consultar detalles sobre los tipos de crepúsculo en el *Glosario*, pág. 441.

mos al limbo tocar el horizonte estamos frente a un suceso aparente y no real. Imaginemos que vemos la salida del Sol por un horizonte astronómico, al coincidir el limbo superior con el horizonte pensaríamos que el centro del Sol distaría angularmente 90º 16' del cenit, pues el Sol tiene un diámetro de 0º 32'. Pero no es así, realmente se encuentra angularmente a 90º 50' del cenit. La diferencia de 34' es resultado del fenómeno de refracción atmosférica, así que al observar el limbo solar rasante sobre el horizonte, realmente aún se encuentra a 34' por debajo. Al ir ganando altura el Sol sobre el horizonte parecerá que lo hace perpendicularmente y no de manera oblicua como corresponde a la latitud del observador, la refracción es de nuevo responsable, y de ahí el origen del término "orto" que significa recto. Así que el Sol asciende sobre el horizonte en una trayectoria recta.

ABAJO

La refracción hace que la altura aparente de un astro sea superior a la altura real. Así que el Sol bajo el horizonte, en S, se ve en S' sobre el horizonte.
El limbo es el oscurecimiento de los bordes del Sol causado por la absorción de la luz en la atmósfera.



La refracción atmosférica responde esencialmente a la temperatura y la presión atmosférica, y varía conforme avanza el crepúsculo, así que al transcurrir un momento el Sol recupera su ascenso oblicuo por el cielo. Esta variación está contemplada para el planetario Stellarium, el cual permite conocer la diferencia entre una "posición geométrica" considerando que no hay atmósfera, y una "posición aparente" cuando la posición está modificada por la refracción y la temperatura. Estos datos se pueden proporcionar al programa en la ventana de "opciones de cielo" en el campo de "atmósfera" con las variantes: presión, temperatura y coeficiente de extinción. El coeficiente de extinción corresponde al espesor de la atmósfera por la que atraviesa la luz y al ángulo de entrada, siendo menor la refracción durante el cenit.

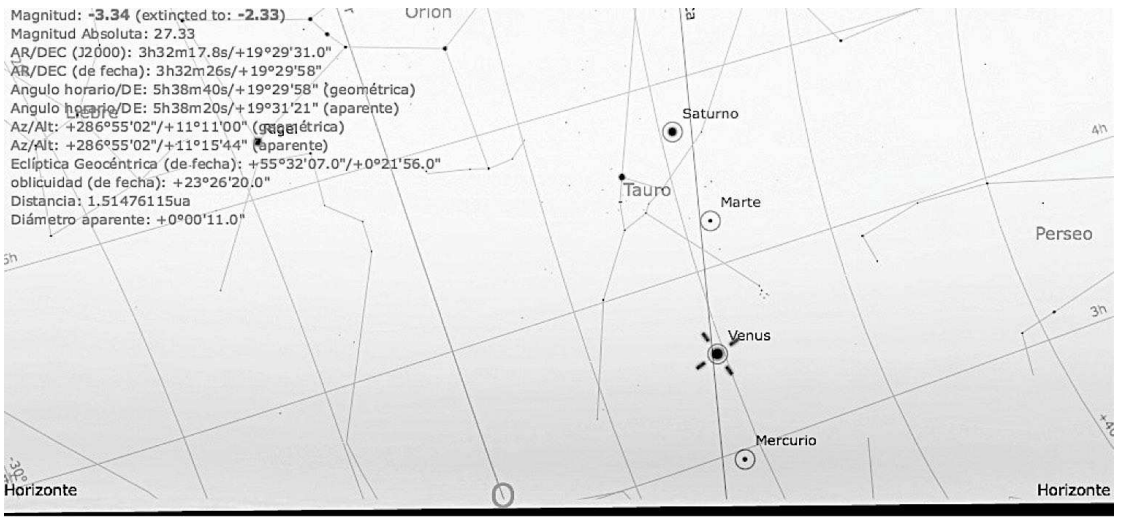
El lector encontrará en la literatura otra definición para orto y ocaso heliaco como lo previene [Belmonte, 2009: cap. 2.3], aunque su uso es menos habitual, puede llevar a confusiones, pues se dice que el orto heliaco de una estrella se produce el día en que su salida es visible por última vez al anochecer. Análogamente, el ocaso heliaco tendría lugar el primer día en que es observable la puesta de la estrella antes del amanecer.

2.5.7 Conjunción y oposición

Cuando apuntamos conjunción, no debe confundirse con alineación. En astronomía, técnicamente no se utiliza el término "alineación" sino el de conjunción. Alineación corresponde a un concepto visual propio de la astrología. Dos astros están en conjunción cuando, observados desde la Tierra, se hallan aproximadamente en la misma longitud celeste o ascensión recta [AR]. Como la latitud celeste puede ser diferente los astros se aproximan mucho en el cielo, aunque no coinciden, pasando en ocasiones uno por encima del otro. La conjunción es uno de los principales aspectos de los planetas.

ABAJO

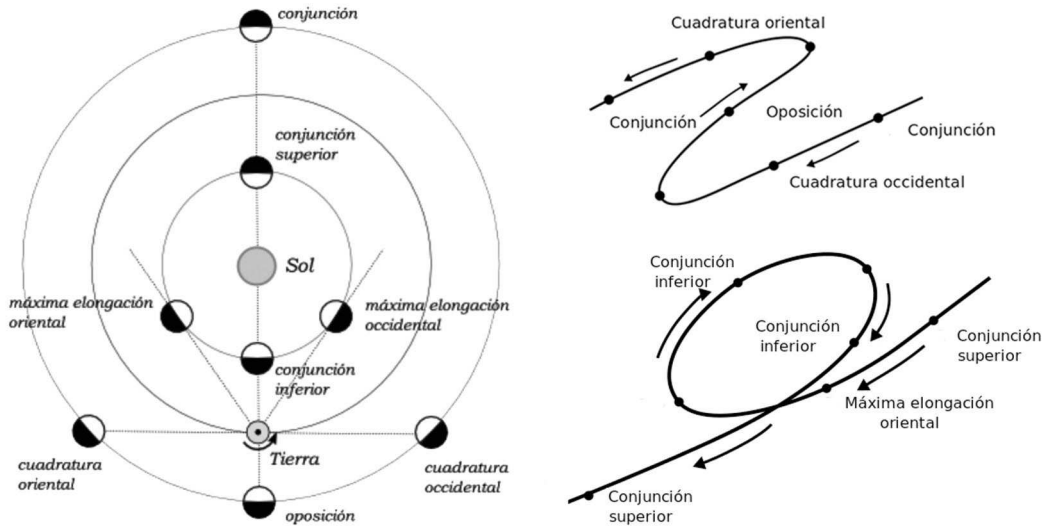
Conjunción planetaria de Saturno, Marte, Venus y Mercurio para el 21 de abril del año 2002, según Stellarium.



La Luna se halla en conjunción con el Sol cuando pasa entre éste y la Tierra, es decir en novilunio. Si las latitudes no son muy diferentes, es decir, si la Luna está cerca de los nodos de su órbita, ocurrirá un eclipse de Sol.

Los planetas interiores Mercurio y Venus, se hallan en "conjunción inferior" cuando pasan entre el Sol y la Tierra; entonces el planeta se encuentra a la mínima distancia de la Tierra y nos presenta su mayor diámetro y su cara no iluminada. Si los planetas tienen una latitud pequeña, están cerca de la eclíptica o cerca del nodo de su órbita, entonces puede ocurrir un tránsito de estos planetas por el disco solar como sucedió el 6 de junio de 2012 con el tránsito de Venus. Los planetas interiores están en "conjunción superior" cuando es el Sol el que se halla situado entre ellos y nuestro planeta. Están entonces a la máxima distancia de la Tierra, presentan su diámetro más pequeño y su cara está totalmente iluminada. Son difíciles de observar porque, al hallarse cerca del Sol, salen y se ponen con él.

Los planetas exteriores a la órbita de la Tierra, sólo pueden hallarse en conjunción superior, que se denomina simplemente "conjunción", pues el planeta no puede pasar entre el Sol y la Tierra. No debe confundirse con "oposición", que es cuando la Tierra pasa entre el Sol y el planeta exterior. Sólo los planetas exteriores y la Luna pueden encontrarse en oposición al Sol. La Tierra se encuentra entre el Sol y el planeta. Cuando esto ocurre, el planeta pasa por el meridiano del lugar a medianoche. El planeta es visible durante toda la noche pues sale durante la puesta del Sol y se oculta antes del amanecer, así que ocupa su posición más cercana a la Tierra, por lo que su diámetro es el mayor posible y las condiciones de observación son idóneas. Los planetas interiores alcanzan tanto conjunción inferior como superior.



ARRIBA

Las órbitas de los planetas guardan diferentes configuraciones vistas desde la Tierra. En la figura de la derecha, en la parte superior, los planetas exteriores y en la inferior los interiores. En todos los casos durante la conjunción los planetas no son visibles, los exteriores son visibles durante la oposición: a la puesta por el este y al amanecer por el oeste y durante las cuadraturas; los interiores son visibles al amanecer en la elongación occidental y la oriental al oscurecer.

2.5.8. Cometas, estrellas fugaces y otros fenómenos celestes

Los cometas son cuerpos sólidos celestes que forman parte del Sistema Solar. Están formados por hielo, polvo y rocas que orbitan alrededor del Sol siguiendo diferentes trayectorias elípticas, parabólicas o hiperbólicas. Se visualizan por un rastro luminoso con una

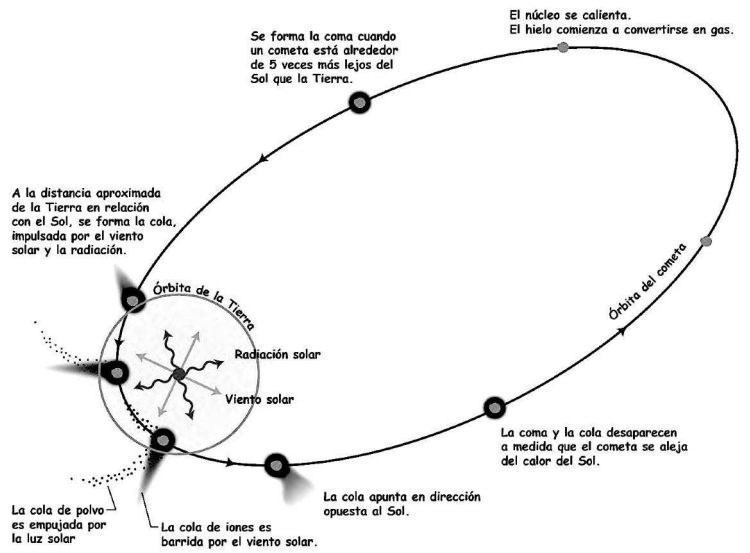
prolongación llamada cola que se desprende de la "coma", que es la nube de polvo y gas que envuelve al núcleo de un cometa. Según el tamaño en kilómetros, los cometas se clasifican en:

- Cometa enano: 1 a 1.5 km
- Cometa pequeño: 1.5 a 3 km
- Cometa mediano: 3 a 6 km
- Cometa grande: 6 a 10 km
- Cometa gigante: 10 a 50 km
- Cometa "Goliat": > 50 km

En su mayoría, los cometas describen órbitas elípticas de gran excentricidad, lo que produce su acercamiento al Sol en períodos considerables de tiempo. Actualmente, los cometas se designan con un prefijo, "P" si son periódicos y "C" si no lo son. Un cometa periódico es aquel con un ciclo menor de 200 años.

DERECHA

La trayectoria de un cometa, NASA



Los asteroides, a diferencia de los cometas, orbitan alrededor del Sol en una trayectoria inferior a la de Neptuno. Los asteroides son cuerpos rocosos más pequeños que un planeta y de mayor tamaño que un meteoroide. Un meteoroide es un cuerpo menor que gira alrededor del Sol, alcanza una superficie que va de 100 μm (micrómetro) hasta 50 m de diámetro máximo, es demasiado pequeño para considerarlo un asteroide o un cometa, el límite inferior es de 100 μm que es igual a 0.01 cm, valor que se utiliza para diferenciarlo del polvo cósmico. La mayoría de los meteoroides son fragmentos de cometas y asteroides, aunque también pueden ser rocas de satélites o planetas que han sido eyectadas en grandes impactos o simplemente restos de la formación de Sistema Solar. Al entrar en contacto con la atmósfera

terrestre, la presión y la fricción de choque hace que aumente su temperatura, el gas que se desprende se ioniza y brilla, esta es la incandescencia temporal que se observa al caer, lo cual ocurre a altitudes entre 80 y 110 km sobre la superficie de la Tierra. El efímero rastro brillante se llama técnicamente meteoro, aunque su nombre común es estrella fugaz. Cuando la magnitud aparente del destello es comparable con la magnitud de Venus se les denomina bólidos, cuando su magnitud es aún mayor se les concede el nombre de superbólidos. Los fragmentos de estos cuerpos que llegan a la superficie terrestre se les denomina meteoritos. La mayoría de los meteoritos, excepto los metálicos de grandes dimensiones proceden de meteoroides. Es posible distinguir una coloración en la cauda de los meteoros, depende de su composición química: rojo, nitrógeno y oxígeno; amarillo, sodio; morado, calcio; naranja, hierro; verde azulado, magnesio.

Cuando un cometa en su órbita se adentra en el interior del Sistema Solar, la interacción con el viento solar hace que su superficie se active. Los gases y materiales de la superficie del cometa salen despedidos al espacio, y pasan a orbitar al Sol en trayectorias muy similares a las de su cometa de origen. Así se forma una corriente o anillo de partículas, denominado técnicamente enjambre de meteoros. La órbita terrestre cruza algunos enjambres produciendo lluvias de estrellas anuales. Cuando la actividad de una lluvia de estrellas sobrepasa los 1000 meteoros por hora, se la denomina tormenta de meteoritos. Las lluvias de estrellas anuales más notables en el hemisferio norte son:

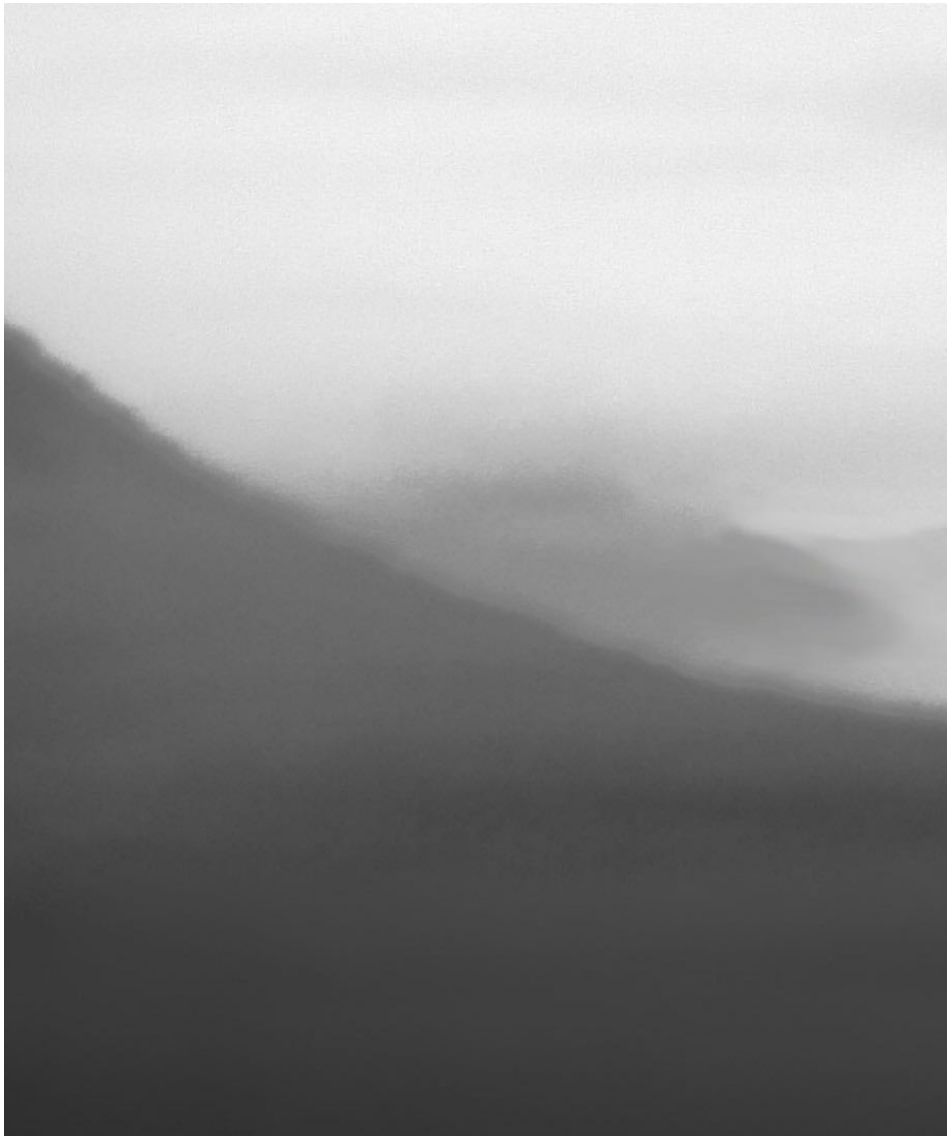
Denominación	Fecha	Tasa horaria cenital	Constelación
Cuadrántidas	1 al 5 de enero	120 meteoros/h	Boötes
Líridas	16 al 25 abril	18 meteoros/h	Lira
Perseidas o Lágrimas de San Lorenzo	17 de julio al 24 de agosto	100 meteoros/h	Perseo
Dracónidas o Giacobínidas	6 al 10 de octubre	variable	Dragón
Oriónidas	2 de octubre al 7 de noviembre	23 meteoros/h	Orión
Leónidas	15 al 21 de noviembre	20 meteoros/h	Leo
Gemínidas	7 al 17 de diciembre	120 meteoros/h	Géminis

La aurora boreal es un fenómeno que se presenta en forma de luminiscencia o brillo en el cielo nocturno. Se aprecia principalmente en las zonas polares, aunque es posible observarla en otras partes del mundo por períodos cortos. En el hemisferio norte, se le conoce como aurora boreal, mientras que en el hemisferio sur como aurora austral. Se produce cuando una eyec-

ción de masa solar choca con los polos norte y sur en la región del campo magnético terrestre, el cual desvía los vientos solares formando una especie de escudo protector contra las partículas solares cargadas de alta energía. Así se produce una luz difusa que se proyecta sobre la atmósfera terrestre. El viento solar es transformado por el campo magnético terrestre, con ello, las partículas fluyen como lo hace un río alrededor de una piedra, el viento solar empuja a la magnetosfera deformándola a modo de que en lugar de que se observe un haz uniforme de líneas electromagnéticas, lo que resulta es una estructura con forma de cometa alargado, con una larga cola que va en dirección contraria al Sol. Las partículas atrapadas en la magnetosfera chocan con los átomos y moléculas de la atmósfera de la Tierra. Los átomos y las moléculas encontrados en su nivel más bajo de energía son exaltados devolviendo la energía en forma de luz, la cual es la que se percibe y se denomina aurora boreal. Geográficamente, en el hemisferio norte es muy poco probable observarlas al sur del paralelo 40º, se aprecian mejor a la media noche durante el invierno.

DERECHA

Espectacular fotografía de Julia Montero del tránsito de Mercurio por el Sol registrado desde Naucalpan, EdoMéx, el día 11 de noviembre de 2019 a las 06:56 horas. La fotografía se volvió viral en la televisión pública nacional, en los medios de comunicación y en las redes sociales por captar justamente el fenómeno astronómico con el aterrizaje de un vuelo de Aeroméxico en la Ciudad de México.



Además del movimiento de los astros por el cielo, en la bóveda celeste se contemplan otros aspectos visuales, me refiero a los fenómenos atmosféricos, manifestaciones que encuadran fenómenos ópticos que se producen cuando los rayos luminosos del Sol o la Luna interaccionan con la atmósfera. Esto sucede porque la atmósfera contiene diferentes componentes, como moléculas, materias líquidas y sólidas en suspensión. Estos componentes actúan como dispersores, reflectores y refractores de la luz, así que la atmósfera, preferentemente en las capas bajas, posee altas concentraciones de vapor de agua, pequeñas gotas y cristales de hielo que propician la aparición de ciertos fenómenos ópticos como las tonalidades del cielo a diferentes horas del día, o la coloración del Sol durante el ocaso y el amanecer; son extraordinarios: el arco iris, el halo lunar, las nubes irisadas, y el cinturón de Venus entre otros muchos fenómenos que sin duda tuvieron repercusión cultural con respecto al cielo, y que son tratados en el *Apéndice D. El cielo y sus contornos* (pág. 438). Para más información se recomienda consultar el libro *Fenómenos atmosféricos* de Casado y Serra-Ricart [2013].





3
Mesoamérica

3.1 Concepto

En 1943, Paul Kirchhoff publica *Mesoamérica, sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales*, en un intento por señalar lo que tenían en común determinados pueblos y culturas del continente americano, y lo que los separaba de los demás. Posteriormente, Pedro Carrasco y otros hacen más completo el término; en la actualidad es ya un concepto propio del discurso de la arqueología americana.[33] Cierto es que en su momento se marcaron fronteras que al paso del tiempo han sido ampliadas por nuevas investigaciones, principalmente al norte de México. El concepto de Mesoamérica muestra una región cuyos habitantes se vieron unidos por una economía, ideología e historia similar que los congregó. Las principales características que comparten son:

- Utilización de un bastón plantador llamado coa.
- Cultivo del maíz y su transformación en nixtamal con el empleo de cal, y luego en masa.

33 Para algunos especialistas, el termino actualmente ha perdido validez y requiere de una revisión crítica, véase García Mora [2000], también en línea como: Mesoamérica: Un proyecto científico y un programa político <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=1021>.

ENFRENTE

La denominada Gruta del Sol en Xochicalco es una cavidad acondicionada para funcionar como instrumento de observación astronómica, presenta en el techo una claraboya a la que le sigue un tiro vertical oblicuo por el que pasa la luz solar, los cambios de iluminación durante el año permiten registrar el paso del tiempo en el calendario.

- Producción de papel, aguamiel y pulque a partir del maguey.
- Práctica del autoflagelación y sacrificios humanos con fines religiosos.
- Cultivo del cacao.
- Construcción de pirámides escalonadas.
- Práctica del Juego de Pelota.
- Fabricación de armas con bordes pétreos.
- Uso de dos calendarios, uno de 260 días y otro de 365.
- Escritura glífica.

En la antigua Mesoamérica, la astronomía es un tema que, aunque dependiente de estudios muy especializados, capta la atención de un gran público. Ha sido ampliamente aceptado que las civilizaciones del México antiguo desarrollaron precisos sistemas de observación de los astros, establecieron tablas astronómicas de una exactitud sorprendente y crearon calendarios junto a los cuales los europeos de la misma época no eran tan eficientes. Recordemos que para inicios del siglo XVI, los europeos llegados a Mesoamérica se valían del calendario juliano, el cual estaba desfasado con 10 días.[34] Sorprende que sociedades con una tecnología neolítica contaran con escritura y bibliotecas donde se registraban los ciclos calendáricos como la cuenta larga o documentos como el *Códice de Dresde*, libro precolombino de tablas astronómicas y calendáricas, de riqueza incomparable, pues se destaca por la cantidad de información que contiene de manera sintética. El códice es, sin duda alguna, uno de los manuales teóricos y mnemotécnicos más extraordinarios de la historia de la humanidad. La forma misma de este documento muestra bien a qué grado de refinamiento habían llegado los sabios del antiguo México y su capacidad para condensar en un mínimo de espacio y de números todo un rico conjunto de cálculos astronómicos combinados en un sistema [Lebeuf, 1995: 214].

> La contribución original de la América nativa, a la historia universal de las ideas en matemáticas, geometría y astronomía, es tanto más instructiva cuanto que fue desarrollada en un medio limitado y con recursos que no dejan nada que desear, comparados con los conocimientos antiguos o medievales que se tenían en Mesopotamia y en el Mediterráneo durante las mismas épocas. Se encuentra, por ejemplo, desde antes del primer siglo a. C., el uso de la cuenta larga, secuencia lineal de días, cada uno de los cuales lleva un número de orden a partir de

34 Un equivocado cómputo para el número de días con que se contaba el año trópico representó un inconveniente para el papa Gregorio XIII, quien resolvió sustituir el calendario juliano en el año de 1582, eliminando 10 días que se venían acumulando desde el Primer Concilio de Nicea, del año 325. De ahí que nuestro moderno calendario se denomine gregoriano.

> un punto cero situado convencionalmente (un sistema como este no se encuentra en Europa sino hasta el siglo XVI con la adopción del calendario gregoriano). No nos dejemos engañar por la aparente simplicidad de este herramienta cronológica: la cuenta larga revela una capacidad de abstracción que resalta la genialidad de sus inventores, ya que es de una eficiencia perfecta para mantener la crónica de los sucesos históricos y archivar los resultados de las observaciones empíricas de fenómenos celestes y de ciclos cósmicos de una manera absoluta y objetiva, ya que es el medio más eficaz para evaluar el error acumulado por el empleo de ciclos calendarios canónicos siempre formados por números enteros.
>
> Arnold Lebeuf, 1995: 214-215

3.1.1 Regiones

El área territorial mesoamericana ocupa la mitad meridional de México, los territorios de Guatemala, El Salvador y Belice, así como el occidente de Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Se compone de cinco áreas culturales:

- *Norte*, durante el Clásico y el Posclásico, parte del área norte, que al momento de la Conquista estaba habitada por grupos nómadas, se encontraba ocupada por sociedades sedentarias con rasgos culturales comunes a los del área mesoamericana. En la región destaca la cultura Chalchihuites, su origen parece haber sido consecuencia de una colonización por parte de grupos mesoamericanos, posiblemente procedentes del centro de México, a principios de nuestra era. En la época de la Conquista, la vasta región situada más allá del norte del río Lerma estaba habitada por grupos nómadas de cazadores recolectores, a los que los pueblos del centro de México llamaban chichimecas destacados por su movilidad y su particularidad bravura, resistieron con éxito a los pueblos sedentarios del área mesoamericana.
- *Altiplano Central*, recibió influencia olmeca durante el primer milenio a. C., y poco tiempo después florecieron culturas endógenas. La ciudad de Teotihuacán fue quizás la cultura más importante de las que radicaron en Mesoamérica. Tras la caída teotihuacana, se asentaron en sus proximidades las culturas de Xochicalco, en el actual estado de Morelos, Cacaxtla, en Tlaxcala, y Cholula, en Puebla. En el segundo milenio, comenzaron las invasiones toltecas y, en 1325, se fundó Tenochtitlan. Una de las áreas más importantes durante la historia prehispánica de México fue la que se conoce como Centro de México. Está conformada por los valles de tierra templada a fría situados en la parte meridional de la Altiplanicie Mexi-

cana y en el norte de la cuenca del río Balsas. Es un nicho ecológico caracterizado por su clima templado y la ausencia de corrientes importantes de agua. Este hecho fue el que motivó el desarrollo temprano de obras hidráulicas, entre las que se cuentan la canalización de los ríos y los sistemas de acequias en las laderas de los cerros para almacenar el agua. El valle de Tehuacán, localizado al sureste de esta región, es importante porque de él proceden, al parecer, los restos más antiguos de cultivo del maíz y algunas de las muestras de la cerámica más antigua de Mesoamérica. El Centro de México incluye, además, la cuenca lacustre del valle de México, compuesta por varios lagos y lagunas. En torno al lago de Texcoco, crecieron poblaciones tan importantes como Cuicuilco, en el período Preclásico; Teotihuacán en el Clásico y Tula y Tenochtitlan en el período Posclásico. Las últimas culturas del altiplano fueron las de la Triple Alianza: Texcoco, Tacuba y Tenochtitlan. Con un inicio difícil, los mexicas se asentaron en la cuenca de México en 1325 y un siglo después comenzó su hegemonía. En menos de cien años, la Triple Alianza conquistó gran parte de Mesoamérica, con la característica de que permitían a los pueblos sometidos conservar su cultura y religión.

- *Maya*, incluye una porción de Centroamérica y el sureste de México. Los más tempranos desarrollos culturales del área ocurrieron en la zona sur, la primera cerámica, producida en la localidad beliceña de Cuello parece indicar que el desarrollo de la alfarería en el área fue derivado de tradiciones sudamericanas. La primera ciudad con arquitectura monumental fue Nakbé durante el primer milenio a. C., seguida por El Mirador (600 a. C.), importante asentamiento de El Petén, en donde se inició la cultura durante Preclásico con todos los atributos que después serán distintivos para el Clásico. Siglos más tarde, se desarrollaron los primeros centros de población que habrían de convertirse en las magníficas ciudades del período Clásico. La caída y abandono de las grandes ciudades mayas del período Clásico se debió a una combinación de factores: guerras internas, desastre ecológico, cambio climático y migraciones provenientes del norte de Mesoamérica; de esta manera, el corazón de la cultura maya se trasladó para el Posclásico a las tierras de la península de Yucatán donde habrían de florecer las ciudades de Chichén Itzá, Uxmal, Tulum, Mayapán, Cobá e Izamal.
- *Oaxaca*, ocupando la entidad homónima hasta el Istmo de Tehuantepec y el sur de Puebla; desde la antigüedad, es una de las áreas con más diversidad cultural. Es un territorio distinguido por su sequedad y compleja topografía. Los valles centrales de

Oaxaca vieron el desarrollo de la cultura zapoteca organizada en cacicazgos regionales que controlaban la tierra de cultivo de los pequeños valles de Etla, Tlacolula y Miahuatlán. Algunos de los primeros ejemplos de gran arquitectura en Mesoamérica pertenecen a esta región, como el centro ceremonial de San José Mogote. La hegemonía de este centro ceremonial pasó a manos de Monte Albán, la capital clásica de los zapotecos. La caída de Teotihuacán en el siglo VIII d. C. permitió el mayor apogeo de la cultura zapoteca; sin embargo, la ciudad de Monte Albán fue abandonada en el siglo X d. C., y dio lugar a una serie de centros regionales que se disputaron la hegemonía política de la región. Por su parte, desde el período Preclásico, la Mixteca había formado núcleos de población importantes en la región, como Yucuita y Cerro de las Minas. Sin embargo, las capitales mixtecas no alcanzaron nunca la magnitud de sus vecinas zapotecas.

- *Occidente de México*, comprende los actuales estados de Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit y una porción de Zacatecas; la región fue ocupada por pueblos de habla yutoazteca, como los coras, los huicholes y los tepehuanos. De manera progresiva, se sumaron estos pueblos a la esfera de la civilización mesoamericana. Se supone que los primeros desarrollos cerámicos de la región estuvieron vinculados con las tradiciones de los pueblos andinos de Ecuador y Perú a través de una ruta marítima de cabotaje que trasladaba productos a través la costa del Pacífico. Los cambios que afectaron al resto de las regiones de manera clara son menos observables en Occidente, por ello, las tradiciones culturales del Preclásico, como la de Colima, Jalisco y Nayarit o la de tumbas de tiro sobrevivieron hasta bien entrado el período Clásico (150-900 d. C.). La más conocida de las sociedades de Occidente es la purépecha o tarasca, que rivalizó en el siglo XV d. C. con el poderío de los mexicas del Altiplano Central.
- *Guerrero*, tradicionalmente se considera a Guerrero como una región perteneciente al área de Occidente. Sin embargo, descubrimientos más recientes, han reorientado la división de las áreas culturales mesoamericanas. El Guerrero mesoamericano ocupa aproximadamente la superficie de la entidad homónima. Se puede dividir en tres regiones con características diferentes: 1) al norte, la depresión del río Balsas; 2) la parte central, que corresponde a la Sierra Madre del Sur, región rica en yacimientos minerales y con escasas cualidades agrícolas; y 3) la región sur, constituida por la

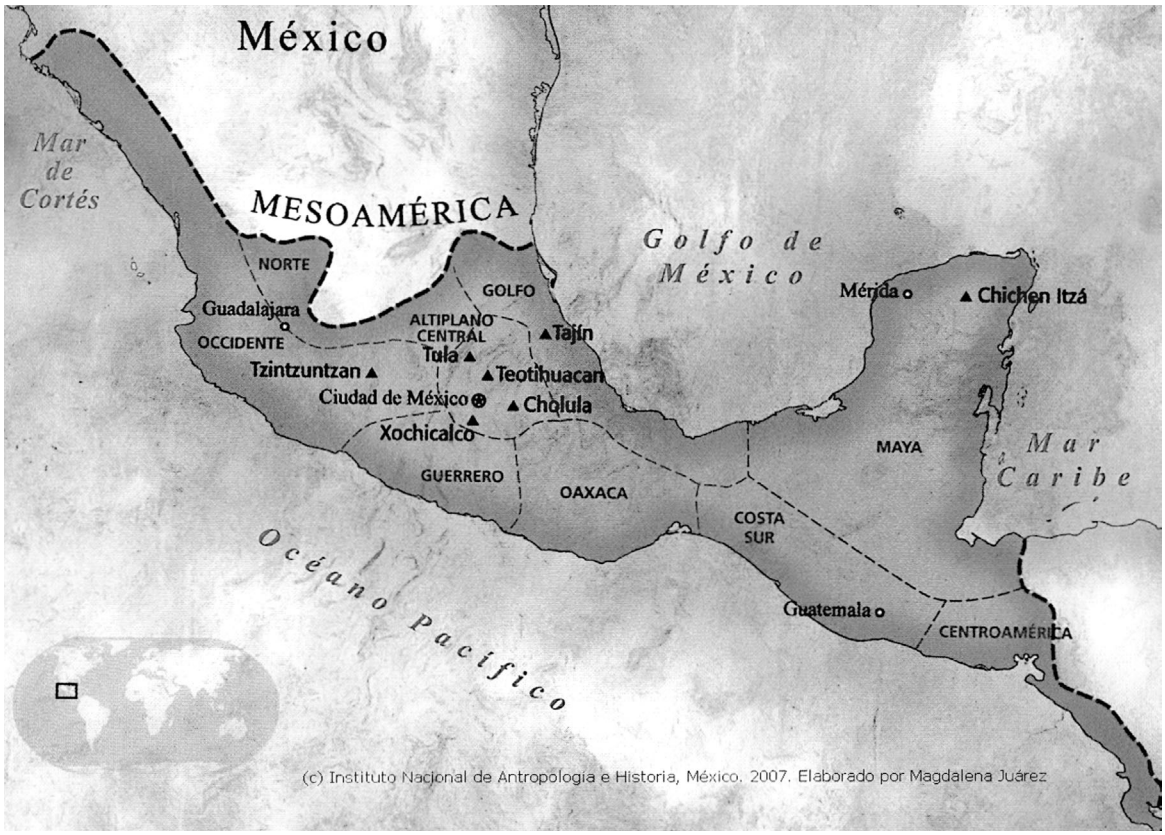
costa del océano Pacífico. Guerrero fue el escenario de las primeras tradiciones alfareras de Mesoamérica. Los restos más antiguos de ella han sido encontrados en Puerto Marqués; es la cerámica denominada Pox Pottery con una antigüedad aproximada de 2500 años a. C., anteriores inclusive a los vestigios correspondientes a los olmecas en la opuesta costa del Golfo de México. Durante el Preclásico, la cuenca del Balsas se convirtió en una zona de vital importancia para el desarrollo de la cultura olmeca, que dejó huellas de su presencia en sitios como Teopantecuanitlán y las grutas de Juxtlahuaca. Más tardío fue el desarrollo de una tradición escultórica conocida como Mezcala, caracterizada por su tendencia a la geometría del cuerpo humano. Durante el período Posclásico, la mayor parte de Guerrero quedó bajo dominio mexica.

- *Costa del Sur,* en esta región se incluyen regiones situadas en el centro y sur de Chiapas y Guatemala. Se trata de una zona que albergó varias culturas que, si bien poseían rasgos comunes a las culturas mesoamericanas, eran de carácter esencialmente autónomo, aunque siempre mantuvieron contacto con pueblos del área, principalmente con la región maya. Debido a su amplitud y su prolongada ocupación, la Costa Sur fue el escenario del desarrollo de múltiples tradiciones culturales, algunas de claro origen local y otras pertenecientes de manera relevante a la esfera mesoamericana. Dos sitios son trascendentes para esta región, Izapa y Chapa de Corso.
- *Centroamérica*, en el territorio se desarrolló un amplio conjunto de pueblos con rasgos culturales particulares y con un alto grado de complejidad. Dicho desarrollo se derivó en buena medida de la capacidad de los pueblos centroamericanos para explotar eficientemente la pródiga naturaleza de la región. Otro factor determinante en la evolución de esos pueblos fue su peculiar posición geográfica, pues se encontraban entre dos de las principales áreas culturales de la América antigua: Mesoamérica y el área andina.
- *Golfo de México*, incluye los actuales estados de Veracruz y Tabasco, la región fue continuamente un centro de irradiaciones culturales que, a pesar de hablar diferentes lenguas, compartían muchos rasgos culturalmente; así también un desarrollo paralelo en lo social, lo político y lo religioso. De todas las culturas regionales, tres son relevantes: la huasteca, la totonaca y la olmeca. Esta última considerada la madre de todas las culturas mesoamericanas. Geográficamente,

la Costa del Golfo se erigió en una zona imprescindible para el intercambio de productos y el tránsito de personas. Un cruce de caminos, en donde el comercio jugó su papel relevante. Algunos de estos productos tuvieron una importancia a destacar, como el cacao y el algodón, tanto fue así que fueron utilizados como moneda corriente.

ABAJO

Mesoamérica y sus regiones culturales, INAH, 2007.



3.1.2 Períodos

Los especialistas discuten sobre la época que puede considerarse el "inicio" de la civilización mesoamericana. De acuerdo con algunas posturas, el hito primordial consiste en el desarrollo de la alfarería. Otros consideran que el primer complejo mesoamericano se desarrolla entre los siglos XV y XII a. C. con la cultura olmeca.

- *Preclásico* (2500 a. C. - 200 d.C.), a inicios de este período destaca la vida aldeana y surge la cerámica. Para el año 200 d. C., culmina con la decadencia de Cuicuilco, y se da paso al florecimiento de Teotihuacán. A lo largo del Preclásico, se da un proceso de evolución de las comunidades agrícolas igualitarias a las sociedades estratificadas que concluirán con la formación del Estado en Teotihuacán.

- *Preclásico temprano* (2500 a. C. - 1200 a. C.), entre las características principales de este momento tenemos el sedentarismo agrícola y la utilización de la cerámica; sin embargo, cuando las necesidades lo requerían, las actividades se complementaban con la pesca, la caza, y la recolección. Se da una homogeneidad grupal, existe el intercambio entre aldeas, aunque también se da un incremento en los bienes de subsistencia.
- *Preclásico medio* (1200 a. C. - 400 a. C.), se inicia el proceso de diferenciación social que concluye con la aparición de las primeras sociedades estratificadas en la costa del Golfo de México y el Pacífico de Guatemala. Hay un perfeccionamiento en técnicas de cerámica y talla de piedra. Arqueológicamente, se registra la construcción de grandes plazas y templos sobre plataformas elevadas, existe un predominio de la cultura olmeca.
- *Preclásico tardío* (400 a. C. - 200 d. C.), establecimiento de rutas comerciales alcanzando mayor distancia y expansión, crecimiento de la población y surgimiento de grandes centros regionales con arquitectura monumental. Florecen las primeras capitales urbanizadas, también los primeros conflictos desprendidos de rivalidades políticas por mantener control comercial.

- *Clásico* (200 d. C. - 900 d. C.), durante este período se consolida el proceso de urbanización que se venía gestando desde el Preclásico tardío, lo cual ocurre hacia el siglo III d. C. Las ciudades fueron cuidadosamente planificadas y trazadas en muchos casos siguiendo planteamientos astronómicos. Estas urbes funcionaron como centros administrativos y religiosos, fungiendo como complejos productivos y nodos comerciales. Durante la primera parte del Clásico, Teotihuacán se conformará como el centro cultural de Mesoamérica. El comercio jugó un papel importante como elemento de cohesión y, justamente, Teotihuacán tuvo un papel importante como centro articulador de la mayor parte de los intercambios. Tras su colapso, la red comercial decayó también, tras lo cual surgieron centros regionales que no alcanzaron a tener la posición que había ocupado antes Teotihuacán.
  - *Clásico temprano* (200 d. C - 650 d. C.), incremento y concentración de la población con una estratificación acentuada. Las elites del gobierno con

control político e ideológico se consolidan durante este período. Hay una organización compleja en las redes de comercio a larga distancia, incluyendo una influencia en aspectos económicos y políticos a partir del dominio del comercio. Es un momento de esplendor del urbanismo y consecuentemente de las artes.

- *Epiclásico* (650 d. C - 900 d. C.), se denota un impresionante desarrollo económico, cultural y artístico, los centros del poder se ubican estratégicamente. En cuestiones culturales hay un esplendor de la astronomía, el calendario, la escritura, la arquitectura, la geometría y las matemáticas. En términos económicos, aumenta la competencia comercial, existe también un incremento de conflictos armados. Este es el período de mayor esplendor de un amplio conjunto de "ciudades estado".

- *Posclásico* (900 d. C - 1520 d.C.) es la última etapa del desarrollo autóctono de la civilización mesoamericana. Como en otros períodos de la cronología mesoamericana, el inicio de este período varía en el tiempo según su ubicación. Durante el Posclásico, florecieron las culturas tolteca y mexica en el centro de México; los mixtecos en Oaxaca; los tarascos en el Occidente; los huastecos en el norte de la llanura del Golfo de México; los mayas en la península de Yucatán y los pipiles en América Central. El final del Posclásico ocurrió con la llegada de los españoles hacia la segunda década del siglo XVI. A partir de entonces, ocurrió un proceso de transculturación que remodeló las culturas autóctonas y sentó las bases de las culturas mestizas de México y Centroamérica.
  - *Posclásico temprano* (900 d. C - 1200 d. C.), la difusión de los elementos culturales es una característica de este período. Destaca la penetración al territorio mesoamericano de grupos de agricultores y cazadores septentrionales, de igual manera se manifiesta la inestabilidad política, dando paso a la conformación de unidades regionales militaristas. También, se aprecia una amplia difusión de mercancías tanto en Mesoamérica como hacia Oasisamérica al norte. Se destaca la existencia de datos históricos a través de códices con escritura glífica.
  - *Posclásico tardío* (1200 d. C - 1520 d. C.), es una de las épocas de mayor esplendor de Mesoamérica.

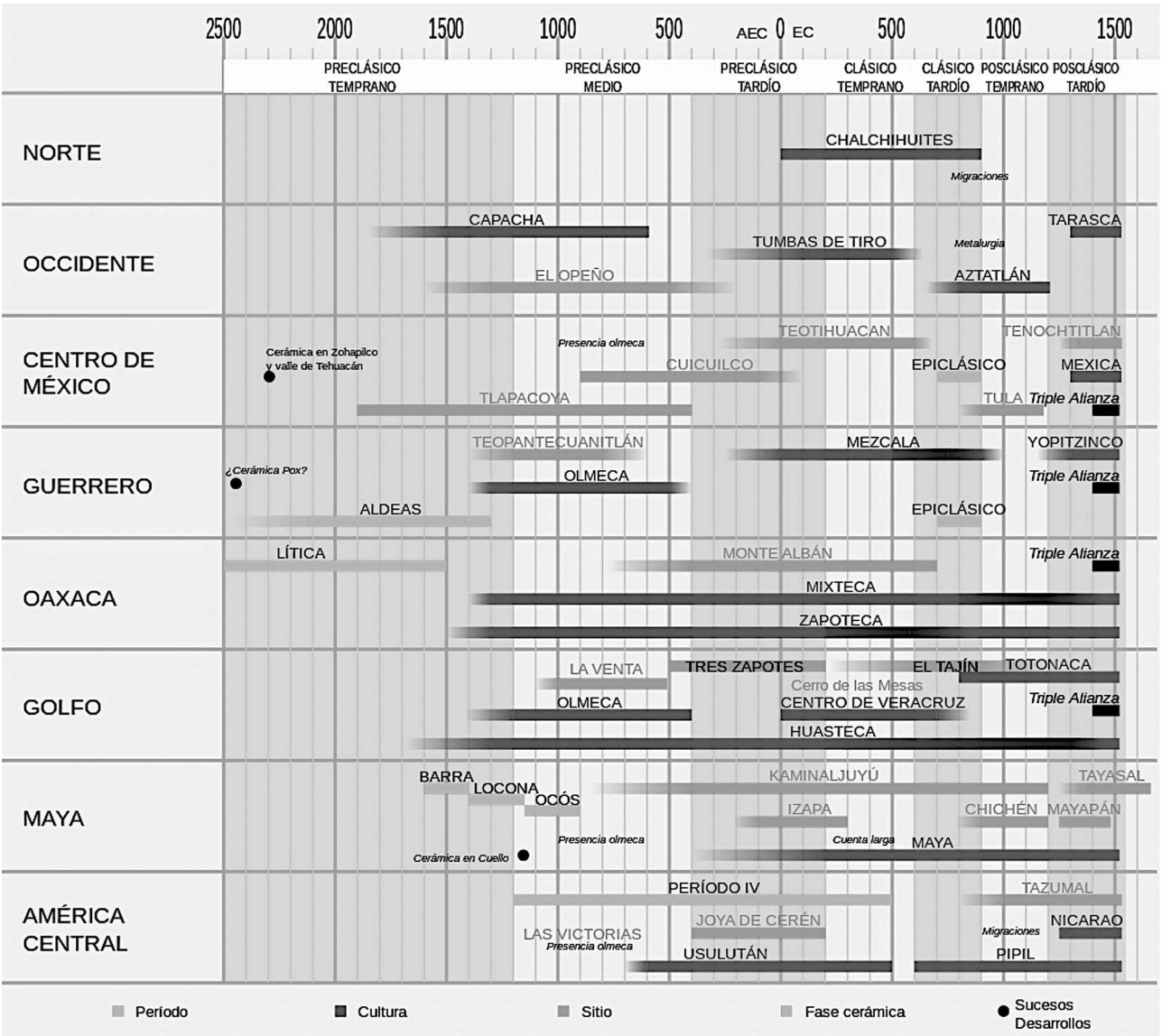
ENFRENTE

Uno de los cuatro Atlantes de Tula, representa a Quetzalcóatl como Estrella de la Mañana (Venus). La escultura mide 4.6 metros de altura, se levanta en la parte superior del Templo de Tlahuizcalpantecuhtli (del náhuatl: *tlahuizcalpantecuhtli*, traducido como el señor en la aurora: *tlahuizcalli*, "la aurora"; pan, "en"; *tecuhtli*, "señor"), la escultura se muestra como un guerrero con sus atavíos: el *atlatl* o lanzadardos, en su mano derecha; un haz de flechas; un pectoral en forma de mariposa sobre el pecho; un faldellín con un gran cinturón anudado al frente; y, en la parte posterior, un disco solar. La escultura fue elaborada durante el período Posclásico temprano, mil años antes del presente.

Para el año 1200 d. C., cuando la cultura tolteca se había eclipsado, surgieron las culturas complejas del centro de México: los mexicas y los tarascos. Los aspectos militares y comerciales fueron factores fundamentales en la integración de las distintas regiones. Sociedades como la tarasca y otros señoríos fueron capaces de enfrentar exitosamente los afanes expansionistas del grupo mexica. Los asentamientos sedentarios de la zona norte habían sido abandonados para este período. Esta región ahora estaba habitada por grupos nómadas llamados chichimecas. El Posclásico tardío funge como la última etapa en Mesoamérica, la conquista paulatina de este territorio por parte de los invasores europeos pone fin a este período de la historia.

ABAJO

Cronología general para Mesoamérica según la revista *Arqueología Mexicana* [2000] publicado en Wikipedia.






NATURAL SINES

4
Arqueoastronomía

4.1 Concepto

La arqueología es la ciencia que estudia las sociedades antiguas a través de restos materiales distribuidos en el espacio y contenidos en el tiempo. Cuando la arqueología se encarga de la astronomía, atiende esencialmente a los instrumentos utilizados, la orientación de los edificios, los monumentos hieráticos y al trazado de las urbes. Estos restos materiales en Mesoamérica son particularmente destacados por su impresionante volumen, majestuosidad, singularidad y estilo artístico, que hace manifiesta la destreza de los antiguos pobladores de la región.

En el México antiguo, los movimientos celestes fueron referencia obligada para regir el sistema calendárico. Así que desde ciertos puntos de observación como lo eran las pirámides y otros emplazamientos arquitectónicos, las comunidades construyeron unidades objetivas a parir de las cuales unificaban sus conceptos en torno al tiempo. Algunas cimas prominentes de las montañas, al igual que ciertos rasgos conspicuos del paisaje y también determinados complejos arquitectónicos se utilizaron para registrar fechas relevantes.

La relación más significativa entre el cielo y la cultura material corresponde a las alineaciones y orientaciones[35] que ciertos

ENFRENTE

Desde lo alto de la pirámide de El Castillo en Chichén Itzá se registra con una brújula geológica o teodolito de bolsillo el azimut por el que levanta el Sol para su día de paso cenital, mayo 23 de 2012.

35 En ocasiones, algunos autores utilizan las palabreas alineación y orientación como sinónimos. Sin embargo, es conveniente apuntar que es preferible uti-

edificios y monumentos guardan con determinadas direcciones asociadas a sucesos celestes y calendáricos. La arquitectura de los grandes centros ceremoniales del pasado ostentaba un discurso eminentemente religioso, era una manifestación de lo sagrado que seguía un orden cósmico: todo tenía una razón de estar en determinado lugar. Estos templos eran los espacios donde las deidades se manifestaban a través de alineaciones y orientaciones con los astros.

En la arquitectura prehispánica existen patrones de alineamientos arquitectónicos que no son resultado del azar,[36] sino que obedecen a la observación sistemática de la Tierra, el cielo y la naturaleza; por ejemplo, en la costa norte de la península de Yucatán, en sitios cercanos a Cozumel y Cancún, se ha identificado un patrón de alineaciones que obedecen a ciclos lunares, hipótesis que se refuerza porque en esa región prevaleció el culto a la deidad lunar. En cambio, en los sitios de las Tierras Mayas Altas, donde se encuentran Palenque, Bonampak y Yaxchilán, se ha registrado un patrón de alineaciones que está relacionado con los ciclos de Venus. En Chichén Itzá, recientemente se ha propuesto un modelo de orientación para la pirámide del Castillo respecto al paso cenital del Sol y su articulación geométrica y matemática [Montero, 2013a]. En Tulum por su parte, Stanisław Iwaniszewski encontró referencias a Venus como lucero matutino en la traza de la ciudad; en tanto que estudios iconográficos realizados por A. Millet consideran que los murales que decoran el templo de los frescos de Tulum son testimonio del culto a Venus como Lucero del Alba. Los frescos de Tulum nos recuerdan la tradición Mixteca-Puebla y la pintura del Altiplano Central que propaga la importancia de la estrella matutina como símbolo de fertilidad que, en Mayapán, según Jesús Galindo, es omnipresente en los frescos que representan un tránsito de Venus. Por otra parte, se hace necesario mencionar los avances teóricos de Anthony Aveni, Iván Šprajc y Johanna Broda, entre otros. Estos son sólo algunos ejemplos que muestran la variedad y riqueza de la astronomía cultural para Mesoamérica desde la arqueología.

---

lizar el término alineación cuando trazamos una línea recta imaginaria entre un punto de observación y una posición determinada; para orientación corresponde una posición respecto a los puntos cardinales o con referencia a fechas calendáricas. Considérese también el concepto de sizigia que se apunta en el *Glosario* de esta entrega.

36 Las afirmaciones emanadas de la arqueoastronomía necesitan la corroboración de otras fuentes arqueológicas, históricas y etnográficas, ya que el sólo alineamiento no es suficiente pues puede provenir de una casualidad, para más detalles sobre esta crítica a la arqueoastronomía véase Bradley [2004].

4.2 La cuenta de los días en familias calendáricas

Años atrás, los arqueólogos encontraron patrones respecto a las orientaciones de los edificios en sus ejes de simetría, entre los registros más tempranos están los trabajos de Marquina y Ruiz para la década de 1930, ellos propusieron que podían definirse en dos grupos:

- Edificios orientados en dirección este-oeste, esto es posiciones muy cercanas a los equinoccios.
- Edificios orientados 17° al norte del poniente; tomando en consideración que las fachadas principales de las pirámides miran predominantemente hacia el poniente, en su momento se suponía que miraban al ocaso para el día de paso cenital del Sol, pero como veremos más adelante no corresponde su alineación al paso cenital, sino a razones calendáricas.

Es muy importante aclarar, que la mayoría de las alineaciones de las urbes mesoamericanas no están necesariamente orientadas a los fenómenos del cielo, y sí agrupadas a fechas precisas según modelos calendáricos específicos que tienen por sustento el número de días previos y posteriores a cada uno de los solsticios para el amanecer o el ocaso, de manera general tenemos las siguientes fechas para el amanecer:

ABAJO

Para la familia 28, sólo se ha registrado un caso asociado al solsticio de verano, es para Chichén Itzá, pues las fechas coinciden con los días del paso cenital del Sol.

número de días (familias)	solsticio de invierno 21 de diciembre		solsticio de verano 21 de junio	
	antes	después	antes	después
73	9 de octubre	4 de marzo	9 de abril	2 de septiembre
65	17 de octubre	25 de febrero	17 de abril	25 de agosto
52	29 de octubre	12 de febrero	29 de abril	13 de agosto
28			23 de mayo	19 de julio

Atendamos brevemente las características de estos grupos o familias:

- *Familia 73*, consideremos el solsticio de invierno como pivote,[37] al solsticio de invierno sumemos 73 días y tenemos la fecha 4 de marzo, 73 días más y llegamos al primer paso

37 También se ha demostrado la trascendencia calendárica de la *familia* 73 si se toma como pivote el solsticio de verano.

cenital del Sol en el año, pero solamente para la latitud 19º norte, 73 días más y es el segundo paso cenital del Sol en la latitud 19º norte, 73 días más y es 9 de octubre, finalmente un período más de 73 días y cerramos con el solsticio de invierno. Hemos dividido el año vago denominado *xihuitl* en 5 partes iguales (73 × 5 = 365) registrando tres momentos astronómicos: dos pasos cenitales y un solsticio. El ejercicio también es viable si tomamos como referencia el amanecer o el ocaso, ojalá el calendario occidental moderno que utilizamos tuviera al menos un pivote astronómico. Ahora bien, tengamos en cuenta la curiosidad numérica del 73,[38] pues es la única división exacta del año vago de 365 días en un dígito, que es el 5. También es necesario señalar, que un período de 52 *xihuitl* compone un *xiuhmolpilli* o atadura de años de 18,980 días, período en el cual caben 73 años rituales conocidos como *tonalpohualli* de 260 días. Por si fuera poco, el período sinódico de Venus de 584 días puede expresarse en 8 conjuntos de 73 días (73 × 8 = 584). Así que sucesiones grupales de 73 días pueden hacer conmensurables a los calendarios nahuas conocidos como: *xiuhmolpilli* (18,980 días), *xihuitl* (365 días), y *tonalpohualli* (260 días), con el período sinódico de Venus (584 días).

- *Familia* 65, nos remite a Oaxaca, justamente a períodos muy tempranos con la escritura jeroglífica zapoteca del Monumento 3 de San José Mogote que corresponde al período Preclásico. En la inscripción encontramos la fecha "Uno terremoto" de un calendario ritual de 260 días. Este calendario, denominado *piye* en la región, estaba dividido en cuatro períodos de 65 días, cada período es un *cocijo*. Un *cocijo*, a su vez estaba integrado por cinco subdivisiones de 13 días que se conocen con el nombre de *cocii* [Contel, 2009: 23]. Es interesante que 65 × 4 nos remita a 260, que es el calendario ritual de 260 días, que el lector encontrará con más detalle en el apartado *5.3 Calendario* (pág. 218), de esta entrega. Entendemos que un ciclo ritual de 260 días estaba asociado al ciclo de procreación humana y a la relación o interacción del hombre con la naturaleza para garantizar su reproducción.

38 El 73 es su número interesante: es el 21º número primo, leído al revés es el 37 que es el 12º número primo, que leído al revés es 21, que es el resultado de multiplicar 7 × 3; por otra parte como 7 al cubo (7^3) es 343, capicúa (se lee igual de izquierda a derecha que de derecha a izquierda); y en sistema binario 73 es 1001001, es capicúa. En sistema octal 73 es 111 el cual también es una capicúa.

- *Familia* 52, es sin duda la pauta calendárica más extendida en Mesoamérica porque la encontramos vinculada a la traza urbana de importantes ciudades. La relevancia del número 52 en la cosmovisión prehispánica parte del criterio de que cada 52 años vagos se completaba un Fuego Nuevo de 18,980 días denoiminado *xiuhmolpilli*,[39] la rueda calendárica que combinaba al *tonalpohualli* y al *xihuitl* como ya se explicó líneas atrás. El Fuego Nuevo era un ritual celebrado ampliamente, según la mitología mexica, al final de un *xiuhmolpilli* podría ocurrir el cataclismo que terminara con la era del Quinto Sol, donde el mundo sería destruido por terremotos. Las evidencias más tempranas remontan este calendario al siglo III de nuestra era en Teotihuacán. Sin embargo, había una posibilidad de supervivencia si el asterismo de las Pléyades pasaba por el cenit la noche del último día del *xiuhmolpilli*, entonces el mundo no sería destruido y se encendía de nuevo el fuego sagrado. Johanna Broda [2002: 143-168] ha propuesto que el inicio del Fuego Nuevo estaba marcado por el ascenso de las Pléyades, de tal suerte que estuvieron en condición de utilizar esta ceremonia para medir el año sideral. Debido a la precesión, la culminación superior de las Pléyades, que al final de la época mexica ocurrían en la noche del 12 al 13 de noviembre, en la actualidad corresponde a la del 19 al 20 de noviembre. Para la *familia* 73 el pivote fue el solsticio de invierno, en cambio para la *familia* 52 es el solsticio de verano: 52 días antes del solsticio de verano es 29 de abril y 52 días después del solsticio de verano es 13 de agosto, el lapso entre ambas fechas es de 105 días, así que para completar el año vago hace falta un cúmulo de 260 días, con este valor se hace evidente el número de días que corresponde al *tonalpohualli*. Consideremos cambiar de pivote y optemos por el soslticio de invierno, 52 días después del solsticio de invierno es 12 de febrero, fecha señalada por las fuentes del siglo XVI, como el día del inicio del año mexica. La familia 52 encuentra su mejor exponente en la traza de Teotihuacán que veremos más adelante en la pág. 102.
- *Familia* 28, el valor de 28 días ha sido recientemente propuesto por David Wood para el caso del Castillo en Chichén Itzá. Consideremos la división del año en 13 períodos de 28 días, resulta 364, sin duda una aproximación interesante a la duración del año vago. Así que 28 resulta del redondeo

39 Que algunos denominan "siglo mesoamericano".

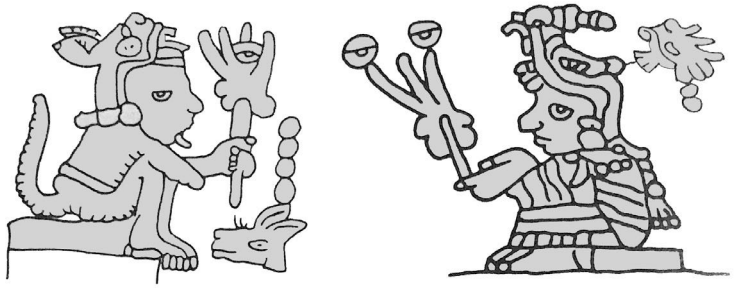
del número de órbitas que la Luna da a la Tierra en un año, 28 días también es el redondeo de la media aritmética de los dos ciclos básicos de la Luna: el orbital o sidéreo de 27.3 días y el de fases o sinódico de 29.5 días (27.3 días + 29.5 días) / 2 = 28.4. Ahora lo relevante, 28 días antes o después del solsticio de verano tenemos el paso cenital del Sol en la latitud de Chichén Itzá de 20º 40' norte. Cierto es que este valor es sólo consecuente para una latitud determinada que es una línea muy delgada a través de Mesoamérica, un segmento que compartieron muy pocos lugares; sin embargo, ¿no fue acaso esta particularidad lo que hizo tan significativa a esta gran urbe?

4.3 Los instrumentos del cielo

Las principales orientaciones registradas arqueológicamente para Mesoamérica demuestran que estas se hacían en relación con el horizonte. Se considera que un astrónomo observaba desde el interior de un edificio con un par de barras cruzadas la posición de algún cuerpo celeste para asociarlo con una fecha determinada, de tal suerte que cualquier observador podía determinar la posición de un objeto cercano al horizonte con gran precisión a través de una horqueta. Las varas habrían de colocarse en posiciones fijas registrando el aparente movimiento en el firmamento de un cuerpo celeste como se explica en las páginas 24 y 25 para los códices *Selden* y *Bodley*, también es posible el uso de instrumentos manuales por parte de los astrónomos como lo apreciamos en la pág. 14 del *Códice Selden* y en la pág. 17 del *Códice Bodley*.

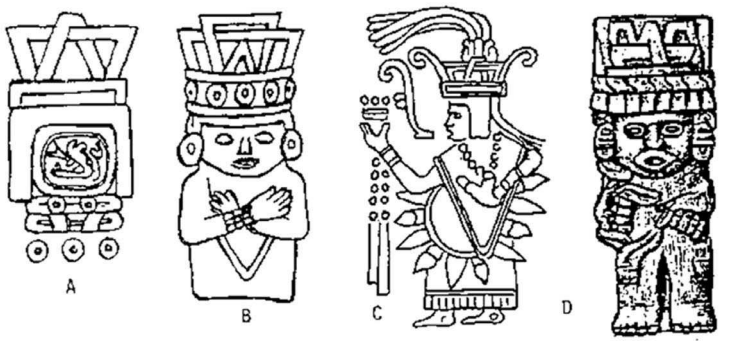
DERECHA

Astrónomos portan dispositivos manuales para determinar la posición de objetos celestes: izquierda *Códice Selden* página 14; derecha *Códice Bodley*, página 17.



Un instrumento sofisticado son los trapecios cruzados documentados por Digby [1974] que vemos en la iconografía mesoamericana que los asocia al símbolo de año, es posible que la sombra de estos aparejos sirviera para proyectar un factor geométrico que permitiera registrar una fecha específica, algo

así como un gnomon o un reloj solar de precisión para fechas extremas.



A Monolito de Tenango
B Ídolo de Tula
C Figura femenina de Xico
D Figura del Castillo de Teayo

ARRIBA

Diferentes personajes portan un tocado que es identificado como el símbolo de año e interpretado como un instrumento astronómico por Digby [1974].

Sin duda fueron múltiples las estrategias que siguieron [Pérez-Enríquez, 2001], así que pudieron valerse también de las estelas rituales y conmemorativas que se alzaban en los espacios abiertos de las urbes como si se tratara de un gnomon,[40] la estela por ser un monolito alargado puesto a plomo y delineado con trazos rectos en sus costados proyectaba una sobra útil para registrar el paso del tiempo.

El reflejo del cielo sobre un espejo de agua estancada contenida en un recipiente fue otra estrategia que supongo fue válida, aunque invertida, la imagen proyectada resultaba práctica para la observación celeste. El espejo de agua también permitía apreciar la luz del Sol y la Luna sobre un techo prestablecido como se demuestra para los casos de las cuevas pintadas de Guachipas (v. pág. 454) y el cenote de Holtún (v. pág. 180). En ambos casos las leyes fundamentales de la reflexión cobran importancia. El uso de espejos de pirita abre otra perspectiva para apreciar el cielo, sobre todo porque durante el Postclásico temprano, estos artefactos fueron transformados, según Grégory Pereira [2008]. En Tula y Chichén Itzá se han encontrado espejos elaborados en discos de madera y sobre los cuales se colocaron complejos mosaicos, que además de pirita presenta teselas de turquesa; los espejos rituales estaban vinculados con el Sol, de ahí que la propuesta de Kelley y Milone [2005: 354] resulte interesante respecto a una figurilla proveniente de la isla de Jaina donde se aprecia un personaje mirando un espejo. Estos espejos utilizados desde la cultura olmeca adquirían cualidades místicas que les atribuían incrementar su nivel de conocimiento e instrumentos adivinatorios, así como puerta a otro mundo. Resulta interesante la propuesta del uso de mica[41] o de cristales de obsidiana que

40 La palabra gnomon proviene del griego γνώμων, que significa guía o maestro.
41 Mineral característico por su fácil exfoliación en delgadas láminas flexibles,

por su oscuridad permiten ver el Sol directamente sin dañar la retina y también el uso de antifaces, véase pág. 349.

DERECHA

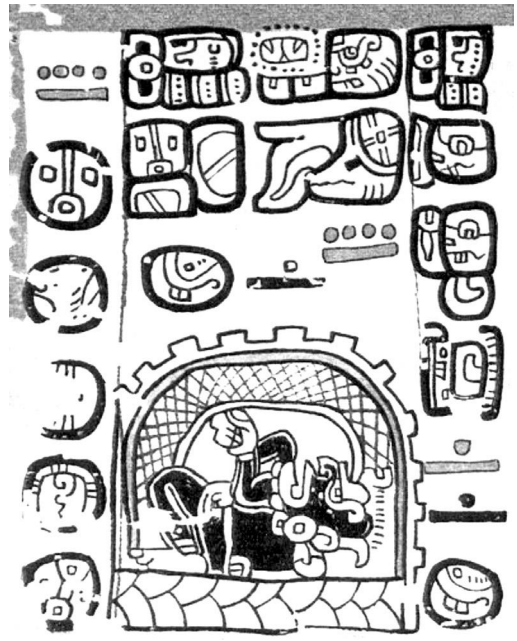
Un personaje ataviado utiliza un espejo para observar el cielo. Figurilla proveniente de la isla de Jaina, dibujo de Sharon Hanna en Kelley y Milone [2005: 354].



También es posible que algún detalle prominente del paisaje u otro edificio o traza urbana funcionara como punto de mira natural. En uno u otro caso, el edificio o el monumento destinado para la observación habría tenido que orientarse con exactitud a una alineación que en la mayoría de los casos respondía a una fecha calendárica. *El Códice Madrid* (*Tro-Cortesiano*) en su pág. 81 nos muestra, lo que suponemos es otra estrategia de observación con un personaje recostado mirando al cielo a través de una malla, véase el caso de Texcoco pág. 369.

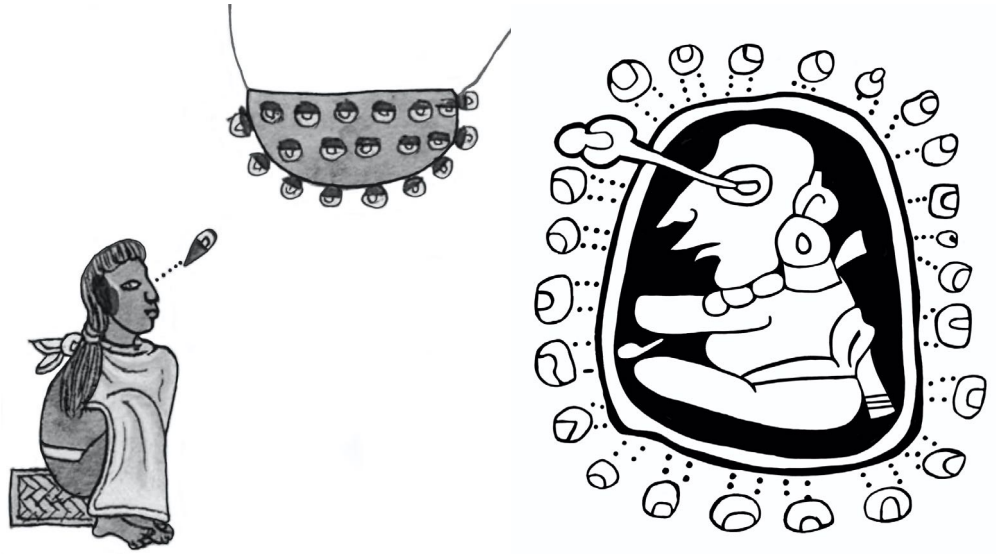
DERECHA

En el *Códice Madrid*, página 81, apreciamos un personaje recostado que mira al cielo a través de una malla, posiblemente identificando la posición de cuerpos celestes valiéndose del tejido para conformar un plano cartesiano.



Al final de cuentas, la observación a simple vista de las estrellas fue la postura básica que adoptaron los observadores del

elásticas y brillantes comunes en los contextos arqueológicos rituales de Mesoamérica y sobre todo en Teotihuacán.



ARRIBA

Astrónomos mesoamericanos representados en códices: izquierda, *Códice Mendocino*, fol. 63r. para el Altiplano Central; derecha, *Códice Madrid*, pág. 34 para el Área Maya. El lector encontrará coincidencias iconográficas entre ambos personajes.

cielo en Mesoamérica como apreciamos en el *Códice Mendocino*, fol. 63r, para el Altiplano Central que relata: *alfaquí*[42] *mayor que está de noche mirando las estrellas en el cielo y a ver la hora que es, que tiene por oficio y cargo*; y en el *Códice Madrid*, p. 34, que en este apartado trata de las ceremonias que se realizan los días *kawak* al inicio del año.

Sea cual fuere la técnica de observación astronómica dispuesta a través de siglos por los astrónomos para registrar el movimiento del cielo, un hecho es contundente, este registro quedó manifiesto en la traza urbana de sus ciudades con orientaciones y alineaciones que se pueden catalogar en la mayoría de los casos dentro de tres grupos selectos que son las familias 73, 65 y 52 ya glosadas. En la siguiente tabla, se apunta el azimut que corresponde a cada una de las familias respecto a la altura angular, iniciando con el valor negativo de -2º en caso de tratarse de un horizonte geométrico, pasando a la altura angular de cero grados para un horizonte astronómico, y continuando con valores positivos que corresponden a un horizonte sensible. La tabla es una guía útil que permite estimar las orientaciones para Mesoamérica. Exhibe además la posición del Sol para el amanecer y el ocaso durante los solsticios, los equinoccios medio y astronómico, y el paso cenital del Sol. Es necesario mencionar que se ha tomado en consideración la refracción atmosférica y se ha dispuesto como referencia el centro del disco solar y no su limbo superior o inferior al tener contacto con el horizonte. Los valores para este tabla corresponden al año 2014 para Chichén Itzá.

42 Alfaquí es un sabio para los musulmanes, así se menciona en el texto por la influencia islámica en la cultura española.

			52	65	73			73	65	52	
	21 de junio	23 de mayo paso cenital	29 de abril	17 de abril	9 de abril	22 de marzo equinoccio medio	20 de marzo equinoccio	4 de marzo	25 de febrero	12 de febrero	solsticio de invierno
9°	68° 12′	71° 13′	77° 44′	82° 00′	85° 07′	92° 36′	93° 28′	100° 17′	103° 12′	108° 16′	119° 18′
6°	67° 07′	70° 08′	76° 41′	80° 54′	84° 00′	91° 27′	92° 18′	99° 03′	101° 56′	106° 57′	117° 47′
3°	65° 57′	68° 59′	75° 30′	79° 46′	82° 51′	90° 17′	91° 07′	97° 51′	100° 42′	105° 40′	116° 21′
0°	64° 36′	67° 40′	74° 08′	78° 30′	81° 36′	89° 01′	89° 52′	96° 34′	99° 25′	104° 21′	114° 55′
- 2°	63° 42′	66° 48′	73° 24′	77° 41′	80° 48′	88° 15′	89° 05′	95° 48′	98° 38′	103° 34′	114° 05′
	solsticio de verano	19 de julio paso cenital	13 de agosto	25 de agosto	2 de septiembre	20 de septiembre equinoccio medio	22 de septiembre equinoccio	9 de octubre	17 de octubre	29 de octubre	21 de diciembre

Norte — Este — Sur

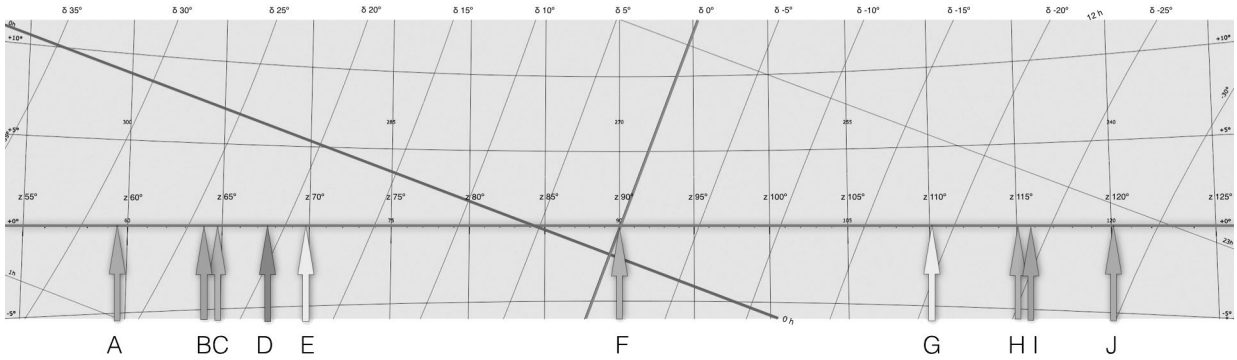
Rango azimutal para el arco solar del amanecer en Chichén Itzá con φ 20° 41′.

		52	65	73			73	65	52		
	solsticio de invierno	12 de febrero	25 de febrero	4 de marzo	20 de marzo equinoccio	22 de marzo equinoccio medio	9 de abril	17 de abril	29 de abril	23 de mayo paso cenital	21 de junio
9°	240° 41′	251° 52′	256° 58′	259° 50′	266° 43′	267° 32′	275° 03′	278° 09′	282° 22′	288° 52′	291° 47′
6°	242° 12′	253° 12′	258° 14′	261° 07′	267° 53′	268° 44′	276° 10′	279° 16′	283° 30′	289° 57′	292° 52′
3°	243° 38′	254° 29′	259° 28′	262° 20′	269° 04′	269° 55′	277° 20′	280° 25′	284° 39′	291° 06′	294° 02′
0°	245° 04′	255° 48′	260° 46′	263° 37′	270° 20′	271° 10′	278° 35′	281° 41′	285° 40′	292° 26′	295° 23′
- 2°	245° 54′	256° 36′	261° 33′	264° 24′	271° 07′	271° 58′	279° 24′	282° 30′	286° 46′	293° 19′	296° 17′
	21 de diciembre	29 de octubre	17 de octubre	9 de octubre	22 de septiembre equinoccio	20 de septiembre equinoccio medio	2 de septiembre	25 de agosto	13 de agosto	19 de julio paso cenital	solsticio de verano

Sur — Oeste — Norte

Rango azimutal para el arco solar del ocaso en Chichén Itzá con φ 20° 41′.

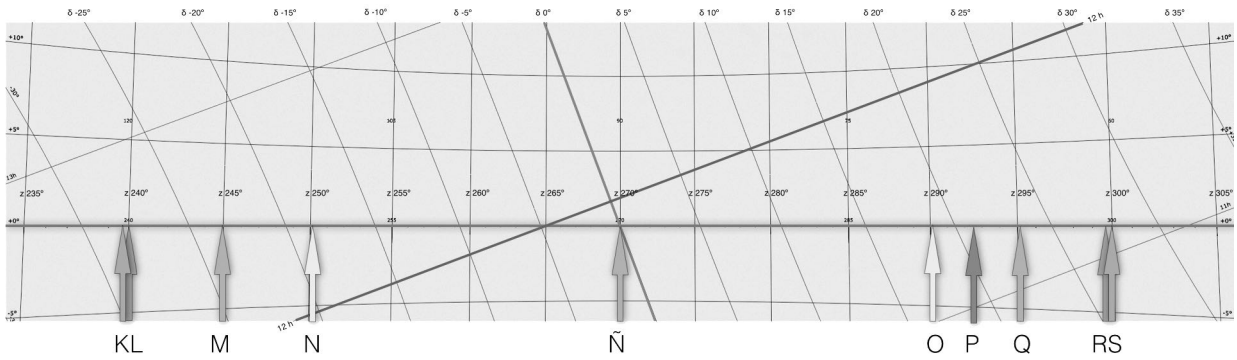
Además de las fechas calendáricas, también pueden ser relevantes para determinar las alineaciones de las urbes prehispánicas los extremos alcanzados por Venus[43] y la Luna. Los azimut que se presentan a continuación tienen como referencia un horizonte astronómico también para el caso de Chichén Itzá con la φ 20º 41'.



ARRIBA

Al oriente las principales posiciones del Sol, la Luna y Venus respecto a un horizonte astronómico tomando en cuenta la refracción atmosférica para el año 2014:

A) Luna parada mayor, 59º 42′
B) Venus máxima declinación al norte, 64º
C) solsticio de verano, 64º 36′
D) paso cenital del Sol, 67º 40′
E) Luna parada menor, 69º 42′
F) equinoccio astronómico, 89º 52′
G) Luna parada menor, 110º 04′
H) solsticio de invierno, 114º 55′
I) Venus máxima declinación al sur, 115º 45′
J) Luna parada mayor, 120º 04′



ARRIBA

Al poniente las principales posiciones del Sol, la Luna y Venus respecto a un horizonte astronómico tomando en cuenta la refracción atmosférica para el año 2014:

K) Luna parada mayor, 239º 55′
L) Venus máxima declinación al sur, 240º
M) solsticio de invierno, 245º 04′
N) Luna parada menor, 249º 55′
Ñ) equinoccio astronómico, 270º 20′
O) Luna parada menor, 290º 18′
P) paso cenital del Sol, 292º 26′
Q) solsticio de verano, 295º 23′
R) Venus máxima declinación al norte, 300º
S) Luna parada mayor, 300º 18′

43 Datos obtenidos para Venus de Šprajc [1998:25] para el período Posclásico con máxima declinación al sur para el ocaso con δ 28º.

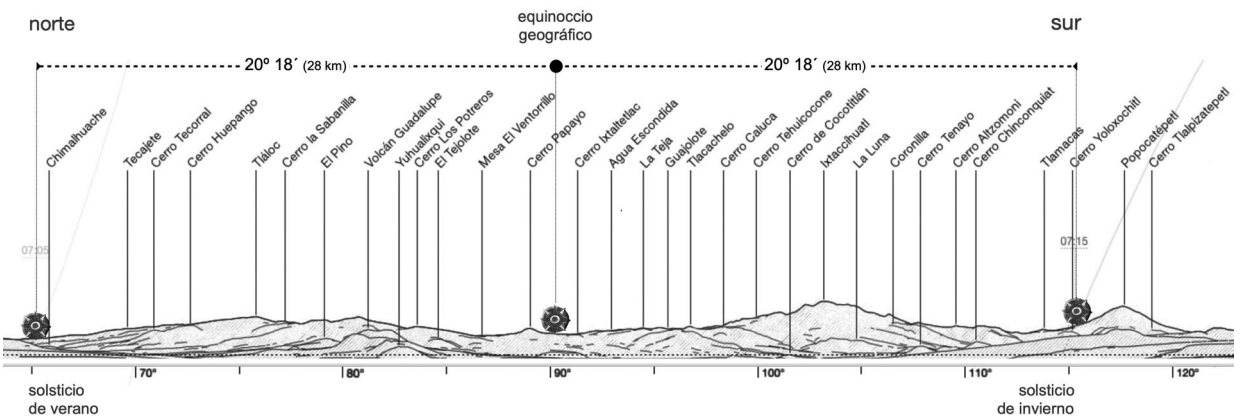
Es necesario acentuar que el equinoccio astronómico denotado como α = 00h 00m 00s / δ = 00º 00' 00" (ascensión recta igual a 0 y declinación nula) sucede cuando la eclíptica se interseca con el ecuador celeste como se apunta en el apartado *2.5.1 El péndulo solar: equinoccios y solsticios* (pág. 39). Sin embargo, este criterio no corresponde al mesoamericano, así que algunos especialistas consideran que el equinoccio en Mesoamérica se pudo registrar dividiendo los 365 días del año por la mitad, resultando 4 segmentos: tres de 91 días y uno de 92, a esta propuesta se le denomina equinoccio medio. Las fechas del equinoccio medio difieren en dos días después del equinoccio astronómico de primavera y dos días antes del equinoccio astronómico de otoño si tomamos como ejemplo el año 2021.



ARRIBA

El equinoccio medio resulta de dividir el año en cuatro segmentos sin recurrir a decimales.

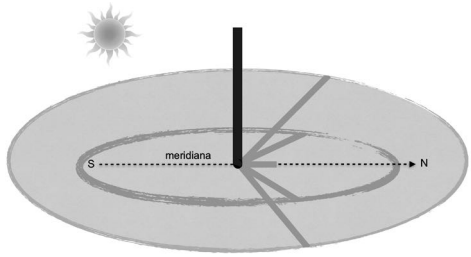
También podemos ensayar con el equinoccio geográfico, que resulta del punto medio entre las posiciones extremas que ocupa el Sol al norte y el sur; estas posiciones se registran durante los solsticios de verano e invierno para al amanecer o el ocaso. Sin embargo, para horizontes sensibles donde la orografía presenta alturas angulares superiores a 3º, el resultado puede diferir en varios días del equinoccio astronómico. Este método es certero si se aplica en un horizonte raso o astronómico como en la península de Yucatán.



ARRIBA

Desde Cuicuilco en la Ciudad de México, la distancia o separación angular entre los solsticios de verano e invierno para el amanecer es de 50º 36', el punto medio se localiza al sur del Cerro Papayo dejando a cada lado una separación angular de 20º 18' que a la distancia sobre el horizonte abarca unos 28 km. Resulta que para este caso los equinoccios astronómicos de primavera y otoño coinciden con los equinoccios geográficos de primavera y otoño pues las alturas angulares de los puntos visados son similares [apuntes del autor sobre un perfil orográfico de PeakFinder.org].

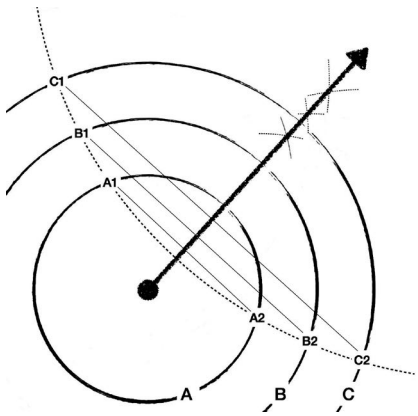
En algunos sitios arqueológicos se señala con certidumbre razonable la fecha del equinoccio astronómico, no se trata de planicies sino de regiones montañosas, para calcularlo pudieron valerse de ingenio y tres sencillas herramientas siguiendo el arco diurno: un cordel, una plomada y un gnomon. Lo primero es obtener la meridiana, que es la línea que señala el eje norte-sur, así que se prepara un espacio plano y nivelado, al centro se inserta un gnomon de madera o piedra que es ajustado verticalmente por la plomada. Durante el día se registran los extremos de las sombras que se desprenden del gnomon, la sombra más corta es la meridiana que señala al norte verdadero o astronómico.[44]



IZQUIERDA

La sombra más corta que proyecta un gnomon a lo largo de un día corresponde al norte astronómico o verdadero.

Otra posibilidad utilizando el mismo espacio es trazar previamente círculos concéntricos al gnomon de radio suficiente para que corten en dos puntos la trayectoria de la sombra. Consideremos las circunferencias A, B y C, que cortan la trayectoria de la sombra en los puntos A1, A2, B1, B2, C1 y C2 respectivamente, las mediatrices de los segmentos A1-A2, B1-B2 y C1-C2 coinciden sobre una línea recta que corresponde a la meridiana y por lo tanto apuntan al norte astronómico o verdadero [véase, AIA: s.f.].



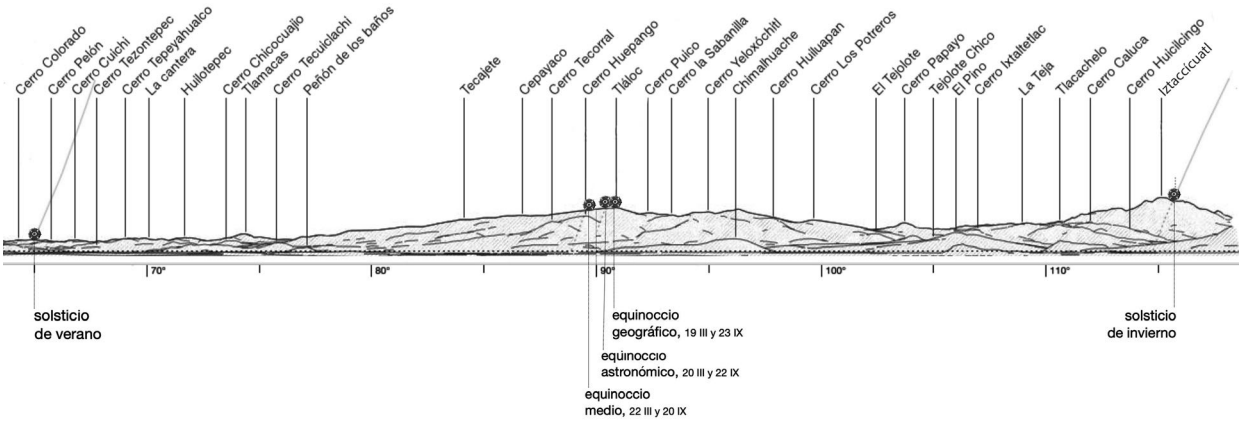
IZQUIERDA

Obteniendo la meridiana a partir de las mediatrices de los segmentos A1-A2, B1-B2 y C1-C2.

44 Es un ejercicio *sciotereo*, que significa "observo la sombra", una palabra propia de la gnomónica, que es la ciencia encargada de elaborar teorías y reunir conocimiento sobre la división del arco diurno o trayectoria del Sol sobre el horizonte, mediante el empleo de proyecciones específicas sobre superficies. Esta ciencia es muy útil al diseño y construcción de los relojes de Sol, así como en cartografía (proyección gnomónica).

Una vez trazado el eje de la meridiana se marca su perpendicular que corresponde a la "primera vertical", la cual señala la orientación este-oeste que responde al rumbo astronómico de los equinoccios de primavera y otoño. Si la altura del horizonte es considerable esta propuesta carece de utilidad como se explicó en la página 42 y se registra en la tabla de la página 92.

Ensayemos las tres posibilidades de equinoccio: geográfico, astronómico y medio para el caso del cerro Chapultepec en la Ciudad de México, tomando como punto de observación el sitio arqueológico denominado Aposento de Moctezuma II, que muestra tres conjuntos de extraordinarios petrograbados del período Posclásico tardío. El lector apreciará diferencias de posición y fecha para cada tipo de equinoccio, esto sucede porque las alturas angulares de los puntos visados para el solsticio de verano e invierno son diferentes. Los primeros trabajos sobre la alineación equinoccial de Chapultepec con el Monte Tláloc son de Galindo [2003] y más recientemente contamos con las aportaciones de Lourdes López en prensa.



ARRIBA

Registro de las posiciones que ocupa el Sol para los equinoccios y solsticios desde el cerro de Chapultepec en la Ciudad de México. Resulta que para este caso los equinoccios astronómicos de primavera y otoño no coinciden con los equinoccios geográficos de primavera y otoño pues las alturas angulares de los puntos visados son diferentes [apuntes del autor sobre un perfil orográfico de PeakFinder.org].

Independientemente del tipo de equinoccio utilizado por los arquitectos de la antigüedad,[45] podemos considerar que la traza urbana de los centros ceremoniales mesoamericanos no sólo estaba dedicada al culto religioso, sino que obedecía en su diseño y orientación a ideas emanadas de la cosmovisión, es decir, a las

45 En la página 131 se ensaya con el criterio de equinoccio de sombra entre las altas montañas del Altiplano Central.

creencias que se tenían sobre el funcionamiento del universo. Este pensamiento llegó a ser particularmente sofisticado. Consideramos que la cosmovisión expresada en los edificios que miraban al horizonte tenía una función calendárica, que servía para regular procesos sociales. De tal suerte que la parte explícita del tiempo quedaba expresada en la arquitectura arraigada a un horizonte sensorial, que permitía determinar episodios de tiempo precisos mediante la posición del Sol, las estrellas, las fases de la Luna, la trayectoria de los planetas y otros fenómenos celestes con los que se conformaba un paisaje ritual celeste donde el horizonte marcaba el escenario que remitía al eterno retorno de los astros y el tiempo más allá de la existencia humana.

La traza prehispánica nos conduce a un modelo de tiempo donde la duración no era tan importante como la secuencia. Secuencia de actividades productivas y agrícolas en asociación con representaciones fenoménicas que se destacaban durante el año con la posición del Sol y otros astros. Fue así como las luces del firmamento fueron incorporadas al telón de lo sagrado y al calendario, en un escenario que permitía una lectura teológica y sideral.

Así fue como algunos edificios se destinaron a la observación de los astros. Por ejemplo, durante el transcurso de un año, percibían durante el amanecer y el ocaso cómo el Sol cambiaba de posición. El astro parecía moverse cada día. Este cambio de posición permitió establecer una relación temporal y espacial respecto al horizonte. Realizaban así una lectura del espacio y el tiempo sobre puntos bien definidos, a los cuales el Sol retornaba de manera cíclica. Estos retornos fueron referencia obligada para regir el sistema calendárico donde el orto y el ocaso fijaron los rumbos del universo.

Es importante abrir un paréntesis para mencionar que en los últimos dos milenios no se registran cambios significativos en las posiciones alcanzadas por el Sol en su aparente movimiento por la bóveda celeste, así que podemos seguir asumiendo los mismos rumbos del universo ancestrales como válidos en la actualidad; sin embargo, con las estrellas del firmamento es diferente, pues en los últimos dos mil años se han desplazado hasta en 15º [Aveni, 1991:284].

Continuando con la observación de la antigüedad, suponemos que los astrónomos apostados en diferentes ángulos de un edificio realizaban la lectura del aparente movimiento de los cuerpos celestes, desplegando una astronomía posicional que se completaba con ingeniosos juegos de luz y sombra. Desde la pirámide como observatorio, se marcaba como ya se ha dicho el eterno

retorno del Sol, que remitía a la sociedad a instancias temporales que iban más allá de la existencia humana en la construcción de un tiempo de extensa duración. Este conocimiento era indispensable para sincronizar los ciclos agrícolas con las temporadas de lluvia y sequía. Así que estos marcadores de horizonte funcionaban como instrumentos para la sincronización del tiempo y, aunque no proporcionaron un registro histórico, sí lograban con certeza registrar fechas específicas.

4.4 Los modelos

Los modelos que desde la arqueoastronomía se ponen a consideración del lector en las páginas siguientes, son un ensayo, un primer intento por alcanzar una propuesta para elaborar categorías de síntesis que nos permitan entender cómo las antiguas civilizaciones de Mesoamérica manifestaban su conocimiento astronómico a través de la arquitectura y diferentes tipos de monumentos. Este ejercicio resulta de un proceso de contraste y evaluación de las evidencias arqueológicas que llegan hasta nosotros como un legado de la erudición ancestral. A la manera de una gestión del conocimiento, las siguientes páginas son un proyecto de ordenación de datos, una seriación a partir de atributos a la manera de una propuesta sistemática que es simplemente una estrategia para concatenar la diversidad, una taxonomía que en términos arqueológicos es una tipología expresada a través de modelos.[46]

Apoyado en las ideas anteriores, propongo una clasificación de los observatorios mesoamericanos a partir de cinco modelos esenciales: 1) urbano; 2) horizonte conspicuo; 3) agreste; 4) geométrico; y 5) monumentos para visado. El lector sabrá asumir precauciones, pues no se pretenden paralelismos espectaculares, la intención es buscar las variaciones que puedan revelar procesos permanentes, mostrando relaciones sistemáticas entre diversos tipos de alineaciones, procurando nuestra atención en los puntos de cruce que nos permitan identificar semejanzas y diferencias.

46 Esta propuesta no escapa de factores subjetivos e intuitivos existentes en toda construcción tipológica. En este sentido, se propone para investigaciones subsecuentes los métodos matemático-estadísticos propios de una taxonomía numérica.

4.4.1 Modelo urbano

Los planteamientos teóricos de Johanna Broda [2000b: 428] nos permiten explicar la traza urbana de los centros ceremoniales prehispánicos desde la cosmovisión, es así como se vincula la arquitectura con la naturaleza. En este sentido, es posible articular el urbanismo con los objetos celestes, otorgando al discurso antropológico de un novedoso instrumento interpretativo donde se considera prominente el movimiento de los cielos nocturno y diurno.

Valiéndose de un sistemático registro, esas sociedades conocieron con certidumbre el movimiento celeste, de esta manera, significativos fenómenos astronómicos fueron revelados en adoratorios, calendarios y observatorios donde las constantes matemáticas de la mecánica celeste conformaron el instrumento axial del simbolismo religioso. El sincrónico lenguaje de los astros hizo de la ciudad mesoamericana la máxima exaltación del espacio sagrado. Hoy en día, para interpretar ese lenguaje simbólico atendemos a los rumbos que señalan las calles y sus edificios, la ciudad nos demuestra con sus orientaciones el orden, así que la urbe es el *axis mundi* de un universo concebido.

4.4.1.1 Tipo A. Alineamientos al eje de simetría del edificio principal

El eje de simetría o eje de diseño es el trazo que sitúa de forma recíproca los elementos que componen un edificio; de manera general lo encontramos en las construcciones mesoamericanas que presentan una escalinata principal al frente con un templo en la parte superior, el eje de simetría entonces divide en dos partes iguales al edificio y es paralelo a la escalinata principal en el caso de las pirámides.

El tipo de alineamiento para una ciudad a partir del edificio principal encuentra un buen un ejemplo en Tenochtitlan, dejando fuera de esta traza los emplazamientos de Tacuba, Tlatelolco y Tenayuca que respetan otro ordenamiento [véase González Aparicio, 1973: 46].[47] En efecto, la disposición urbana de Tenochtitlan responde al eje de simetría de su Templo Mayor,

47 Recientemente el libro Cocotzin. Nuestra Señora de Los Remedios, dedica un capítulo al estudio del eje geodésico de la Ciudad de México [véase Montero, 2020b: 133 y ss].

desde el cual se trazó una delicada retícula de calles y avenidas para el área insular de Tenochtitlan. Durante años significó un enigma, porque la alineación del magnífico edificio no apuntaba a ningún lugar conspicuo en el paisaje, mucho menos a solsticios y equinoccios; tampoco al paso cenital del Sol, ni a alguna estrella o planeta en particular. Esta traza que se respetó durante el Virreinato y que ha persistido hasta nuestros días en las calles del centro de la Ciudad de México fue una interrogante hasta que Jesús Galindo [2015] encontró que la orientación respondía a una cuenta calendárica de la familia 73. Sucede que el eje de simetría del Templo Mayor de Tenochtitlan presenta un azimut de 277º 36' hacia el oeste con un horizonte sensible de 2º 12'; contrapuesto al este con azimut de 97º 36' con su correspondiente horizonte elevado a 2º 09', así que estas alineaciones coresponden al ocaso del Sol para las fechas 9 de abril y 2 de septiembre: 9 de abril + 73 días es 21 de junio (soslticio de verano) + 73 días es 2 de septiembre (misma posición en el horizonte que el 9 de abril) + 73 días es 14 de noviembre + 73 días es 26 de enero + 73 días regresamos al 9 de abril con lo cual la cuenta anual se cierra, dividiendo al año trópico en 5 partes de 73 días (73 × 5 = 3656). Dispongámonos ahora al amanecer desde el mismo y el eje de simetría nos marca las fechas 4 de marzo y 9 de octubre, repitamos el ejercicio anterior: 9 de octubre + 73 días es 21 de diciembre (solsticio de invierno) + 73 días es 4 de marzo (misma posición en el horizonte que el 9 de octubre) + 73 días es 16 de mayo (paso cenital del Sol) + 73 días es 28 de julio (paso cenital del Sol) + 73 días es 9 de octubre y con esto se cierra el ciclo, lo que es extraordinario es como se hizo conmesurable el tiempo y espacio, pues se incorporan los pasos cenitales del Sol y el soslticio de invierno en una cuenta calendárica sin igual en el mundo civilizado de la época. Más detalles sobre la familia 73 en la pág. 85, y sobre el eje de simetría pág. 119.

Otros ejemplos de la familia 73 los tenemos para la estela del Nevado de Toluca (pag. 163), la Estructura 38 de Dzibilchaltún y el arco abovedado CA-9a de Oxkintok. Esta orientación la poseen también el mascarón solar del Patio Oriental de Copán, la Pirámide de los Nichos en El Tajín, el Palacio que alberga la Tumba 112 de Monte Albán, y la Pirámide Principal de La Venta, entre otros tantos sitios. Cabe señalar que la presencia de este tipo de orientación arquitectónica en La Venta sugiere un uso del calendario desde hace mil años a. C. por lo menos [Galindo 2013: 38 - 39].



IZQUIERDA

El *Mapa de Cortés* o *Mapa de Núremberg*, muestra a Tenochtitlan en 1524 orientada al oeste, respetando la traza urbana del eje de simetría del Templo Mayor como *axis mundi*, el cual deja entrever entre sus templos una imagen del Sol.

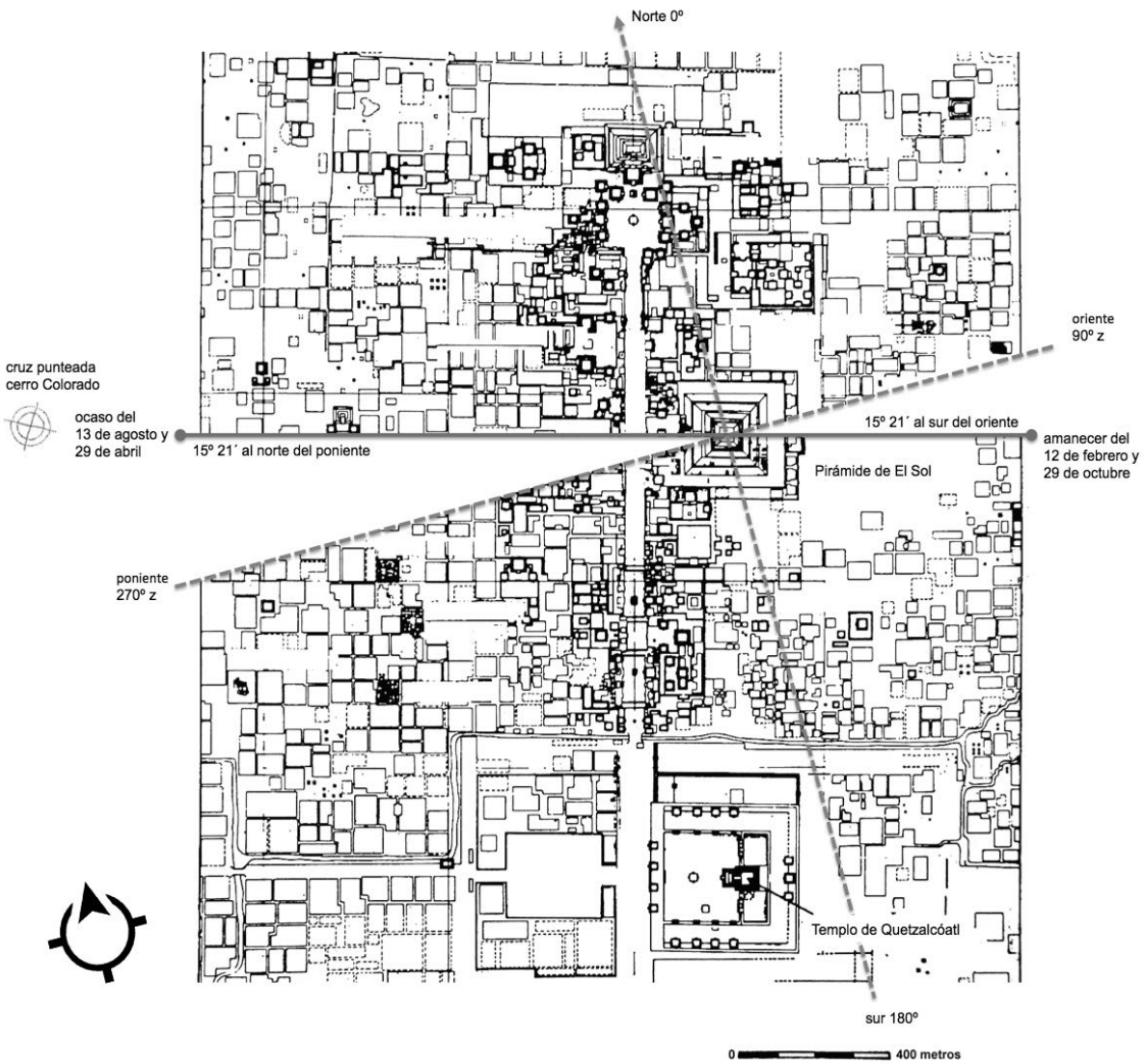
4.4.1.2 Tipo B. Ordenamiento perpendicular de la traza urbana

Perpendicular al eje de simetría del edificio principal encontramos el trazo prominente de algunas ciudades de Mesoamérica. El mejor ejemplo es Teotihuacán, cultura omnipresente en Mesoamérica. Su magnífica traza es el ejemplo por excelencia de la América antigua civilizada, ninguna otra ciudad del continente conoció tal grandeza antes de la llegada de los europeos. La ciudad creció en torno a un plan urbano estructurado en torno a dos ejes axiales. La Calzada de los Muertos en dirección norte-sur, y el trazo de La Ciudadela con dirección este-oeste. Los ejes principales de la urbe se cruzaban perpendicularmente, y en torno a ellos se trazó una retícula que sirvió de base para la construcción de todos los edificios. La planificación urbana de Teotihuacán debió adquirir la forma definitiva alrededor del siglo III d. C., aunque los ejes principales perecen que habían sido definidos desde la fase Tzacualli, al inicio de nuestra era. La Calzada de los Muertos es una amplia vía que atravesaba la ciudad. Comienza en la plaza frente a la pirámide de la Luna y se prolonga dos kilómetros hacia el sur. La avenida mantiene el azimut 15º 21', esta desviación es la misma que, con algunas variaciones, se observa en todas las construcciones teotihuacanas. En torno a esa gran avenida se encuentran los más importantes conjuntos monumentales dedicados principalmente a las actividades religiosas.

La orientación de Teotihuacán se vinculó en su momento con las direcciones hacia la salida de la estrella Sirio y hacia la puesta de las Pléyades, cuyo orto helíaco coincidió, en la época teotihuacana, con el primer paso anual del Sol por el cenit. Otras hipótesis asociaban la orientación de la metrópoli con el Sol y, por tanto, con determinadas fechas que pudieron haber tenido relevancia en el ciclo agrícola y en diversos cómputos relacionados con el sistema calendárico [Aveni, 1991: 252]. Actualmente a Teotihuacán se le considera orientado por la familia 52. Como ya se apuntó, las familias de orientación no están determinadas por una medida ángulo, pues este valor varía según la elevación del horizonte. Por ejemplo, en la figura siguiente, el alineamiento marca el rumbo 15º 25' +/- 4' y no 17º como propone el modelo. Así que una familia de orientación no está determinada por el valor de un rumbo fijo, sino por una fecha calendárica a la cual dirige su mirada. Esta es la característica que hace tan singular el estudio arqueoastronómico en Mesoamérica en comparación con otras regiones del mundo. Pues el eje nodal es la astronomía en función de los calendarios.

ABAJO

Plano de Teotihuacán publicado por Aveni [1991: 252] en el que se muestran las posiciones de sus estructuras principales y una cruz punteada vinculada con el planteamiento reticular de la urbe a fechas calendáricas específicas que en este caso corresponde a 52 días antes y después de cada uno de los solsticios.

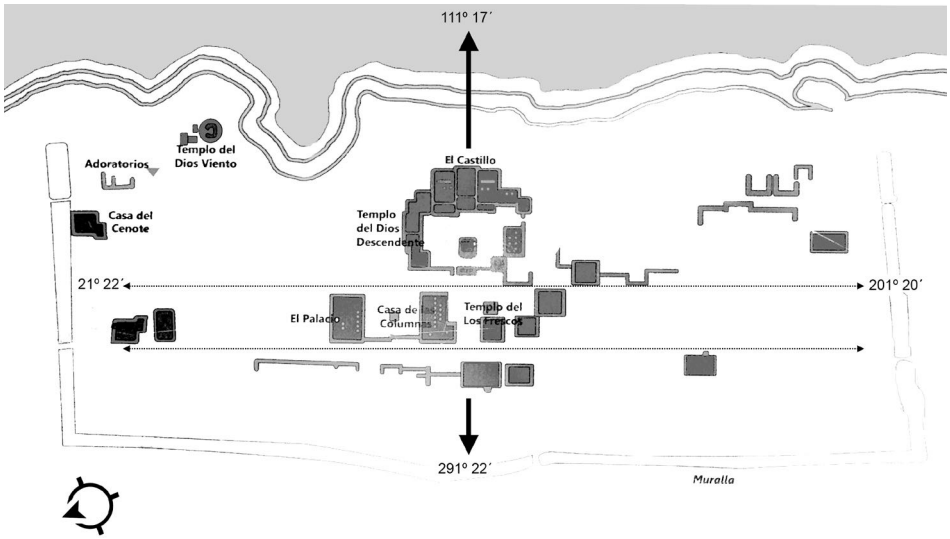


Así que la traza de Teotihuacán obedece a la dirección que señala la escalinata de la pirámide del Sol que apunta al ocaso del Sol los días 29 de abril (52 días antes del solsticio de verano) y 13 de agosto (52 días después del solsticio de verano); si cambiamos nuestra mirada al amanecer desde el mismo sitio tenemos los días 12 de febrero (52 días después del solsticio de invierno) y 29 de octubre (52 días antes del solsticio de invierno). Detalles calendáricos de la familia 52 en la pág. 87.

Otro ejemplo de traza urbana perpendicular al edificio principal es Tulum, localidad posterior a Teotihuacán, que se ubica en otra área cultural y respeta otro azimut. Tulum muestra la intencionalidad de su trazo respetando el eje de simetría del edificio principal denominado El Castillo, el cual está orientado al ocaso para los días del paso cenital del Sol con z = 291° 32'. Resulta interesante ver cómo la franja costera es simétrica al trazo perpendicular de la alineación del emplazamiento, con lo cual la articulación entre el medio natural y la arquitectura adquieren un significado ritual. Cabe la idea de que la traza perpendicular contempla a un observador a lo alto del edificio principal viendo al horizonte al salir el Sol desde el cual con los brazos abiertos alcanza a la avenida principal hasta sus extremos.

ABAJO

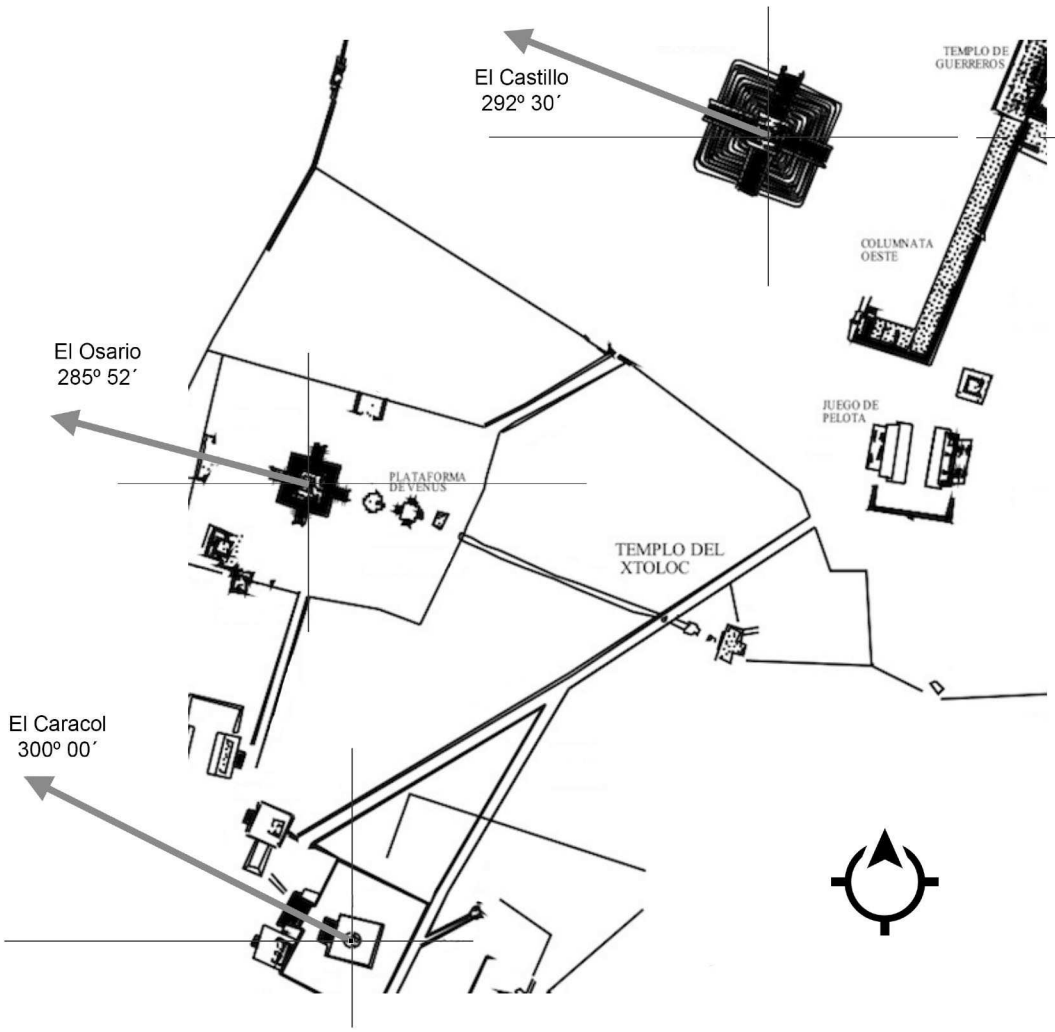
Planta del sitio arqueológico de Tulum destacando la alineación del sitio con el azimut 291° 22′, que corresponde a la posición del Sol para su ocaso en sus días de paso cenital que suceden el 21 de mayo y el 22 de julio.



4.4.1.3 Tipo C. Múltiples alineamientos en una urbe

Los casos presentados de Tenochtitlan, Teotihuacán y Tulum muestran trazas uniformes, toda la ciudad reticularmente respeta un eje, pero no siempre es así, lo que demuestra el carácter

contextual de la urbanización en Mesoamérica que no debe reducirse a expresiones estadísticas. Veamos por ejemplo el caso de Chichén Itzá[48] que presenta tres planteamientos de orientación: El Castillo, al paso cenital del Sol con z = 292º 30'; El Osario, con z = 285º 52'; al ocaso con las fechas 13 de agosto y 29 de abril que corresponde a la familia 52; y El Caracol, al azimut extremo de Venus al norte de 300º 00'.



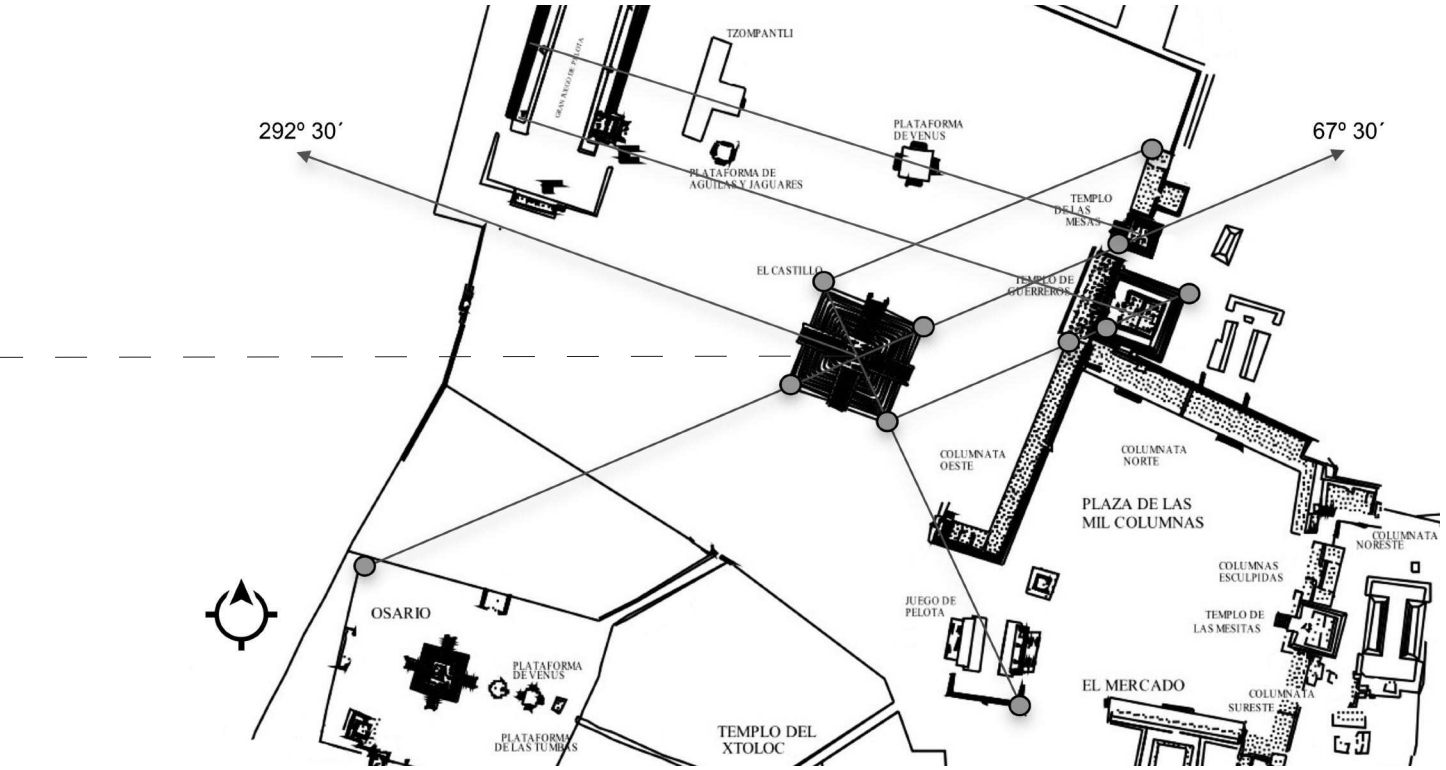
ARRIBA

Tres conjuntos arquitectónicos de Chichén Itzá muestran diferente azimut respecto al eje de simetría de sus edificios para el ocaso: El Castillo, al paso cenital del Sol con z = 292º 30'; El Osario, a la fecha 13 de agosto / 29 de abril con z = 285º 52'; y El Caracol, con z = 300º 00' que corresponde a la declinación máxima de Venus al norte para el ocaso.

En la plaza norte se levanta la emblemática pirámide de El Castillo, es la construcción que determina toda la alineación del espacio arquitectónico denominado la Gran Nivelación. En México no son comunes las pirámides con escalinata por cada

48 Si el lector requiere de más datos sobre Chichén Itzá puede consultar el libro El sello del Sol en Chichén Itzá [Montero, 2013a] disponible de manera gratuita en: <https://www.academia.edu/19566600/El_sello_del_Sol_en_Chichén_Itzá>.

lado, por eso llama la atención esta disposición que es atendida con más detalle a lo largo de este capítulo.



ARRIBA

La propuesta geométrica de la Gran Plaza de Chichén Itzá está determinada por el eje de simetría de la pirámide de El Castillo, la cual se alinea al paso cenital del Sol durante su ocaso con Z = 292º 30' y durante el levante con Z = 67º 30'.

Con referencia al Caracol, es tal su particularidad y complejidad que es presentado como ejemplo para el Tipo *J. Interiores ajustados* (pág. 128).

Uxmal es otra urbe que presenta múltiples alineamientos, la ciudad maya fue fundada hacia el año 700 d. C. y llegó a contar más de 25,000 habitantes que convivían en un ambiente de monumentos con impecable trazado y ricamente ornamentados con motivos simbólicos y efigies esculpidas de Chaac, el dios de la lluvia. Uxmal alcanzó su florecimiento en los períodos Clásico tardío y terminal (*ca* 800 - 1000 d. C.) como la capital de un estado regional.

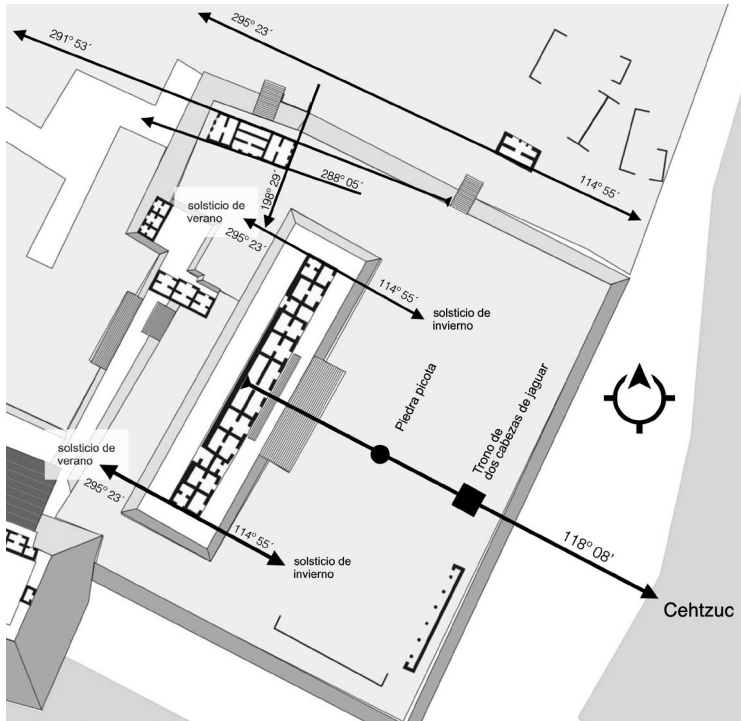
Consideremos para este apartado cuatro de las construcciones más destacadas del sitio: el Palacio del Gobernador, considerado el mejor ejemplo de la arquitectura precolombina en las Américas; la Pirámide del Adivino, edificio de 30 m de altura que presenta la única planta ovalada de la cultura maya, la pirámide está ornamentada con serpientes enroscadas, bandas y un mascarón del dios de la lluvia como motivo principal, su orientación al oeste para el ocaso del Sol la hace sugerente para el análisis astronómico; el Cuadrángulo de las Monjas, un gran patio que a cada lado presenta edificaciones con aposentos que se abren al

interior, la decoración del conjunto sigue la línea del más puro estilo Puuc con una nutrida ornamentación; y finalmente, la Gran Pirámide que consta de nueve basamentos escalonados.

El Palacio del Gobernador presenta su eje de simetría al este con azimut de 118° 08', la puerta central del edificio mira hacia la estructura más alta del vecino sitio arqueológico de Cehtzuc, que corresponde a la posición que alcanza Venus al amanecer en su extremo meridional como estrella ascendente, criterio que se sugiere por el análisis epigráfico de la fachada. Así que un observador a través de la puerta central del Palacio del Gobernador, mirando al sureste observa la Piedra Picota en primer plano y la plataforma con el Trono de Dos Cabezas de Jaguar más atrás, en la misma dirección a la pirámide de Cehtzuc apenas visible en el horizonte. La visual también pudo haber sido invertida, esto es que desde Cehtzuc, se observara a Venus vespertino en su máxima declinación al norte. Šprajc [1998: 43] señala que, en las Tierras Bajas del Sur, los extremos máximos norte de Venus, como Estrella de la Tarde, coinciden exactamente con el primer paso anual del Sol por el cenit a principios de mayo, cuando el astro diurno se desplaza hacia el norte. Ambos fenómenos astronómicos coinciden con el comienzo de las lluvias, temporada en que el Sol se mueve en la parte septentrional de la bóveda celeste. El Palacio del Gobernador, además de haber desempeñado la función de sede del poder político, era una construcción útil como expresión de la cosmovisión en términos numéricos, pues exhibe trece puertas y veinte habitaciones; además, es un útil marcador astronómico pues sus muros laterales están alineados con las máximas declinaciones del Sol que corresponden a los solsticios de invierno al este para el amanecer, y de verano al oeste durante el ocaso.

DERECHA

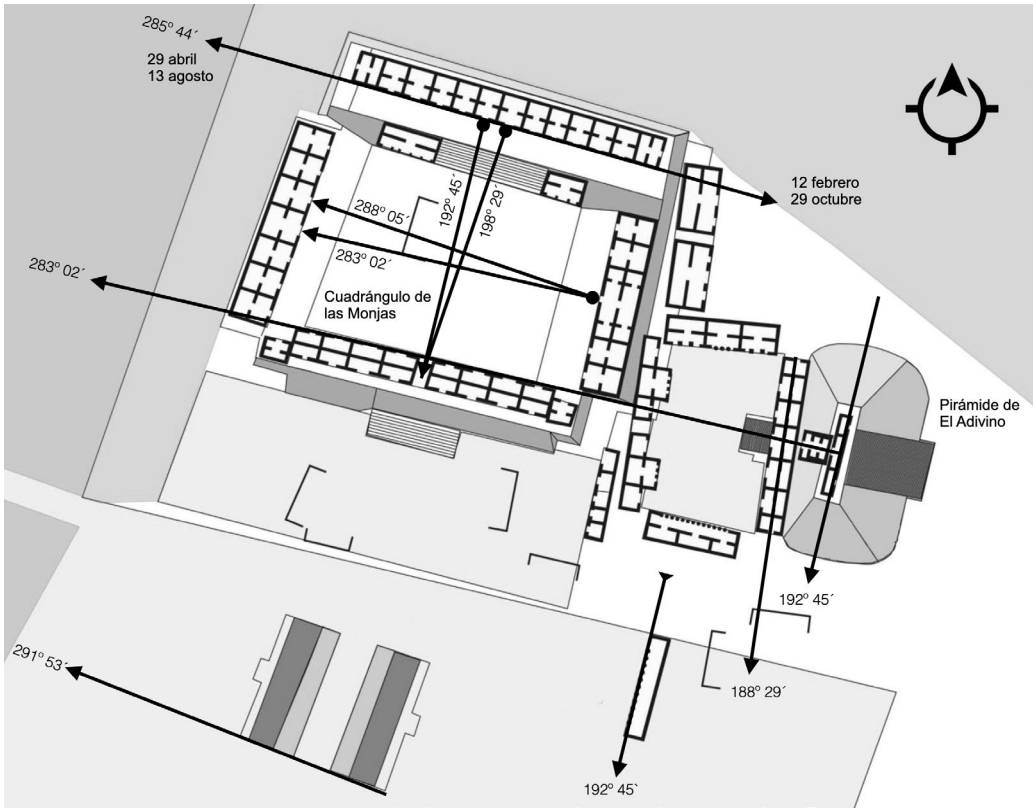
Las orientaciones que respeta el conjunto arquitectónico del Palacio del Gobernador en Uxmal.



El Cuadrángulo de las Monjas, es un cuadrilátero convexo, un trapezoide porque no presenta lados paralelos, todos exhiben un azimut diferente. Aun así, pueden identificarse dos patrones prominentes como se aprecia en la figura. Es significativo que el patrón con z = 283º 02' se ajusta al eje de simetría de la Pirámide de El Adivino; es de llamar la atención que una perpendicular a esta línea trazada desde la espectacular puerta principal del conjunto sur que es el arco falso, toca justamente una de las puertas del conjunto norte, con lo cual se demuestra la intención de los constructores por una simetría que a primera vista no es fácilmente perceptible. Otro eje ortogonal con z = 288º 05' se desprende del trazo entre las puertas centrales de las crujías este y oeste. Significativo es también el eje norte-sur con z = 198º 29' que ajusta la puerta central de la crujía norte con la puerta principal y de acceso al Cuadrángulo de las Monjas que se levanta en medio de la crujía sur. En un análisis más detallado de la traza entre el Cuadrángulo de las Monjas y la Pirámide de El Adivino hay otro patrón que resulta interesante porque se repite en Uxmal con el z = 188º 29'.

ABAJO

Las principales orientaciones en el Cuadrángulo de las Monjas con la Pirámide de El Adivino a la derecha.



Es de notar que los arquitectos mayas eligieran sus alineaciones en un juego geométrico respecto a las puertas de las crujías, aunque es necesario apuntar que estas tampoco son simétricas,

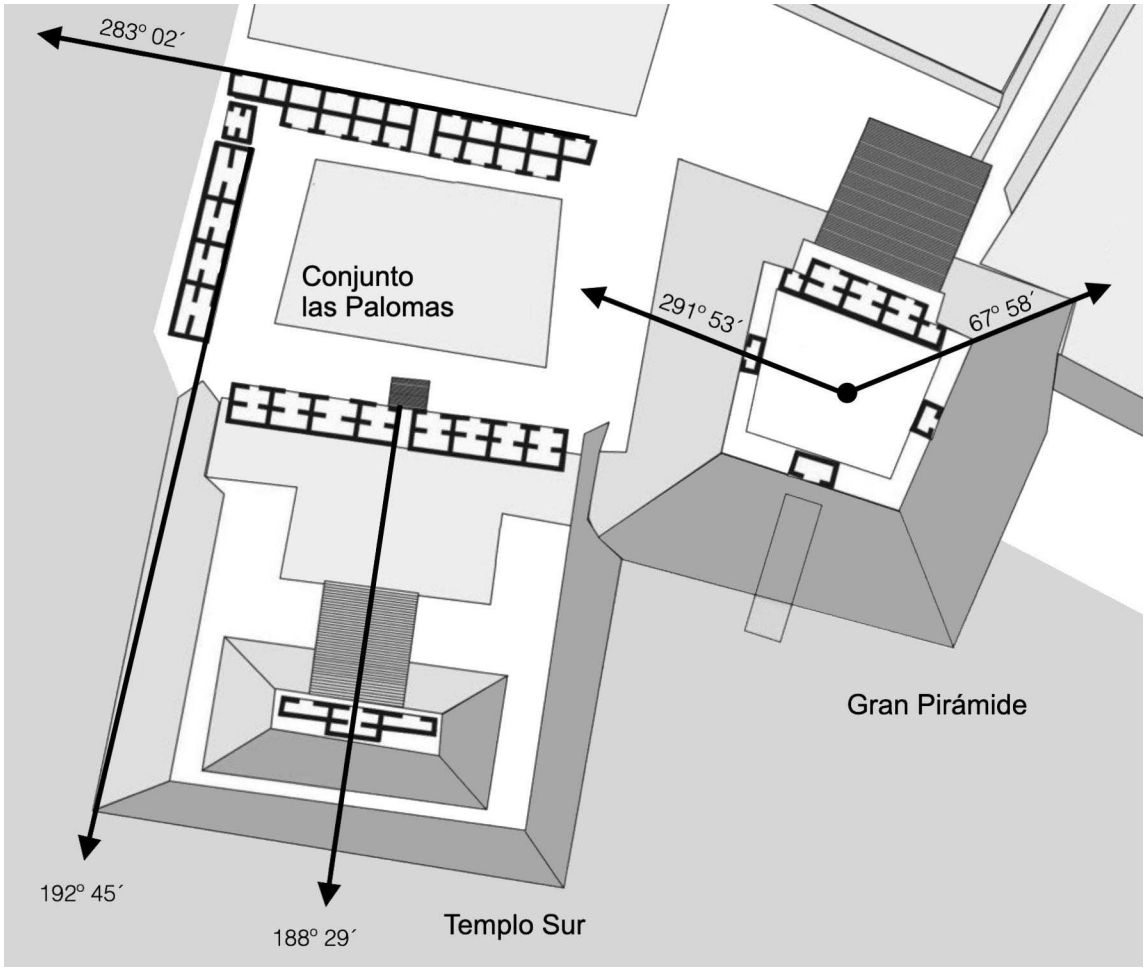
pues el número de puertas cambia por cada lado: cinco al este, siete al oeste, nueve al sur (ocho puertas más el arco falso), y once al norte. El Cuadrángulo de las Monjas no sólo es un edificio suntuario, es también un sofisticado emisario del pensamiento maya que expresa de manera magistral los números elementales de la cosmovisión: primero con el cuadrángulo, son los cuatro rumbos del Universo, las cualidades de un espacio cuadrangular deificado las encontramos en Yucatán con la veneración a Amayté Ku, Dios de los Cuatro Ángulos -que proveía de abundantes cosechas-, en el *Popol Vuh*, y en el *Ritual de los Bacabes* con la divinidad de Itzam Kan, el Brujo del Agua de los Cuatro Rincones; los cuatro rumbos se complementan con el centro, es así como se conforma un quincunce, metáfora ancestral mesoamericana, ahí están entonces las cinco puertas del este, el cinco es el primer número primo de este ejercicio; sigue el siete, con las puertas del oeste, al quincunce sumemos el plano subterráneo y el plano celeste, tenemos siete direcciones, el siete es también un número primo, esta cifra nos remite a Ek' K'an Nal, son las "Siete Cuevas", entendemos que el sitio "Siete Cuevas", Vucub Pec, entre los mayas, era el lugar de origen de los pueblos y linajes en la mitología mesoamericana; ahora el nueve, que tenemos en el conjunto de accesos del sur, nos remite a los nueve niveles del inframundo es Bolon Tiku, Nueve Deidad, es la estructura del mundo subterráneo, que cuenta con nueve estratos, y en él se conjugan las fuerzas devastadoras que atentan contra la vida, su acción permite un ciclo cósmico nuevo por lo que se asocia con la renovación; finalmente al norte el número once, otro número primo, hasta el momento hemos sumado de dos en dos, 5 + 2 = 7; 7 + 2 = 9; 9 + 2 = 11; pero hay algo que llama la atención, en este edificio hay once puertas al norte, pero tenemos dos más a los lados, de nuevo sumamos dos y tenemos el número trece, es Oxlahun Tiku, Trece Deidad, en el *Libro de Chilam Balam de Chumayel*, Oxlahun Tiku es quien integra las 13 capas superpuestas que constituyen verticalmente el cielo; por eso se le llama también Oxlahun Citbil, Trece Ordenador, se le menciona a la vez como Deidad Inmensa, con lo que se alude su carácter infinito y múltiple, este es un criterio asombroso, porque el número 13 es básico para la cuenta de los períodos calendáricos mesoamericanos que se agrupaban en trecenas. Es necesario resaltar el hecho de que el azimut que presenta la crujía norte en su trazo este-oeste es de 285° 44', lo cual permite ver al Sol rasante alineado al muro para el ocaso los días el 13 de agosto y el 29 de abril; y en sentido opuesto para el amanecer de los días 12 de febrero y 29 octubre, fechas

calendáricas comunes en Mesoamérica asociadas a la familia 52, para más detalle sobre este tipo de orientación véase el *Tipo F. Alineamientos laterales* (pág. 120).

La Gran Pirámide, presenta un modelo similar de orientación al que propuse para El Castillo de Chichén Itzá [Montero, 2013a: 145 ss] respecto al paso cenital del Sol. Sucede que el vértice NE de la pirámide señala la dirección por la que levanta el Sol para sus días de paso cenital como se ve en la memoria de cálculo para los días 22 de mayo y 21 de julio: para el ocaso de estos días, al oeste, el eje de simetría de la planta del edificio presenta una habitación con acceso justamente en la dirección que sigue el Sol. Por otra parte, es necesario mencionar que gracias a las observaciones puntuales del guía Aarón Cetina, registramos que el número de escalones para el edificio es de 65, otra clara expresión de la cosmovisión mesoamericana manifiesta en la arquitectura.

ABAJO

Las orientaciones de la urbe de Uxmal en su porción sur, destacando en la Gran Pirámide los rumbos para el paso cenital del Sol.



Memoria de cálculo

Sitio de observación	Uxmal

Ubicación	φ20º21´38.5" λ -89º4610.4"	16Q 210858m E - 2253838m N	Altitud	58 m/nm	WGS 84
			δ magnética 0º 12' E		

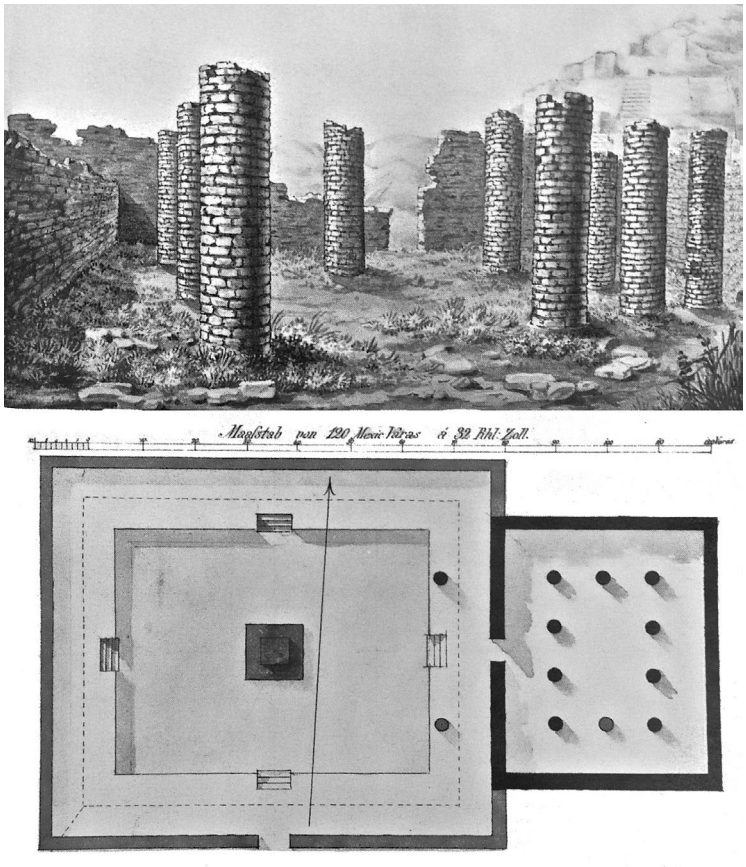
Paso cenital del Sol: 22 de mayo y 21 de julio de 2015	amanecer	Z = 67º 58´	h = 0º 15´
Paso cenital del Sol: 22 de mayo y 21 de julio de 2015	ocaso	Z = 291º 53´	h = 0º 15´

Cuadrángulo de las Monjas "A"	este	Z = 103º 02´	16 - febrero	25 - octubre
	oeste	Z = 283º 02´	21 - abril	21 - agosto
	norte	Z = 12º 45´	s/f	s/f
	sur	Z = 192º 45´	s/f	s/f

Cuadrángulo de las Monjas "B"	este	Z = 108º 05´	02 - febrero	09-noviembre
	oeste	Z = 288º 05´	05 - mayo	05 - agosto
	norte	Z = 18º 29´	s/f	s/f
	sur	Z = 198º 29´	s/f	s/f

La Quemada es considerada como el sitio que representa la Cultura del Valle de Malpaso, en este lugar se pueden admirar edificios construidos sobre terrazas artificiales en la ladera de un cerro; el material de construcción es de piedra laja y barro. Entre sus construcciones destacan el Salón de las Columnas, el Juego de Pelota; la Pirámide Votiva y las construcciones del sector de La Ciudadela en la parte alta del cerro; los trabajos de investigación han permitido calcular una ocupación y desarrollo de La Quemada aproximadamente, entre los años 400 al 1050 d. C. El Salón de las Columnas es un edificio majestuoso y emblemático no sólo en el asentamiento sino en la arquitectura del Norte de México. La urbe de La Quemada se encuentra construida sobre un cerro alargado en dirección norte-sur, mientras que el Salón de Columnas y su gran plaza se localizan en la parte baja, al sur con orientación al oeste. En la esquina noroeste de la plaza, una gran calzada es el acceso principal al antiguo asentamiento. Una interrogante durante mucho tiempo fue si el Salón de las Columnas estaba techado, resultado de excavaciones arqueológicas recientes se sustenta la propuesta de que era un espacio completamente techado [Torreblanca y Dueñas: 2020].

Para el año 2008, fijé la atención en el sitio arqueológico de La Quemada, 160 km al sureste de Alta Vista, también en Zacatecas. Con colegas del Seminario de Arqueoastronomía de la UNAM y la ENAH, recorrimos el sitio el día 4 de junio, fecha del paso



IZQUIERDA

Aspecto del Salón de las Columnas y su plaza oeste en La Quemada para 1855 según Berghes [1996].

cenital del Sol, resultado de esa visita fueron algunas hipótesis respecto a la orientación de los edificios. Cabe mencionar que el segundo paso cenital del Sol por el sitio sucede 33 días después, el 7 de julio según nuestra memoria de cálculo.

Para el año 2013, integré con mis colaboradores dos temporadas de campo: una para el equinoccio de primavera y otra durante el mes de noviembre. Se sumaron a nuestro proyecto el Instituto Zacatecano de Cultura, la Universidad Autónoma de Zacatecas, la Sociedad Astronómica de Zacatecas, el Museo Arqueológico La Quemada y el Instituto Nacional de Antropología e Historia a través de su centro estatal. El objetivo fue la divulgación de la ciencia y la capacitación en arqueoastronomía para diferentes perfiles profesionales interesados en esta disciplina.

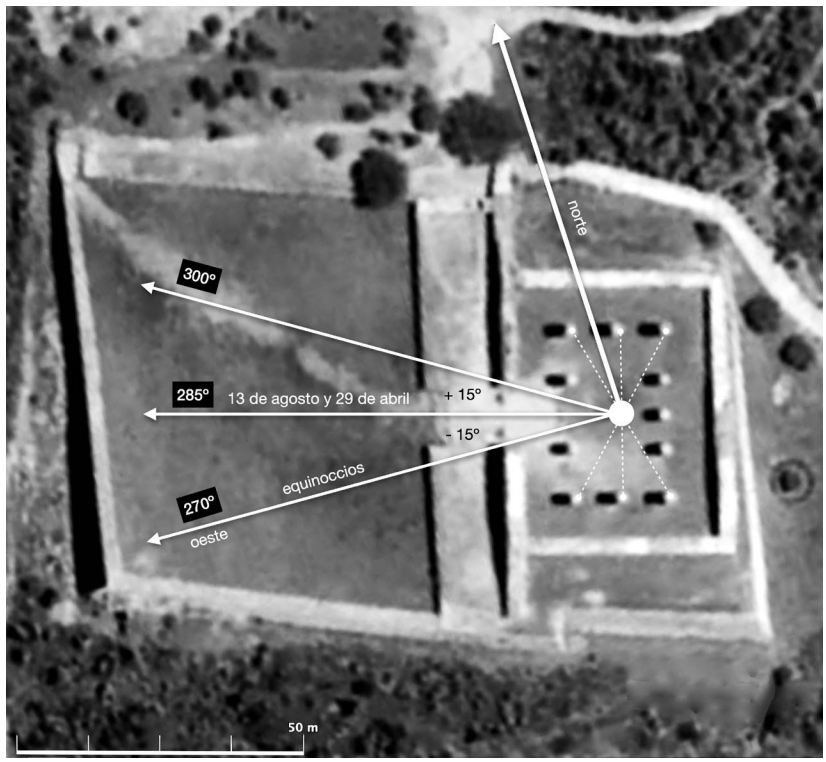
En La Quemada, con los alumnos del curso centramos nuestra atención en el Salón de las Columnas, de ese ensayo académico obtuvimos resultados que la misma prensa publicó en su oportunidad.[49] El Salón de las Columnas mira al horizonte oeste, el

49 Véase periódico *La Jornada Zacatecas*, sección Sociedad y Justicia, jueves 14 de noviembre de 2013, pág. 9, "Realizan taller sobre arqueoastronomía en el complejo La Quemada, en Villanueva", reportaje de Alma Ríos.

cual está dominado por dos prominencias, una de ellas, el Cerro El Cohete se ajusta como marcador de horizonte para señalar los equinoccios durante el ocaso,[50] según nuestra memoria de cálculo. Sin embargo, lo más relevante fue medir la orientación del eje de simetría del Salón de las Columnas, así que primero establecimos un punto de convergencia entre las columnas. Posteriormente determinamos el norte astronómico. El eje de simetría del edificio resultó con rumbo 285º; encontramos que ajustando la visual a la jamba sur del salón marcó el rumbo 270º, con 15º menos, simétricamente la jamba norte con 15º más, resultó con el rumbo de 300º. Procedimos a "orientarnos" por el eje de simetría del salón, y no por el norte; así apreciamos cómo la sección sur señala justamente a los equinoccios y la norte a la posición de Venus en su máxima declinación al norte que es próxima a la posición que alcanza la Luna en su parada mayor. Sin embargo, lo más relevante fue determinar que el eje de simetría central señala al ocaso los días 13 de agosto y 29 de abril, 52 días antes y después del solsticio de verano, esta es justamente la orientación de la Pirámide del Sol de Teotihuacán que determina el eje de simetría de toda la ciudad en su perpendicular con la Calzada de los Muertos.

DERECHA

La perfecta simetría de la arquitectura en La Quemada, donde el Salón de las Columnas marca en su eje constructivo el ocaso con las fechas 13 de agosto y 29 de abril, similar a Teotihuacán, 52 días antes y después del solsticio de verano. Apuntes del autor sobre una fotografía satelital de Google Earth de 1995.



50 En su momento Achim [1996: 106] ya apuntaba sobre la importancia del equinoccio en la orientación de La Quemada, centrando su atención en la Ciudadela.

El extremo norte de Mesoamérica demuestra con los sitios de Alta Vista y La Quemada que la erudición astronómica, geográfica, matemática y arquitectónica alcanzada por sus moradores era relevante, así que debemos de revisar los conceptos de civilización con los que miramos al norte de México y el sur de Estados Unidos, que si bien estaban distantes de los grandes centros culturales de Mesoamérica, desarrollaron un sofisticado conocimiento del Universo.

ABAJO

Perfil orográfico de la franja heliaca del ocaso desde el Salón de las Columnas, destacan las principales posiciones del Sol durante un año: 1) Cerro San Francisco el 17 de marzo y, 2) Cerro El Cohete para el equinoccio.



Sitio de observación	edificio: puerta del Salón de las Columnas		
Ubicación	φ 22º27′19.02″ λ-102º49′15.5″ 13 Q 724235 2484857	Altitud 2109 m/nm	Datum WGS84

Lugar conspicuo	cima del Cerro de San Francisco		
Ubicación	φ 22º 27′04.10″ λ – 102º58′43.6″ 13 Q 707997 2484165		Datum WGS84
Altitud 2370 m/nm	Distancia 16,250 metros	Z = 268º 20′	h = 0º 55′
Fecha, próxima al equinoccio: 17 de marzo			

Lugar conspicuo	cima del Cerro El Cohete		
Ubicación	φ 22º 27′34.60″ λ – 102º57′03.6″ 13 Q 710843 2485143		Datum WGS84
Altitud 2290 m/nm	Distancia 13,400 metros	Z = 270º 03′	h = 0º 46′
Fecha, equinoccio: 21 de marzo			

4.4.1.4 Tipo D. Alineamientos entre edificios

En ocasiones la intensión astronómica de los constructores no encarga su atención a la traza urbana, sino a la disposición que guardan determinados edificios entre sí. Tal vez el mejor ejemplo lo ofrece la cultura zapoteca de Monte Albán con los edificios J y P. Según Aveni [1991: 285], la iconografía en bajorrelieve del Edificio J sugiere que el edificio tenía una función astronómica

pues en sus paredes se muestra con claridad el símbolo de las varas cruzadas, junto a lo que se supone otro dispositivo de observación. Se considera que los dibujos sugieren que el frente del edificio fue sesgado deliberadamente con el fin de situarlo ante algún fenómeno astronómico particular en el horizonte nororiental. Se ha encontrado que la orientación de una línea que corre hacia el noreste, a lo largo de una perpendicular trazada desde la entrada del edificio, pasa por una abertura en la escalinata del Edificio P. Descendiendo a una cámara oscura que hay debajo de la escalinata del Edificio P, se permite una vista del cenit con una amplitud de 2°. La cámara pudo haber servido de observatorio concebido especialmente para mirar las Pléyades, que cruzaron por el cenit de Monte Albán precisamente en aquella época, o quizás la imagen del Sol, que se proyecte en la base del orificio al mediodía de las fechas en que el astro pasara por el cenit en el valle de Oaxaca que corresponde a los días 2 de mayo y 10 de agosto.

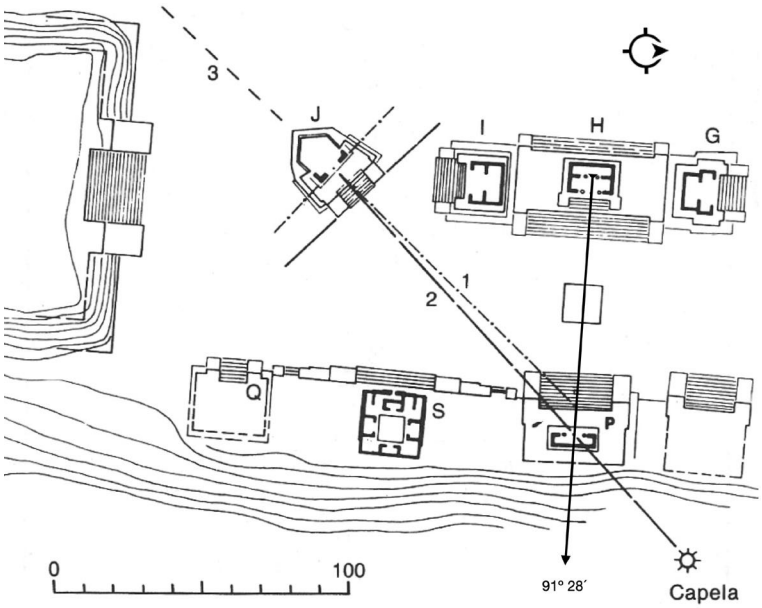
La escalinata exterior del Edificio J, se desvía 4° con respecto a la entrada. Al trazar una perpendicular de la escalinata hacia el noreste, esta pasa exactamente por la entrada de la parte superior del Edificio P, y luego prosigue hasta tocar el horizonte en el punto en que aparece Capela, la sexta estrella más brillante del firmamento. En Monte Albán, hacia el año 250 a. C., entre todas las estrellas brillantes, Capela podría destacar porque se vinculaba con el año solar precisamente de la misma manera que las Pléyades en Teotihuacán. Capela pasaba por su orto helíaco en la misma fecha que el primer paso del Sol por el cenit en Monte Albán alrededor del 2 de mayo.

Para Aveni [ibidem], la singular orientación del edificio era tanto funcional como simbólica. Luego de observar la primera aparición anual, antes del alba, de Capela, la "estrella anunciadora", desde su puesto de observación en la puerta del Edificio J, el sacerdote-astrónomo podía prever el inminente paso del Sol por el cenit. Entonces descendía al interior de la escalinata del Edificio P, para observarlo formalmente.[51] Y así se podía celebrar el ritual que acompañaba aquellos fenómenos. Evidentemente, los acaecimientos cósmicos eran tan importantes para los sacerdotes zapotecos que quisieron dotar a su reino terrestre de símbolos de una permanente presencia celeste. Lo que a nosotros nos parece una arquitectura asimétrica, para el astrónomo de la antigüedad era una representación de la ordenada armonía de la Tierra y el cosmos.

51 Detalles respecto al Edificio P y el paso cenital del Sol en el apartado *Tipo K. Tubos de luz* (pág. 132).

Con referencia al horizonte occidental, Aveni [ibidem] argumenta que el Edificio J apuntaba a la Cruz del Sur para el año 250 a. C., momento en que se considera se levantó la primera de las tres etapas constructivas del edificio. La Cruz del Sur es una de las constelaciones más prominentes en el cielo por lo que tenía una importancia considerable en Mesoamérica de tal suerte que los mexicas la veneraban para la veintena *tozoztontli*.

En el año 2006 en compañía de Jesús Galindo y Enrique Aguilar comprobamos la importancia de alineación del edificio H con el edificio P para el día del paso cenital del Sol, con Z = 91° 28´; de tal suerte que si el edificio P con su templo fuera más alto que el punto de observación del edificio H, desde H se podría registrar la posición del Sol para alguno de los equinoccios (astronómico, medio o geográfico) con tan solo una diferencia de altura de 6 m, para acentuar el registro equinoccial el templo en el edificio P podría haber estado rematado por algunas almenas.



IZQUIERDA

Monte Albán, tres líneas perpendiculares desprendidas de la planta arquitectónica del Edificio J: la trayectoria 1, señala a una apertura en la escalinata del Edificio P, suponemos que el orificio estaba destinado a la observación cenital del cielo; la trayectoria 2, también apunta al Edificio P pero con dirección al azimut por donde levanta Capela; finalmente la trayectoria 3, con rumbo al sur señala a la Cruz del Sur [Aveni, 1991: 290]. La alineación entre los edificios H y P es un apunte del autor.

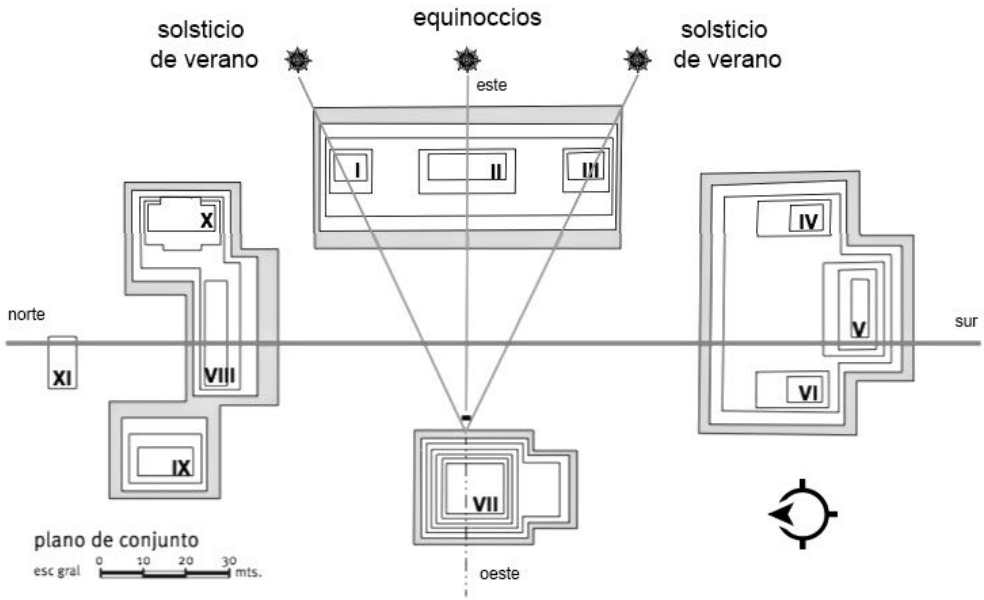
Otro ejemplo es Uaxactún[52] en el Área Maya, su ocupación corresponde desde el período Preclásico al Clásico temprano; presenta una orientación particular para el conjunto arquitectónico denominado Grupo E, pues destaca su intención por señalar los solsticios y equinoccios. Un observador apostado en el peldaño superior de la estructura E-VII puede observar de frente los edificios E-I, E-II y E-III emplazados sobre una sola plataforma. Dada la posición estratégica del observador, puede ver salir al

52 Su nombre en la antigüedad era Siaan Ka'an, que quiere decir *Nacida del Cielo*.

ABAJO

Planta del Grupo E de Uaxactún. Se destacan las direcciones de la salida del Sol para los días de los solsticios en los extremos; y la de los días de los equinoccios al centro, perpendicular al trazo equinoccial se destaca la orientación norte-sur de todo el conjunto.

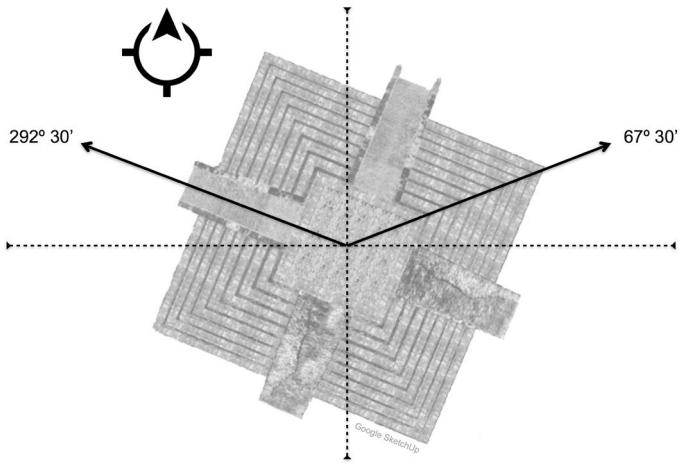
Sol por el extremo norte del edificio E-I durante el solsticio de verano; en contraparte, por el extremo sur de la estructura E-III levanta el Sol para el solsticio de invierno; dejando el centro para los equinoccios sobre el edificio E-II. Esta disposición fue tan relevante que al menos una docena de sitios arqueológicos situados en un radio de 100 km en torno de Uaxactún imitaron el arreglo arquitectónico del conjunto del Grupo E [v. Aveni, 1991: 316], de tal suerte que a esta disposición en la literatura arqueológica se le denomina coloquialmente tipo Grupo E.



4.4.1.5 Tipo E. Alineamientos al vértice

Algunos investigadores restaron importancia a la hipótesis que planteé en el año 2012 respecto a los vértices de los edificios mesoamericanos [Montero, 2013a] pues centran su atención únicamente al eje de simetría o de diseño; sin embargo, con el tiempo se ha demostrado que el vértice, entendido como el punto en el que coinciden los lados de una construcción puede ser significativos como demostré para la pirámide de El Castillo de Chichén Itzá. Este modelo se publicó también en Nacional Geographic [Guillermoprieto, 2013] demostrando cómo el vértice noreste de la pirámide de El Castillo que apunta al azimut 67º 30' se alinea con la salida del Sol para los días de paso cenital, que en esta latitud sucede el 23 de mayo y el 19 de julio; para el ocaso esos mismos días el Sol se oculta en dirección de

la escalinata oeste en el azimut 292º 30'. Así que la pirámide ícono de México en el mundo no solo estaba destinada al culto religioso, sino que también funcionaba como punto focal para la observación del cielo durante el paso cenital del Sol, en un complejo lenguaje geométrico y matemático que se presenta en el apartado *Tipo P. Las formas geométricas* (pág. 182).

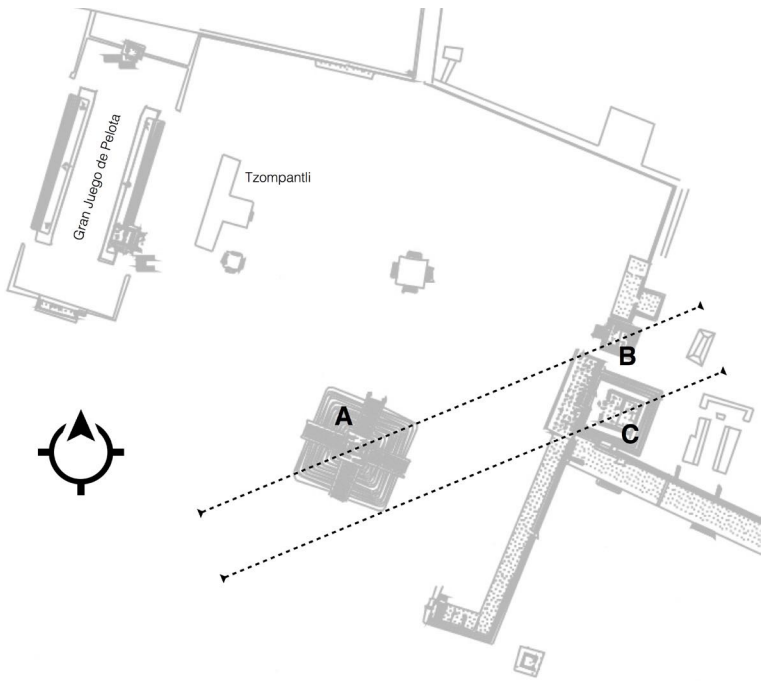


IZQUIERDA

La pirámide de El Castillo de Chichén Itzá en planta. Se destaca la orientación del vértice noreste con azimut de 67º 30' que se alinea con el Sol al amanecer durante su paso cenital los días 23 de mayo y 20 de julio; en simetría con el vértice la escalinata oeste con azimut 292º 30' señala el rumbo por donde se oculta el Sol esos mismos días.

El caso de El Castillo también nos sirve para mostrar al lector cómo en un emplazamiento pueden convergir otros de los modelos que se vienen planteando en este texto. Sucede que el vértice noreste se alinea en su azimut 67º 30' con el Templo de las Mesas, lo cual corresponde al *Tipo D. Alineamientos entre edificios*, cuando atendemos a todo el conjunto arquitectónico de los edificios aledaños a este espacio denominado la Gran Nivelación, vemos al *Tipo C. Múltiples alineamientos en una urbe*.

Otro ejemplo lo tenemos en los vértices de la planta del célebre Observatorio de Chichén Itzá donde las esquinas NE y SO se



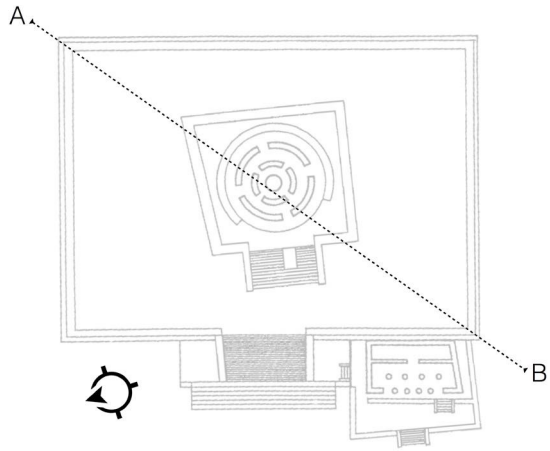
IZQUIERDA

Proyección de vértices en Chichén Itzá propia de una cuidadosa geometría por parte de los arquitéctos de la gran urbe. De la pirámide de El Castillo (A) al Templo de las Mesas (B); del vértice del Templo de los Guerreros (C) a la esquina sur de El Castillo (A).

alinean con las posiciones extremas que alcanza el Sol durante el año, son los solsticios de invierno y verano. El caso del Caracol por su complejidad es presentado en el apartado *Tipo J. Interiores ajustados*.

DERECHA

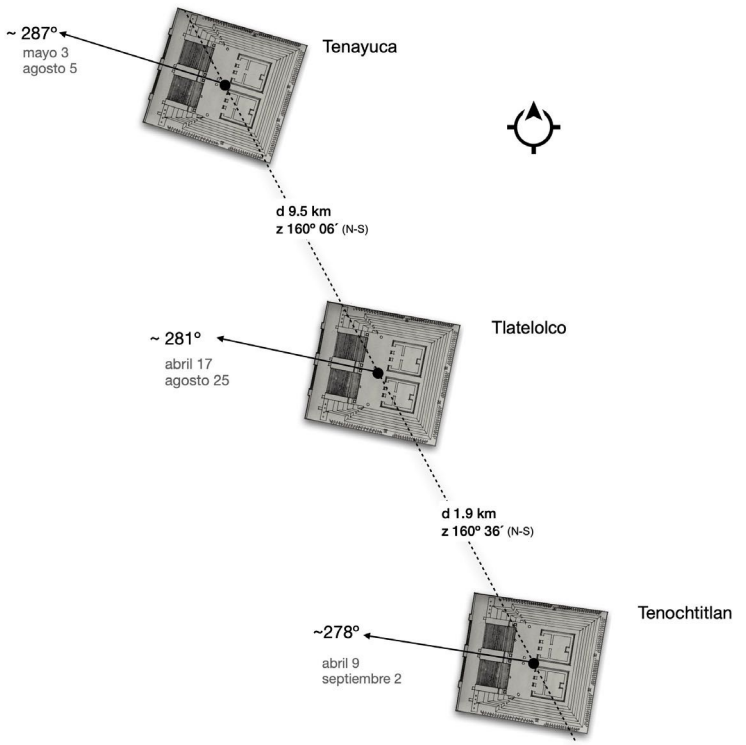
Planta de El Observatorio de Chichén Itzá, los vértices señalan a los solsticios: A) rumbo por el que levanta el Sol para el solsticio de verano; B) dirección por la que se oculta el Sol para el solsticio de invierno.



Recientemente, cuando completaba la investigación sobre la veneración a Nuestra Señora de Los Remedios [Montero, 2020b: 137-138] en el cerro Otoncapulco en Naucalpan, fue cuando retomé el trabajo de González Aparicio [1973: 46] respecto a su propuesta del Eje Los Remedios-Tepetzinco, trazo que determinó la traza prehispánica de la Ciudad de México por los mexicas. Sucede que este eje que va del cerro Otoncapulco (Los Remedios) al cerro Tepetzinco (Peñón de los Baños) con Z 101° 11' corresponde al eje de simetría del Templo Mayor de Tlatelolco. La perpendicular de este trazo corresponde a la calzada de Tlalpan, con lo cual tenemos el modelo reticular de México-Tenochtitlan-Tlatelolco. Si atendemos a la línea que corresponde a los vértices NO-SE del Templo Mayor de Tlatelolco sorprende el hecho de que el trazo corresponde a la calzada Vallejo, la antigua calzada Tenayuca-Tlatelolco, que nos lleva hasta los vértices del Templo Mayor de Tenayuca en dirección al norte; si movemos nuestra visual al sur, sobre el vértice SE del Templo Mayor de Tlatelolco nos alineamos con el Templo Mayor de Tenochtitlan. Tenemos entonces alineados por sus vértices tres templos importantes de la cuenca de México para el Posclásico de norte a sur: Tenayuca, Tlatelolco y Tenochtitlan.

La relevancia de Tlatelolco ha sido develada por la arqueología al demostrar que la construcción de la primera etapa del Templo Mayor de Tlatelolco es anterior a la fundación misma de Tenochtitlan, como también lo fue Tenayuca, antigua capital tepaneca. Tlatelolco manifiesta su primera etapa constructiva entre los años 950 y 1200 d. C. como también se sustenta históricamente con

documentos como la *Historia Tolteca Chichimeca* y el *Mapa de Sigüenza*. Si aceptamos que Tenochtitlan se fundó para 1325 d. C. entendemos que ya existía un templo antes de la llegada de los mexicas a esta porción del lago, lo cual difiere de la crónica de fray Diego de Durán y la del padre Acosta, quienes apuntan la fundación de Tlatelolco para 1337 d. C., algo así como 12 años después que la misma Tenochtitlan. Esto se entiende si aceptamos que el cuarto *tlatoani* tenochca, Itzcóatl asesorado por Tlacaélel reescribieron la historia de los mexicas después de su victoria en el año 1428 d. C. sobre Azcapotzalco, Tacuba y Coyoacán, dando fin al servicio de vasallaje para los tepanecas e iniciando el portentoso Estado que conquistó grandes territorios de Mesoamérica en 100 años, y enfrentó a Cortés y sus aliados indígenas en el siglo XVI [Battcock, 2012]. La similitud entre los templos mayores de Tenayuca[53], Tlatelolco y Tenochtitlan fue señalada en su momento por Eduardo Noguera, quien refería que los tres edificios eran muy similares entre si en orientación, diseño y temporalidad, sobre todo para la segunda etapa constructiva a inicios de siglo XV.



IZQUIERDA

Singular alineación entre los vértices de los tres más importantes templos de la Laguna de México para los siglos XV y XVI: Tenayuca, Tlatelolco y Tenochtitlan (T^3) durante la Etapa II. Se destaca la distancia entre los templos con la letra (d), la orientación se registra de norte a sur como azimutal (z). El eje de simetría o de diseño corresponde en cada edificio a la dirección de las escalinatas al poniente con sus respectivas fechas para la puesta del Sol. Sorprende que la orientación de Tenayuca ronda las fechas de la familia 52, en tanto a Tlatelolco le corresponde la familia 65 y a Tenochtitlan la familia 73.

53 Šprajc [2001b: 221] demostró que la pirámide de Tenayuca no está orientada al Monte Tláloc, pero sí el sitio arqueológico, pues al amanecer del día 12 de febrero, 52 días después del solsticio de invierno, el Sol levanta sobre el Monte Tláloc, igual que para el 30 de octubre, 52 días antes del solsticio de invierno. Véase sobre las orientaciones del Templo Mayor a Šprajc [1999] donde destaca la alineación con el cerro Tlamacas para el 29 de abril y 13 de agosto que nos conduce a la familia 52.

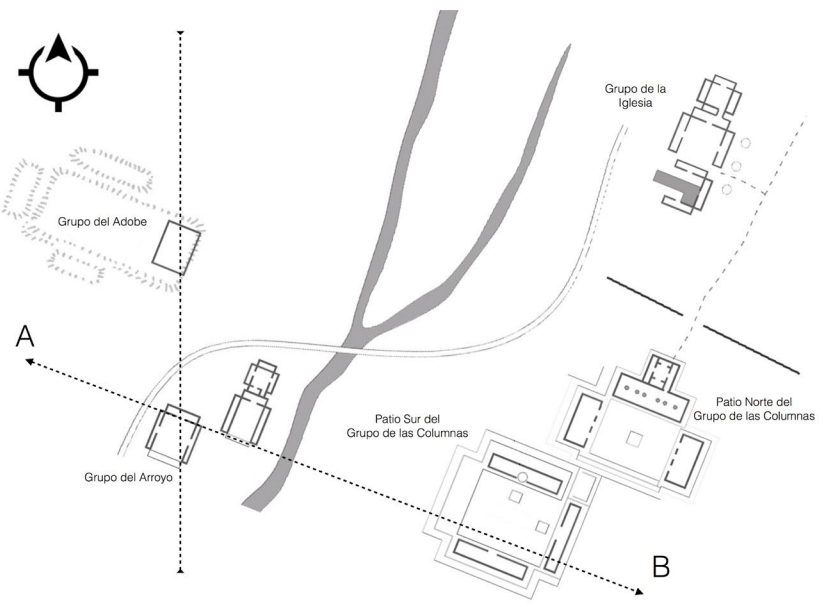
4.4.1.6 Tipo F. Alineamientos laterales

Observar con detenimiento una posición solar en el horizonte es la manera habitual de la astronomía prehispánica para señalar una fecha específica, pero no es la única, la iluminación rasante o completa de un espacio arquitectónico es otra estrategia interesante para considerar que ya se había planteado páginas atrás en Uxmal para la crujía norte del Cuadrángulo de las Monjas, alineado a las fechas de la familia 52.

El tipo alineamientos laterales, corresponde a la iluminación rasante producida por el Sol en fachadas o cuerpos de un edificio. Un buen ejemplo lo tenemos en el Patio I del Conjunto del Arroyo de la ciudad posclásica de Mitla, apreciamos un dintel en la habitación norte que presenta una escena pintada donde un disco solar se encuentra entre dos edificios escalonados, atado y sostenido por dos personajes, uno de los cuales proviene de un cielo estrellado. Sucede que los rayos luminosos de un Sol rasante inciden lateralmente sobre esta pintura astronómica en las fechas 25 de febrero y 17 de octubre, ambas son equidistantes en un cocijo, o sea un período de 65 días antes y después del solsticio de invierno durante el amanecer. El fenómeno se repite también 65 días antes y después del solsticio de verano, pero durante el ocaso los días 17 de abril y 25 de agosto [Galindo, 2009: 68]. Esta familia de orientación a partir del cocijo o familia 65, inicialmente identificada en la región zapoteca también está presente en otras regiones mesoamericanas como en Cañada de la Virgen en Guanajuato y recientemente registrado en Aguada Fénix en Tabasco, sitio que se considera el más antiguo de la cultura maya con un fechamiento de 1000 años a. C.

DERECHA

El Grupo del Arroyo en Mitla en su trazo lateral A - B, señala fechas calendáricas propias del calendario zapoteca o familia 65: A) el Sol se pone el 17 de abril y el 25 de agosto un cocijo (65 días) antes y después del solsticio de verano; B) el Sol levanta el 25 de febrero y el 17 de octubre un cocijo (65 días) antes y después del solsticio de invierno.



4.4.1.7 Tipo G. Iluminación de cámaras

Huitzilopochtli, es el Sol mismo para los mexicas, su nahual es el águila. Este concepto se expresa magistralmente en Malinalco, un conjunto arquitectónico monolítico, que por cierto, es de los pocos que se pueden apreciar en el mundo. De los espacios excavados en la roca destacan el Monumento IV, también denominado Casa o Templo del Sol y el Cuauhcalli (Casa del Águila).[54] Ambos espacios están tallados sobre tobas en un cerro con amplio dominio del paisaje. El Templo del Sol es una estructura rectangular a la manera de una plataforma de 14 × 20 m que presenta dos bases monolíticas alargadas en forma de sarcófagos que servían como basamento para los pilares de madera que sostenían el techo. La iluminación de las dos cámaras del templo proponía García Payón en la década de 1930, obedecía a que las puertas del templo estaban orientadas al este, con sus techos dispuestos a desnivel, para que las cámaras se iluminaran; suponía, que en la pared del fondo había una pintura del Sol que recibía los rayos solares a las primeras horas de la mañana, consideraba que en este lugar se efectuaba cada 260 días, el *netonatiuhzaualiztli*,[55] es decir la gran fiesta del Sol.

> [...] tuvo un techo macizo, es decir, de un vaciado de mezcla de cal y arena, sostenido por vigas y el todo (sic) distribuido en dos niveles, el primero o sea el del fondo más elevado que el segundo de manera que pasasen entre ellos los rayos solares, a fin de que la parte delantera del edificio quedara en la obscuridad mientras que el fondo de hallara iluminado por la luz que se filtraba entre los dos techos [...]. En su centro, descansando al pie del muro del fondo debía hallarse la representación del sol, es decir, el Ipalnemohuani -aquel por quien se vive-.
>
> García Payón [1947: 32 ss]

Desafortunadamente, acevera Šprajc [2001a: 352], no contamos con evidencia arqueológica que sustente lo propuesto por García Payon, a lo más podemos considerar referencias históricas, pero en todo caso, las fiestas que se hacían a intervalos

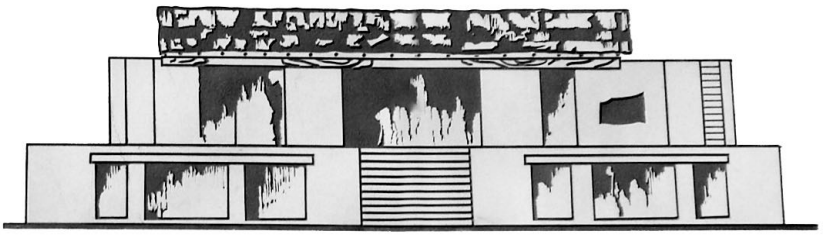
54 El fenómeno astronómico de este reciento se pone a consideración del lector en el apartado *Tipo K. Tubos de luz* (pág. 132).

55 García Payón [1947] se ha de referir al ritual celebrado durante el día Nahui Ollin, cada 260 días, véase fray Bernardino de Sahagún [1974], *Primeros memoriales*, libro II.

de 260 días, es decir, siempre en las mismas fechas de *tonalpohualli*, no podían tener una correlación fija con las fechas del año trópico determinadas por la posición del Sol respecto a un horizonte conspicuo.

DERECHA

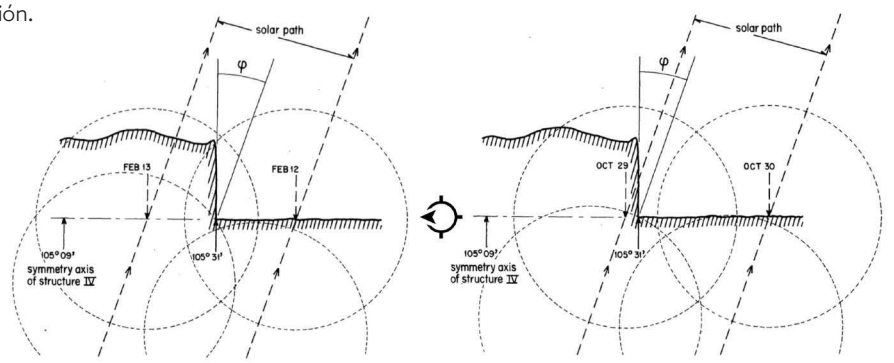
Frente hipotético del Templo del Sol de Malinalco como una amplia estructura rectangular monolítica. Se cree que en este lugar se efectuaba cada 260 días una gran fiesta del Sol al iluminarse las cámaras interiores.



Célebre es el documental Malinalco: *la luz y la piedra* producido por TV UNAM (1989), pionero en su alcance académico para México sobre arqueoastronomía,[56] en él Jesús Galindo y Johanna Broda destacan la relevancia de Malinalco. Muy afortunada es la forma como se explica la alineación del Templo del Sol con un corte en el Cerro Aguazarca que marca las fechas de la familia 52: 12 de febrero y el 29 de octubre. Malinalco enclavado en una orografía con siluetas de formas distintivas, facilitaron su uso como marcador de horizonte para fechas significativas durante la salida del Sol, que permitieron dividir el año en dos secciones a partir del corte en el Cerro Aguazarca, una de 105 días y la otra de 260, que tal vez fue el concepto que tanto interesó a García Payón hace 90 años.

ABAJO

Posición del Sol con respecto a un corte orográfico desde Malinalco para el 12 de febrero y su contraparte el 29 de octubre según Galindo [1990:29]. Este corte intencional se encuentra al sur del Cerro Aguazarca, próximo a Chalma; por cierto, la actual traza de la población de Malinalco guarda este eje de alineación.



4.4.1.8 Tipo H. Juegos de luz y sombra

Si el manejo de la luz para señalar una orientación y su consecuente fecha en una habitación nos parece notable en Me-

56 El primer documental de TV UNAM sobre el tema fue realizado en 1986, su título: *La Astronomía en el México Prehispánico*.

soamérica, también lo es el registro de la sombra como sucede cada año en Chichén Itzá con el "descenso de Kukulcán".

Miles de personas cada año se reúnen a los pies de la pirámide de El Castillo en Chichén Itzá durante el equinoccio de primavera para apreciar el "descenso de Kukulcán" a través de un juego de luz y sombra. La hierofanía solar se observa en la alfarda poniente de la escalinata norte durante el ocaso, consiste en una sucesión de 7 triángulos de luz que configuran el cuerpo de una serpiente luminosa que es Kukulkán, cuya cabeza pétrea se encuentra en el arranque de la alfarda. Alrededor del 19 de marzo empieza a observarse este fenómeno en el que la serpiente parece deslizarse con dirección al Cenote de los Sacrificios para así descender al Inframundo; la presencia de Kukulcán[57] con su arreglo de cadenas luminosas en forma de diamante sucede por varios días, por lo cual es difícil utilizar este suceso para referir con exactitud algún evento astronómico o un día en particular como se ha querido sugerir para el equinoccio; no obstante, como arreglo estructurado entre la arquitectura y la astronomía resulta significante para la experiencia religiosa. Cabe notar que este juego de luz y sombra también se da en la alfarda oriente de la escalinata sur de la pirámide, durante la mañana en los mismos días referidos, aunque hoy no se encuentra ahí ninguna cabeza de serpiente.

Este suceso es un buen ejemplo de una intencionalidad sobresaliente por parte de sus constructores. Sin embargo, los primeros exploradores no dieron cuenta de esta originalidad y atribuyeron la orientación de la pirámide a una casualidad de los mayas, como lo supuso John Lloyd Stephens que en 1840, consideró un posible desliz en la construcción:

> A la distancia como de quinientos pies de este edificio, hacia el sureste, descuella el llamado "Castillo", que es el primer edificio que vimos, y el más culminante de todos por cualquier punto de la llanura [...]. El montículo sobre el cual se halla erigido mide en su base, por los lados del sur y del norte, ciento noventa y seis pies diez pulgadas, y en los lados del oriente y poniente, doscientos dos pies. No corresponde exactamente a los cuatro puntos cardinales, aunque es probable que se pretendió al construirlo que así fuese; y en todos los edificios, por algún motivo no muy fácil de explicar, mientras que uno tiene una inclinación o va-

57 Conocido en el Altiplano como Quetzalcóatl, en la figura de este numen se amalgama el dios del Sol naciente con una deidad de la lluvia y el agua [León-Portilla, 1983:540], era el dios solar que regía el cielo, de donde pudo desprenderse que dominaba el viento y los meteoros [Pancorbo, 2011: 147].

riación de diez grados, respecto de un punto, el inmediato varía doce o trece respecto de otro punto [...].

Incidentes del viaje a Yucatán, John L. Stephens [2008]

DERECHA

Descenso de Kukulcán el día del equinoccio de primavera en El Castillo (estructura 2D5) de Chichén Itzá. La sucesión de 7 triángulos en la alfarda de la escalinata norte forma el cuerpo luminoso de una serpiente cuya cabeza pétrea se encuentra en el arranque de la escalinata. Fotografía cortesía de Jesús Galindo.



Recientemente se cuestionó por especialistas la intencionalidad de los mayas para esta hierofanía de efecto óptico para los equinoccios de primavera y otoño, y se propuso que responde a un mito moderno para atraer el turismo. Gran controversia se desató, pero sin ánimo de caer en ella, lo mejor es hacer referencia a un estudio detallado y cuidadoso respecto a las luces y las sombras registradas fotográficamente en la alfarda norte durante varios años (2014-2018) por el arqueólogo Orlando Casares [2021], quien encontró resultados sorprendentes, pues el primer triángulo de luz comienza a formarse durante el 12 de febrero y desaparece en la fecha equidistante que es el 29 de octubre, como corresponde a la familia 52. Más aún:

> A partir del 9 de abril, los triángulos de luz comienzan a ceder con la iluminación propia del sol, haciéndose más extensos, hasta iluminarse por completo la alfarda norte a partir del día 24 de mayo. De esta fecha hasta la llegada del solsticio de verano y posterior al mismo, el ciclo de iluminación de la alfarda norte se invierte, haciendo que la sombra comience a delinear los 9 triángulos de luz el día 19 de julio hasta llegar el día 2 de septiembre. Hay que recalcar que el inicio de la iluminación de los 9 triángulos ocurre 73 días antes del solsticio de verano y termina el 2 de septiembre, 73 días después.
>
> Orlando Casares [2021: 56]

La propuesta del simbolismo calendárico de la pirámide El Castillo no se agota en esta página y se expone más adelante en el apartado *Tipo P. Las formas geométricas* (pág. 182).

Otro singular juego de sombras lo tenemos en Teotihuacán también para los equinoccios. En el edificio Quetzalpapalotl, se-

gún Morante [1999] las sombras escalonadas de las almenas del lado este del patio van recorriendo el muro occidental del palacio sobre los ángulos de las figuras, también escalonadas, pintadas en rojo. La sombra se desplaza de sur a norte, como si bajara unas gradas. La pintura del palacio sobre la que se proyecta la sombra se acompaña de una serie de círculos de mica, a manera de espejos que conforme reciben la luz solar lanzan destellos sobre la parte no iluminada del recinto. La figura escalonada es un *xicalcoliuhqui*, especie de greca cuya evolución, según demostró Alfonso Caso, partió de las formas naturalistas de la serpiente.

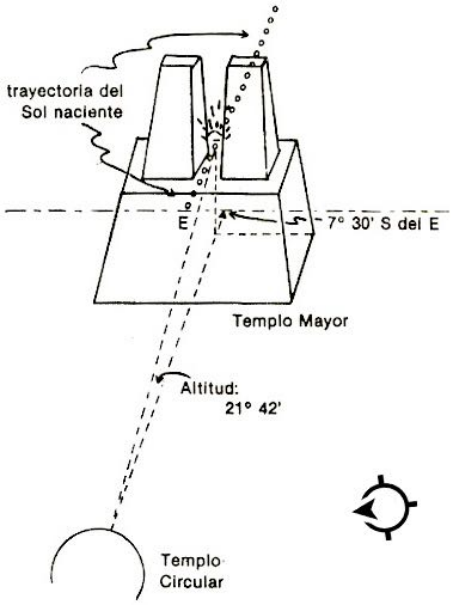
Pasemos de las grandes urbes de Chichén Itzá y Teotihuacán al campo para presentar una sombra extraordinaria que involucra a los altos volcanes del Popocatépetl y la Matlalcueye (La Malinche). El día 16 de mayo, día del paso cenital del Sol, en el valle de Puebla se realiza una fiesta popular para celebrar que "el Sol está en lo más alto" en la cima de un cerro bañado de materiales arqueológicos denominado Teotón muy cerca de la ciudad de Cholula, Tucker [2001: 65-81] ha resaltado la importancia de este cerro proponiendo que ese día de paso cenital, el Sol sale al sur de la cima de la Matlalcueye, hecho asombroso que me tocó confirmar en el año 2006. Más sorprendente aún es que, ese mismo día, la sombra que proyecta el cerro Teotón se proyecta simétricamente sobre la ladera del volcán Popocatépetl durante el amanecer. Para Tucker, estas casualidades orográficas, articuladas con la astronomía posicional solar, permitieron a los sabios del cielo de la antigüedad trazar un complejo cosmograma que ofrecía simbólicamente un ordenamiento ideal del universo y que fue plasmado en el *Mapa de Cuauhtinchan II*. Un caso similar se encuentra documentado para la zona arqueológica de El Cerrito, pero para los equinoccios cuando la sombra de la pirámide principal del sitio se proyecta simétricamente sobre la ladera del cerro Xindó [véase Granados, 2011:88].

Un apunte final para el *Tipo H. Juegos de luz y sombra*. Resulta interesante para los estudios sobre calendario de horizonte, considerar la diferencia de días que hay respecto a un lugar que es señalado por una sombra y el día que sobre ese mismo sitio se oculta el Sol. Por ejemplo, durante un equinoccio la sombra proyectada durante el amanecer coincide con el lugar por donde se oculta el Sol si ambos lugares están en cotas altitudinales relativamente similares, así que no resulta en ninguna diferencia de días. Pero si pasamos a cualquiera de los solsticios, encontramos 182 días de diferencia, entre el día que fue señalado determinado lugar por la sombra y el día en que se ocultó el Sol por ese mismo sitio. Así que se abre un abanico de posibilidades numéricas y de coincidencias

ABAJO

Desde la cima del cerro Teotón se aprecia su sombra deslizarse simétricamente sobre la ladera oriental del volcán Popocatépetl los días del paso cenital del Sol en esta latitud: 16 de mayo y 27 de julio.





ARRIBA

Orientación astronómica del Templo Mayor de Tenochtitlan según Aveni [1991: 280] donde la pirámide funciona como un marcador para señalar los días de los equinoccios.

que pueden ser significativas, por ejemplo: la sombra del Monte Tláloc durante el amanecer toca el sitio del cerro La Catedral para el 23 de febrero y sobre este mismo punto el Sol se oculta para el 15 de abril, destacando una diferencia de 52 días.

4.4.1.9 Tipo I. Edificios como marcadores

Entre los sitios arqueológicos más importantes de México tenemos al Templo Mayor de Tenochtitlan en el corazón de la Ciudad de México. Según Aveni [1991: 281] un observador situado en el eje de simetría del Templo Mayor al nivel del suelo podía apreciar cómo el Sol surgía para los equinoccios por encima de la pirámide, entre los templos de Tláloc y Huitzilopochtli. La desviación de 7º 30' puede haber sido necesaria porque el Sol habría salido con trayectoria sesgada a una altura de alrededor de 20º sobre el horizonte astronómico antes de poder verse por aquella abertura desde cerca del nivel del suelo. Lo cual significa que los templos de la pirámide deben de haber estado alrededor de 50 m por arriba del nivel del observador con objeto de enmarcar al Sol en lo alto, a los ojos del espectador situado a unos 150 m de distancia sobre el eje. Al parecer, el centro ceremonial encontraba trascendente alinearse a la salida del Sol durante los equinoccios.

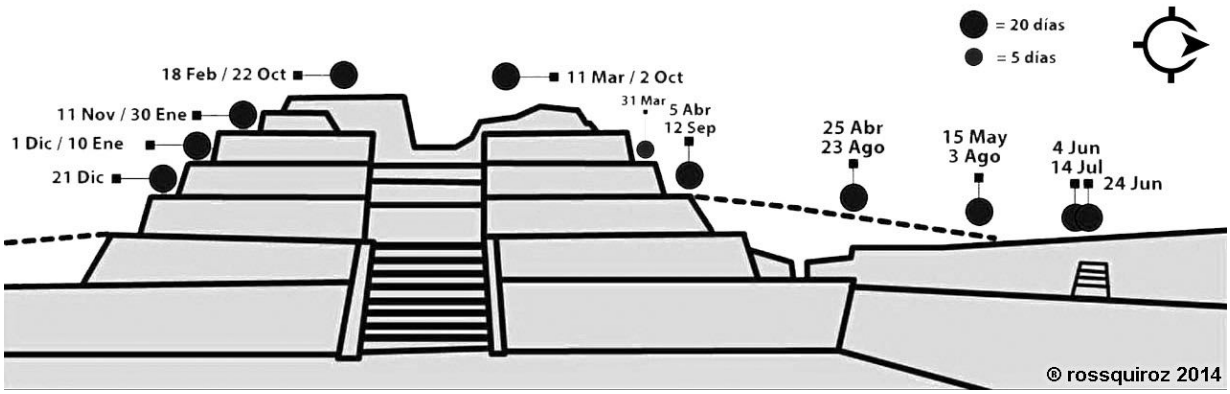
El sitio arqueológico Cañada de la Virgen en Guanajuato se destaca por su sentido astronómico, este emplazamiento otomí con una temporalidad que abarca del año 500 al 1050 d. C., presenta sus edificios orientados al poniente, todos están emplazados sobre una meseta que se rellenó artificialmente, con esto, los antiguos astrónomos lograron que el Sol pasara sobre diversos puntos del conjunto arquitectónico para diferentes fechas. Así que los días 17 de abril y 25 de agosto, el Sol pasa al ocaso sobre el pórtico del Complejo A, es decir, en días relacionados con la temporada de lluvias en la región, pero el recorrido solar sobre los cuerpos del basamento principal del Complejo A, visto desde la Estación 43 es más complejo como lo ha documentado Rossana Quiroz [2013], pues el Sol parece subir por cada uno de los cuerpos de la pirámide principal del complejo en diferentes fechas que fueron referente para un calendario dividido en veintenas. El sistema de veintenas resulta un instrumento útil para dar seguimiento a las fases lunares si consideramos la propuesta de Patrick [2011]:

Al graficar todas las lunas llenas sobre el ciclo anual subdividido en veintenas, se observa que, si en el primer año la luna llena queda al principio de la primera veintena, la siguiente ocurrirá a la mitad de la segunda veintena, y la tercera al final de la veintena que sigue, y así sucesivamente.

El seguimiento de las fases de Luna llena año tras año en un sistema de veintenas es relevante, pues atendiendo a la deriva anual de la Luna que oscila entre 10 y 11 días, es posible seguirla por un ciclo solar anual de la siguiente forma: cae al final de una veintena cualquiera, a la siguiente caerá a mediados, y a la siguiente al principio de esta o al final de la que le antecede.

ABAJO

El Complejo A del sitio arqueológico Cañada de la Virgen se muestra como marcador calendárico de horizonte con respecto al Sol para el ocaso destacando lapsos de veinte días entre los cuerpos de la pirámide. Ilustración de Rossana Quiroz, cortesía del Museo de Astronomía Prehispánica.



Quiroz [2013: 137] demostró una interesante relación en este sitio: cuando la Luna alcanza su fase de llena, la veremos surgir sobre el horizonte oriental muy cerca del momento en que el Sol se oculta bajo el horizonte occidental y, de igual manera, su puesta bajo el horizonte occidental por la mañana coincidirá con el amanecer solar sobre el horizonte este. Es así como las sombras proyectadas por el Sol al atardecer están orientadas hacia la posición en el horizonte por donde aparecerá la Luna. Y por otro lado, la aparición lunar más cercana al momento del atardecer solar, corresponderá a la que haya alcanzado la fase de llena. Por otra parte, encontró, que mientras en verano el Sol se encuentra en el extremo norte, la Luna llena se encuentra en el extremo sur; y cuando sucede el solsticio de invierno, el Sol amanece en el extremo sur y la Luna llena aparecerá hacia el extremo norte.

Otro aspecto importante es que durante la parada mayor de la Luna de verano o lunisticio de verano, entendido éste como la posición máxima que podrá tener la Luna llena sobre el horizonte hacia el sur, pudo servir eventualmente para ubicar la temporada de eclipses [ibidem *op. cit.* pág. 140]. Con referencia

a los eclipses, se considera que el número 400, relevante cifra de la cultura mesoamericana entendido el mito del nacimiento de Huitzilopochtli, en el que tradicionalmente se relaciona este número con las innumerables estrellas del cielo, para Quiroz [ibidem] parece menos arbitraria la cifra de lo que parece, ya que al primer día de los 400 días que preceden a cualquier Luna llena, hay Luna nueva y, por lo tanto, la posibilidad de apreciar un eclipse solar.

En esta conmensurabilidad calendárica, se considera que con cada ocho años de separación es posible que suceda un eclipse lunar o solar dentro de la misma veintena en el momento en que se tenga Luna nueva o llena, según sea el caso. Para la investigadora de La Cañada de la Virgen, esto corresponderían a las ocho esculturas que fueron localizadas en el Templo Mayor de la Ciudad de México. Por otra parte, los resultados apuntan a que los astrónomos ancestrales sabían que no podían presentarse eclipses lunares estando la Luna llena ocupando el espacio extremo de la pirámide hacia el vértice del segundo y tercer cuerpos sureños, ya que se trata de lunas posicionadas fuera de la eclíptica, es decir fuera del espacio que ocupa el Sol en el solsticio de invierno.

Es necesario apuntar, que para los astrónomos de antaño ni la órbita lunar ni sus nodos eran elementos observables en sí mismos, sino abstracciones geométricas y matemáticas de lo que sí es visible tomando como referencia la Luna llena.

4.4.1.10 Tipo J. Interiores ajustados

Mientras las alineaciones anteriores se encuentran especialmente vinculadas a la posición solar y lunar, en la antigüedad también edificaron observatorios que tenían por función el registro del movimiento de estrellas y planetas. El ejemplo más documentado es el observatorio de El Caracol en Chichén Itzá. Se trata de una torre circular con cuatro puertas y techo a la manera de un tambor con ventanas construidas específicamente para observar el movimiento de los astros, especialmente al planeta Venus, ya que sus ventanas extremas coinciden con su posición máxima al norte y al sur de este planeta; pero también pueden apreciarse constelaciones como las Pléyades, las Híades,[58] Alde-

ENFRENTE

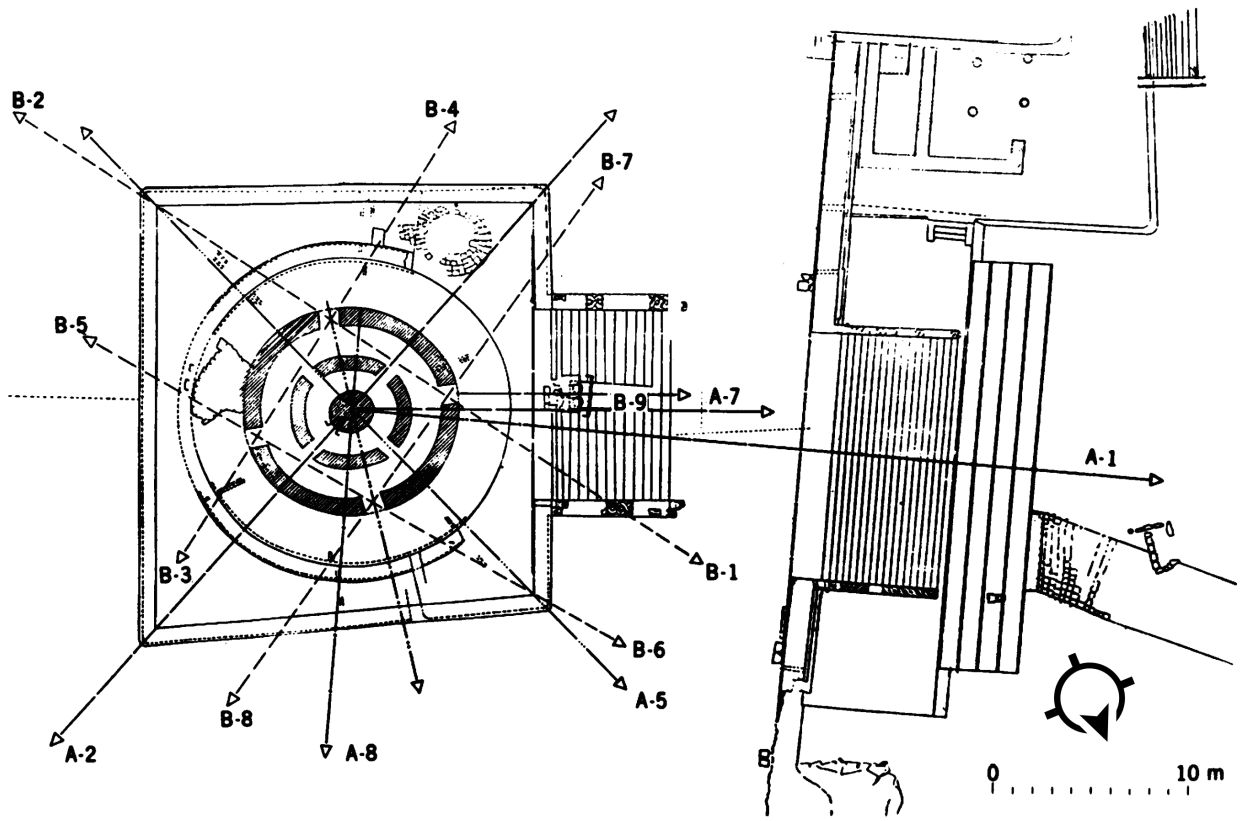
Planta arquitectónica de El Caracol en Chichén Itzá con las orientaciones más importantes según Aveni: A-1, la línea perpendicular a la base del edificio corresponde a los ocasos de Venus en su máxima declinación norte; A-7, una perpendicular a la base de la Plataforma Superior corresponde a la puesta del Sol el día de su paso por el cenit; A-2, la diagonal de esquina a esquina señala hacia la salida del Sol en el solsticio de verano; B-2, alineación a la estrella Canopus; B-3, alineación a la estrella Cástor [Aveni, 1991: 294].

Canopus es la estrella más brillante de la constelación de Carina y la segunda más brillante del cielo tras de Sirio.

Cástor es una estrella de la constelación de Géminis, junto con Pólux representan a los gemelos que dan sentido a la constelación de Géminis.

58 Híades es un asterismo próximo a la constelación de Tauro de al menos 80 estrellas que los griegos consideraban en su mitología como las ninfas hacedoras de la lluvia porque eran visibles después de primavera.

barán y Tauro. Es posible que el edificio tuviera más ventanas[59] pero su posición exacta siempre será una hipótesis [Aveni, 1991: 296]. En una región como las Tierras Bajas del Norte, donde no existen marcas en el paisaje que sirvan como referentes para observar los fenómenos del orto y el ocaso astronómico, es claro que la arquitectura jugó un papel determinante que favoreció a la astronomía posicional. El registro se realizaba contraponiéndose el observador entre los vados de una cámara de observación para ajustar visualmente un objeto en el cielo tan pequeño como lo es una estrella; en este tipo de interiores ajustados, son las esquinas opuestas las que fijan la posición precisa por la que ha de pasar en momento determinado una estrella, un planeta, la Luna o el Sol. En el norte de Yucatán se hayan otros dos edificios similares a El Caracol, uno se encuentra al oeste en Mayapán, y el otro en Paalmul en la Costa Oriental de la península, curiosamente los tres se ubican en latitudes próximas, pero en cada uno se observan alineaciones diferentes.

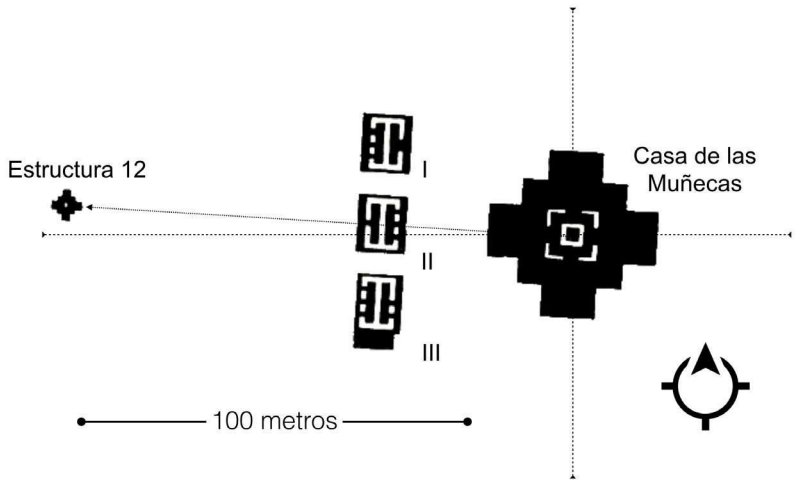


59 Se utiliza el termino ventana por ser más coloquial, pero es más correcto el de vano, porque designa a cualquier apertura en una superficie compacta, un vano está compuesto por dos piezas que se denominan jambas, las cuales están dispuestas verticalmente a ambos lados para sostener un dintel.

Un destino turístico muy recurrido durante el equinoccio de primavera es el sitio arqueológico de Dzibilchaltún, donde la orientación de la célebre estructura conocida como Templo de las Siete Muñecas o Casa de las Muñecas permite el paso del Sol al amanecer durante los equinoccios por la puerta principal, es como si el Sol atravesara la construcción, visto así, parece que los interiores están ajustados para producir esta hierofanía; sin embargo, todo depende de donde se coloque el observador, y si somos estrictos no tenemos arqueológicamente identificado ese punto, ya en su oportunidad Aveni [1991: 316] y posteriormente Šprajc y Nava [2013] han cuestionado este suceso, por ejemplo, veamos que la alineación entre la estructura 12 y el templo no está alineada exactamente al este, por donde levanta el Sol para el equinoccio.

DERECHA

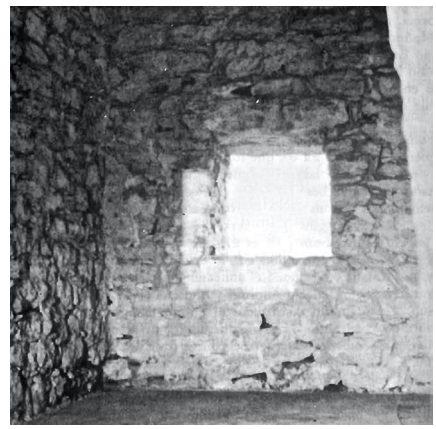
Planta de Dzibilchaltún según Aveni [1991, figura 101, pág. 317]. La alineación de la Casa de las Muñecas con respecto a la Estructura 12 desviada 4° del norte astronómico demuestra que no está orientada al equinoccio.



Sobre esta ilustración apunta Aveni [1991: 316] que es similar en su diseño al Grupo E de Uaxactún, pero en Dzibilchaltún las estructuras están invertidas, con el observador apostado a la entrada de la Casa de las Muñecas en el lado este de la plaza, mirando hacia el oeste. Sin embargo, la desviación es de 4° con azimut 274°. Este observatorio solar es funcional sólo si permitimos a los constructores variaciones de tres o cuatro días en la determinación de los puntos para los solsticios y equinoccios. Pero el hecho de incluir a Dzibilchaltún en el modelo de *Interiores ajustados* obedece al fenómeno documentado por Šprajc [1995, 591]:

> Lo que parece significativo es que las dos ventanas en la parte sur de los muros oriente y poniente están alineadas con el azimut de aproximadamente 91°

> alineamiento formado por las dos ventanas en la parte norte de ambos muros. Por consiguiente, el Sol se pone en el eje de ambos pares de ventanas dos días después del equinoccio de primavera y antes del equinoccio de otoño. No solamente se trata de los mismos fenómenos (puestas del Sol) y de las mismas fechas (23 de marzo y 21 de septiembre) [...]. La luz del Sol que en la tarde pasa por las dos ventanas del muro poniente forma, en el interior del edificio, dos cuadriláteros iluminados que van subiendo por las paredes del muro oriente hasta que desaparecen a la altura de las ventanas. En los días en que el Sol se pone en los ejes de ambos pares de ventanas, los cuadros proyectados desaparecen exactamente alineados con las dos ventanas del muro oriente. Al mismo tiempo, la luz proyectada por los pequeños agujeros colocados encima de las ventanas en el muro poniente se alinea con los orificios correspondientes del muro opuesto.



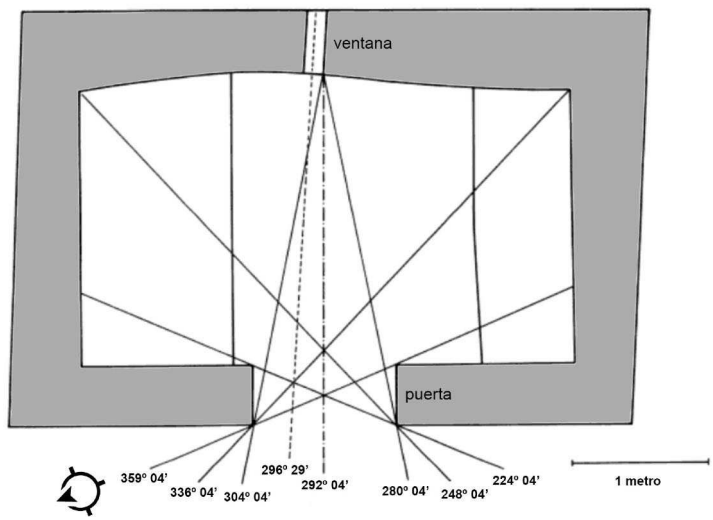
ARRIBA

Fotografía de Iván Šprajc [1995, fig. 8] al interior de la Casa de las Muñecas donde se destaca la proyección del haz luz de la ventana poniente sobre su opuesta en el muro oriente momentos antes de la puesta del Sol en un equinoccio astronómico, el alineamiento lumínico entre las ventanas sólo sucede durante el equinoccio medio (numérico).

Pero este acomodo de luz y sombra de interiores ajustados no es único de Dzibilchaltún, también en Oxkintok los tragaluces del edificio denominado Satunsat, están alineados al equinoccio medio para el día en que el Sol se pone en el eje del tragaluz, los rectángulos o cuadrados iluminados, que aparecen unos minutos antes de la puesta debajo de los agujeros en los muros interiores, van subiendo hasta que, en el momento de estar el Sol en el eje del tragaluz, se alinean con los agujeros, es decir, desaparecen en ellos.

Otro patrón de iluminación en el cual se han adecuado los interiores es el caso de la Estructura 5 de Tulum, donde Iwaniszewski [1987] reporta que un haz de luz penetró por el vano de la ventana del templo iluminando la parte baja del dintel de la puerta, alumbrando una pequeña sección en su parte media que coincide con el eje de simetría del personaje en estuco proyectado verticalmente hacia el vano de la entrada. Es posible que la motivación de este suceso esté relacionada con la necesidad de tener un registro visual del solsticio de invierno; posteriormente el análisis de Galindo, Ruiz y Flores [2001] fijan su atención a los primeros tres meses del año 1263 d. C., cuando en las primeras horas de la madrugada, el eje de simetría señalaba en el horizonte poniente cerca de la estrella 1 Geminorum de la constelación de Géminis, en la proximidad de esta se encuentra el punto de intersección de dos de las bandas celestes más importantes: la Vía Láctea y la eclíptica. La primera fue representada por Itzamná, el Monstruo del Cielo; la segunda aparece frecuentemente en códices y estelas como bandas formadas por cuadretes conteniendo glifos del Sol, la Luna y de los planetas. En el

momento en que 1 Geminorum se encuentra en el horizonte, la Vía Láctea se extiende prácticamente a lo largo del horizonte local. Para mediados de agosto de 1263 d. C., en la madrugada, el eje de simetría señalaba en el horizonte un punto muy cercano a la estrella 13 Vulpeculae de la constelación homónima. Esta posición corresponde justamente a la gran bifurcación de la Vía Láctea, es decir el templo está señalando las fauces del Monstruo del Cielo en dirección de la divinidad Itzamná. Resulta notable y significativo que esta posición en el cielo se sitúa precisamente en el interior de un gran triángulo definido por tres estrellas brillantes Deneb, Altair y Vega, que forman el asterismo conocido como Triángulo de Verano, el cual podría tratarse de las míticas tres piedras del hogar, que representan la primera acción de los dioses al encender el primer fuego de la creación en el centro del Universo.



ARRIBA

Planta del templo superior de la Estructura 5 de Tulum, según los registros de Galindo, Ruiz y Flores [2001: 279]. El paso cenital del Sol sirvió para indicar el eje de simetría de esta construcción con el z 292° 04′. El templo aún conserva en su interior restos de pintura mural con representaciones del dios solar Kin y de la diosa de la Luna Ixchel en sus aspectos de juventud y vejez, enmarcados por una banda celeste. En la parte superior del vano de la entrada al templo aparece una deidad descendente elaborada en estuco que posiblemente representa a Xux Ek (estrella avispa) como una advocación de Venus; para otros representa al Sol descendente sustentados en que precisamente el frente de este edificio está orientado hacia el ocaso solar anunciando el arribo del día del paso cenital en Tulum.

4.4.1.11 Tipo K. Tubos de luz

Extraordinario resulta disponer de una cámara oscura al interior de un edificio con una hendidura en el techo para observar la incidencia luminosa de los diferentes cuerpos celestes que pasan

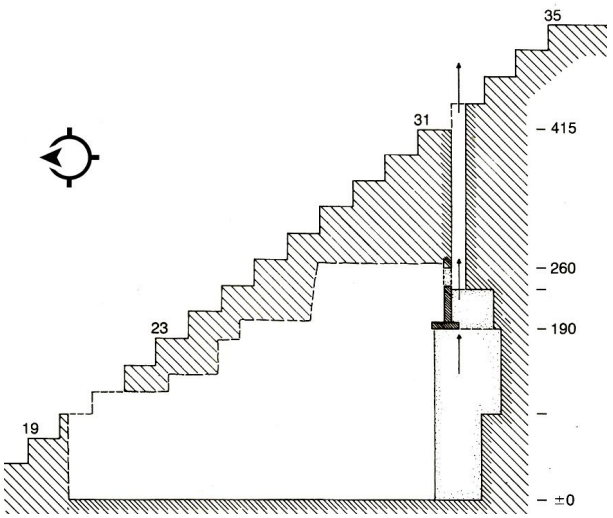
por el meridiano. El prodigio de la ingeniería prehispánica consiste en inclinar y dimensionar el largo del tubo lo suficiente para que la luz del Sol irrumpa en la cámara durante un período de tiempo específico; esto significa que no sólo se construyeron para observar el paso del Sol u otros cuerpos celestes por el cenit, sino para registrar la proyección de los rayos solares durante su paso por el meridiano celeste local durante un intervalo de tiempo consignado por su calendario. No deben considerarse a los tubos de luz como instalaciones del *Tipo O. En cavernas* (pág. 175), pues en este tipo de construcciones son resultado un trabajo arquitectónico que produce un cilindro o cuadrado hueco y alargado abierto por los extremos que no necesariamente está a plomo, sino inclinado con la intencionalidad de resaltar un ángulo específico a partir de la luz incidente que se proyecta en el piso de una cámara acondicionada; por lo general, el largo del tubo es 12 veces mayor a su diámetro, entendemos que estas modificaciones arquitectónicas obedecían a una intencionalidad aún por definir.

El Edificio P de Monte Albán está ubicado en el sector sureste de la Gran Plaza, esta construcción es un buen ejemplo del modelo *tubo de luz* porque cuenta con una cámara oscura en su interior a la que se accede por un estrecho pasadizo; la cámara se ilumina por una hendidura vertical en forma de chimenea que se alza hasta la escalinata. Según Galindo [2006], la apertura cenital, que es la hendidura por la que entra la luz, permite dada su inclinación y dimensiones que la cámara se ilumine con los rayos del Sol desde el 17 de abril hasta el 25 de agosto, así que se mantiene irradiada al mediodía por un intervalo de 130 días, así que corresponde a la familia 65, pues el punto medio de este recorrido es el 21 de junio, fecha que corresponde solsticio de verano; así que 65 días antes y después del solsticio de verano, los rayos del Sol entran directamente a la cámara, con esto los astrónomos zapotecos insertaron su calendario ritual denominado *piyé* dentro del año trópico solar. Llama la atención que el calendario *piyé* de 260 días estaba dividido en cuatro signos o rumbos de 65 días, a cada uno de estos segmentos de tiempo se les denominaba *cocijo* [Cruz, 1995: 172]. Por otra parte, el paso cenital del Sol en Monte Albán en la latitud 17° 02' sucede los días 8 de mayo y 5 de agosto, 21 días antes y después del solsticio de verano. Los días del paso cenital del Sol son los momentos en los que la cámara alcanza su máxima irradiación. Finalmente es necesario recordar que las atribuciones astronómicas del Edificio P, no solo están determinadas por esta cámara, sino que también es significativa su alineación respecto al Edificio J, pues desde la entrada del Edificio J una trayectoria perpendicular apunta a la

apertura cenital en la escalinata del Edificio P, como ya se ha apuntado páginas atrás.

DERECHA

Diagrama del tubo de luz sobre la escalinata del Edificio P que permite registrar el paso cenital del Sol y fechas del calendario zapoteco que corresponden a la familia 65 [Broda 1982, cit. a Hartung según Aveni 1980, fig. 85 y 86].



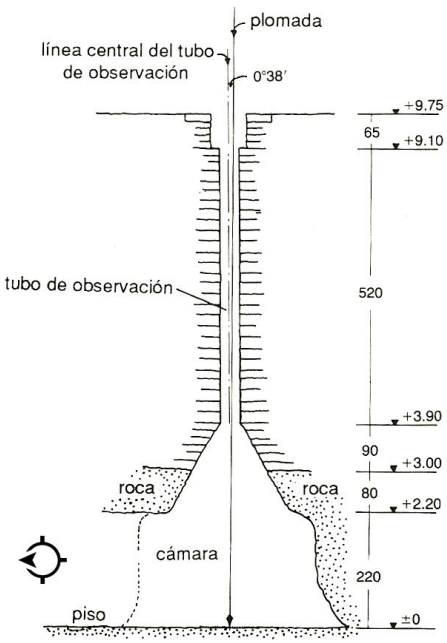
Otro ejemplo es Xochicalco con la Cueva del Observatorio o Gruta del Sol. No se trata de una formación subterránea natural, así que el nombre parece impropio porque se trata de una mina de la cual se extrajo roca y cal para la construcción de Xochicalco. De cualquier forma, la Cueva del Observatorio o Gruta del Sol es un espacio subterráneo por debajo de la gran urbe de Xochicalco que alcanza en su desarrollo más de 60 m de longitud; su acceso se encuentra en el sector noroeste del sitio arqueológico, a la entrada se presentan dos caminos: el primero se trunca con dirección al sur, luego de ascender una ancha escalinata que lleva al observatorio; el otro camino simplemente es un túnel con dirección al este. Las paredes del acceso sur están recubiertas de piedra, en ellas se aprecian restos de dos muros que delimitan una cámara de unos 5m de largo, luego aparece una segunda cámara de las mismas dimensiones, y en el muro posterior de ésta, se abre un estrecho acceso que conduce a seis escalones por los que se asciende para llegar al observatorio. Al interior del desarrollo sur se encuentran tres anchas columnas talladas, la primera de ellas inconclusa y la última bifurcando el acceso de la cámara del observatorio, lo que hace pensar que la "cueva" fue objeto de excavaciones, tal vez con el fin de ampliarla y remodelarla.

El observatorio es un recinto oval de unos seis metros de diámetro, piso plano de tierra apisonada y con una ligera inclinación; el techo es una bóveda esférica que recibió un recubrimiento pétreo a fin de consolidar un tiro a manera de chimenea que recorre algo más de 5 m a través de los estratos del centro ceremonial, este orificio o chimenea está calculado con gran cuidado y conocimiento

del movimiento solar, así que los días 15 de mayo y el 28 de julio cuando sucede el tránsito cenital del Sol sobre Xochicalco, gracias a la perpendicular de la pared norte del tiro, los rayos penetran paralelos a ésta, produciendo la mayor iluminación del piso con una figura oval de 30 cm x 37 cm. La pared sur del tiro tiene una inclinación de 4º 23', por ello durante el solsticio de verano el óvalo es menor y la iluminación del recinto dura menos tiempo, la cámara al igual que en Monte Albán pero en diferentes fechas se ilumina con los rayos del Sol, en Xochicalco va del 29 de abril al 13 de agosto, así que se mantiene irradiada al mediodía por un intervalo de 105 días que corresponde a la familia 52, el punto medio de este recorrido es el 21 de junio, fecha que corresponde al solsticio de verano; así que 52 días antes y después del solsticio de verano, los rayos del Sol entran directamente a la cámara, con esto los astrónomos insertaron el calendario con el año trópico con la posibilidad de introducir el año bisiesto cada cuatro años. En relación con el paso cenital se ilumina 16 días antes y 16 días después del paso cenital [v. Morante, 1989:19].

La Gruta del Sol resalta la relevancia del calendario y el paso cenital del Sol, a esta concepción se suma un suceso extraordinario que permite visualizar la aguda visión de los urbanistas de Xochicalco al hacer coincidir una casualidad orográfica con la ubicación del emplazamiento, pues durante el amanecer del día del paso cenital del Sol, el disco solar levanta justamente sobre la cumbre del volcán Popocatépetl [Morante, 1990: 29 30].

Diversos autores cuestionan que la división de 260 / 105 días determinada por la entrada de los rayos solares en el intervalo de las fechas 29 de abril al 13 de agosto sea suficiente para considerar al tubo de luz como un instrumento astronómico de precisión, pues sugieren que una deriva en relación con el año trópico de 0.2422 días al año no haría coincidentes estas fechas a través del tiempo; visto así, este espacio sólo ofrecería una función observacional similar a las orientaciones de otros tantos edificios en Mesoamérica que servían para ajustar el calendario sin alcanzar correcciones a la duración del año. Sin embargo, para Lebeuf [1995: 257 y *ss.*] este tubo de luz sí es un instrumento de precisión si su función es registrar el paso cenital de la Luna. Para Lebeuf, el Sol durante su paso cenital por Xochicalco ocupa la posición vertical de la φ 18º 48' lo cual constituye uno de los dos límites al norte de la Luna, así que el tubo de luz es un instrumento apropiado para regular la posición del nodo de la órbita lunar y, en consecuencia, para asegurar el dominio en la predicción de los eclipses tanto de Sol como de Luna. Para predecir un eclipse han de considerarse las siguientes variables: a) los momentos de Luna llena y nueva,



ARRIBA

La cámara oscura de Xochicalco en la Gruta del Sol. El tubo por el que pasa el haz de luz está casi vertical; por el lado norte presenta una inclinación de 4º. Se destaca en el tubo el revestimiento de piedra, la línea vertical señala la proyección del paso cenital del Sol, Aveni [1991: 288].

b) la posición del Sol en la eclíptica, y c) la longitud del nodo sobre la eclíptica. Así que un eclipse sucede cuando la inclinación de las posiciones relativas del Sol y los nodos es máxima, es entonces cuando por el tubo de luz pasa la Luna cenital durante su lunisticio menor. Tenemos entonces que la progresión de la luz lunar que pasa por el tubo de luz y se proyecta en el piso de la Gruta del Sol, está directamente en función de la progresión de los nodos sobre la eclíptica y puede establecerse esta relación por medio de observaciones empíricas.

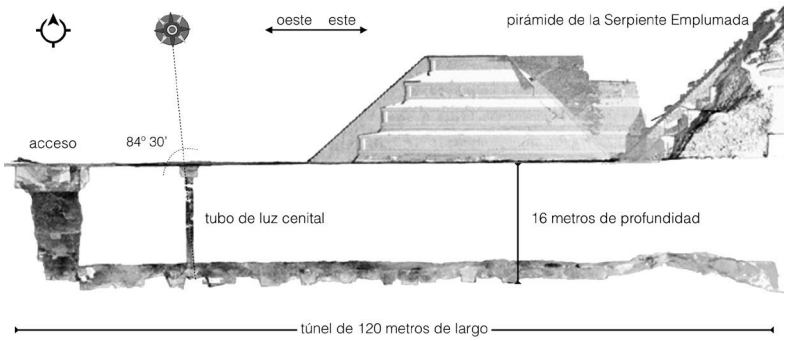
Estudios más recientes [Cornejo, *et al*., 2011] consideran que colocando una tapa con un pequeño orificio de 12 mm en la parte superior del tubo de luz se conforma una cámara oscura[60] en los términos de un instrumento óptico que permite obtener una proyección plana de una imagen externa sobre la zona interior de la Gruta del Sol. Para Santos [2015] esto permite apreciar las manchas solares o la superficie de la Luna con sus diferentes texturas pues al introducir en un espacio cerrado una fuente única de luz por un pequeño orificio se reflejan los objetos del exterior en el piso. El orificio funciona como una lente convergente y proyecta, en el piso, la imagen del exterior invertida tanto vertical como horizontalmente.

Pasemos ahora a Teotihuacán. Hace más de una década se iniciaron los trabajos arqueológicos de excavación en un túnel por debajo de la Gran Plaza de La Ciudadela en Teotihuacán, de este espacio se han obtenido más de 50,000 piezas arqueológicas que confirman la sacralidad del reciento subterráneo por debajo de la pirámide de la Serpiente Emplumada, un suntuoso monumento dedicado al tiempo, a la creación del calendario y sobre todo, al poder político de los gobernantes.

Ensayando con la imagen publicada por la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del INAH en medios de comunicación en el año de 2013, he calculado el ángulo de incidencia de un rayo de luz solar, resultando un ángulo de 84° 30', suficiente para que un haz de luz penetre durante el solsticio de verano y por supuesto en los días de paso cenital del Sol que en esta latitud de 19° 41' sucede los días 18 de mayo y 25 de julio. Lamentablemente tantos años de investigación y presupuesto asignado aún no contamos (al cierre de esta edición) ni con el permiso para realizar observaciones, ni con alguna publicación

60 Algunos fotógrafos han obtenido imágenes extraordinarias resultado de la reflexión en la superficie óptica que se sobrepone a una imagen primaria; por ejemplo, al fotografiar una mano por debajo del haz de luz en un ambiente con humos o vapores, aparece su reflejo invertido y suspendido como si se tratara de un espectro [véase Santos, 2015].

que nos explique la finalidad de este tubo, por lo que sólo resta ensayar con las imágenes publicadas en medios.



IZQUIERDA

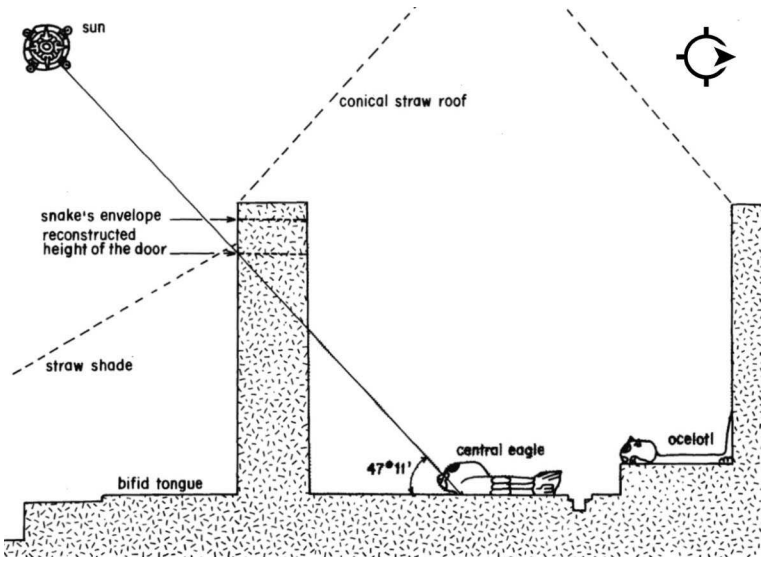
Corte que muestra el desarrollo subterráneo del recinto ritual por debajo de la Gran Plaza en La Ciudadela de Teotihuacán [adaptación del autor a una imagen publicada en medios de comunicación por la CNMH/INAH, en el periódico *El Universal* el 24 de enero de 2013].

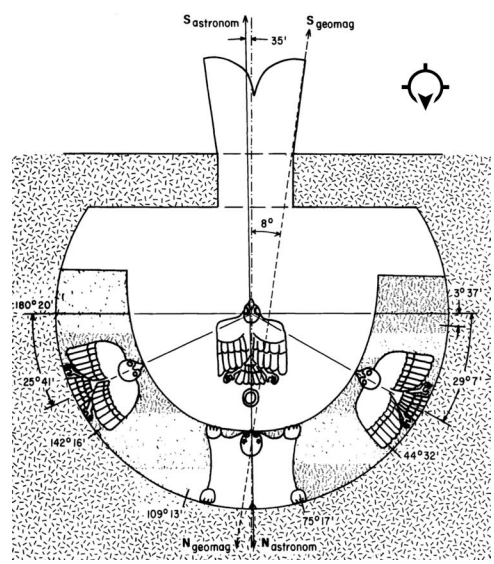
Toca como último ejemplo de este modelo urbano el Templo Monolítico de Malinalco en el recinto Cuauhcalli (Casa del Águila). El templo está conformado por esculturas de jaguares, águilas y serpientes. La entrada al templo está enmarcada por las fauces de una serpiente que representa al Monstruo de la Tierra Serpentino. Al interior, se desarrolla un suceso solar durante el solsticio de invierno, cuando el Sol alcanza su mínima altura sobre el horizonte sur, la luz solar atravesando la puerta del templo monolítico ilumina directamente la escultura del águila central, lo cual concuerda con la interpretación ritual según las fuentes cuando se celebraba la bajada de Huitzilopochtli durante la fiesta del Panquetzaliztli [Johanna Broda y Jesús Galindo, comunicación oral, 1995]. El culto solar está vinculado con Huitzilopochtli y el águila como ave solar, animal del cielo diurno, de lo masculino; el jaguar, su opuesto dialéctico se relaciona con el inframundo, así se enlazan los cielos inferiores y superiores: Tierra y Sol en Malinalco. Para alcanzar esta hierofanía se hizo necesario que los constructores de este emplazamiento situaran un tubo de luz inclinado sobre la entrada de la puerta que mira al sur en un ángulo de 47º 11' y una altura de 2.91 m por el que incidiera un haz de luz al pasar el Sol por el meridiano durante el solsticio de invierno.

ABAJO

Izquierda, corte lateral del Templo Monolítico de Malinalco, se destaca la incidencia de un haz de luz solar durante el solsticio de invierno [Galindo, 1990:22].

Derecha, planta del Templo Monolítico de Malinalco detallando su simetría con el norte astronómico [Galindo, 1990:21].





Este templo nos recuerda una kiva,[61] en su interior hay esculturas de jaguares y águilas que sirvieron como asientos y marcadores, es posible por el hecho de haber sido excavado en la montaña, como único edificio monolítico en Mesoamérica donde el templo es la metáfora de una cueva, al interior de ella posiblemente se realizaban actos iniciáticos de los guerreros mexicas [Eduardo Corona, comunicación oral, 1992].

4.4.1.12 Tipo L. Piletas de agua como espejo

Observar el cielo a través de un reflejo fue una práctica común en Mesoamérica, la manera acostumbrada era utilizando un espejo de agua o un espejo de obsidiana. Para el caso que nos ocupa en términos arquitectónicos contamos con evidencia de grandes piletas o tinas colocadas al pie de las escalinatas. De estos grandes recipientes tenemos ejemplos en Tlatelolco, Xochitécatl, Cuetlajuchitlán, Tlalancaleca, Totimehuacan y en el Tetzcotzinco entre otros tantos sitios.

Tomemos como ejemplo el caso del sitio arqueológico de Xochitécatl, en este emplazamiento se cuentan tres piletas monolíticas, cada una asociada a un edificio, en su momento García Cook [2017: 22] asumía el uso de estas piletas para la observación del cielo nocturno. La pileta del Edificio de la Serpiente presenta a su interior una estela decorada con una lengua bífida y colmillos, aspecto iconográfico que da nombre al edificio, es justamente esta estela lo que reclama el uso astronómico de la pileta, aunque no queda descartada la posibilidad utilitaria de aprovecharse también para ceremonias relacionadas con la fertilidad y el agua, y por qué no, hasta para colectar agua de lluvia. En la mayoría de los casos se trata de tinas megalíticas de basalto de forma circular y arriñonada con orificio de desagüe al fondo y dimensiones que alcanzan hasta los 3 m de largo, estas manufacturas dejan ver la posibilidad de un complejo ritual escalinata-tina o si se prefiere escalinata-pila; además de las tinas o pilas, también pudieron utilizarse para la observación del cielo estanques de poca profundidad, estos eran comunes dentro de los espacios palaciegos de la clase gobernante en Tenochtitlan y Tlatelolco junto a templos dedicados al culto de sus dioses como lo refiere Bernal Díaz del Díaz del Castillo [2011: 299]

61 Según Iwaniszewsky [comunicación oral, 1995] también las kivas en Aridoamérica tenían una función astronómica de carácter calendárico.

con aguas provenientes del manantial de Chapultepec. Sabemos que Moctezuma, cuando era cautivo de Hernán Cortés para el año de 1519 en el palacio de Axayácatl, de cierta manera seguía gobernando y conservando los privilegios de su investidura, pues durante las noches observaba las estrellas y les rendía tributo [Thomas, 2019: 425]. Continuando con Moctezuma, sabemos que también utilizaba espejos de obsidiana para observar el cielo, esta práctica está documentada por fray Bernardino de Sahagún [1985: 724], que describe la reacción de Moctezuma a uno de los augurios asumidos a la llegada de los españoles: *tenía esta ave en medio de la cabeza un espejo redondo, donde se parecía el cielo, y las estrellas, y especialmente los mastelejos que andan cerca de las cabrillas*. Como anécdota se puede precisar que un espejo de obsidiana de origen mesoamericano perteneció y fue usado con fines esotéricos por el famoso matemático, astrónomo y astrólogo inglés John Dee (1527-1608 d. C.), consejero de la reina Isabel I.[62]



IZQUIERDA

En el *Códice Florentino* [libro XII, cap. 1, f. 3] Moctezuma II observa el asterismo de los Mastelejos, cerca de las Cabrillas a través de un espejo, el suceso corresponde al octavo presagio de la llegada de los españoles.

Por cierto, en este mismo orden de profecías, cuentan las crónicas recogidas tras la conquista de Tenochtitlan que, en Tláhuac, los agoreros y adivinos presagiaron el arribo español mirando las estrellas reflejadas en ciertas pozas, advirtieron a Moctezuma II, pero este viéndose agraviado por los vaticinios los mandó matar.[63]

Retomando el caso arquitectónico del complejo escalinata-pileta circular, destaca el edificio conocido como el Templo Calendárico de Tlatelolco, una construcción del Posclásico tardío que fue consagrada en la fecha 2 Tecpatl, año de 1468 d. C. Se

62 Se conserva actualmente en el Museo Británico de Londres el espejo de John Dee y tres más adquiridos por coleccionistas, dos circulares y uno rectangular. En todos los casos las dimensiones de los espejos de obsidiana no sobrepasan los 15 cm, un escáner pudo determinar la huella geoquímica de las piezas que confirma el hecho de que provienen del centro de México. Cabe recordar que Tezcatlipoca era representado frecuentemente con espejos, descripciones iconográficas de estos objetos se aprecian en el *Códice Tepetlaoztoc* o *Códice Kingsborough*.

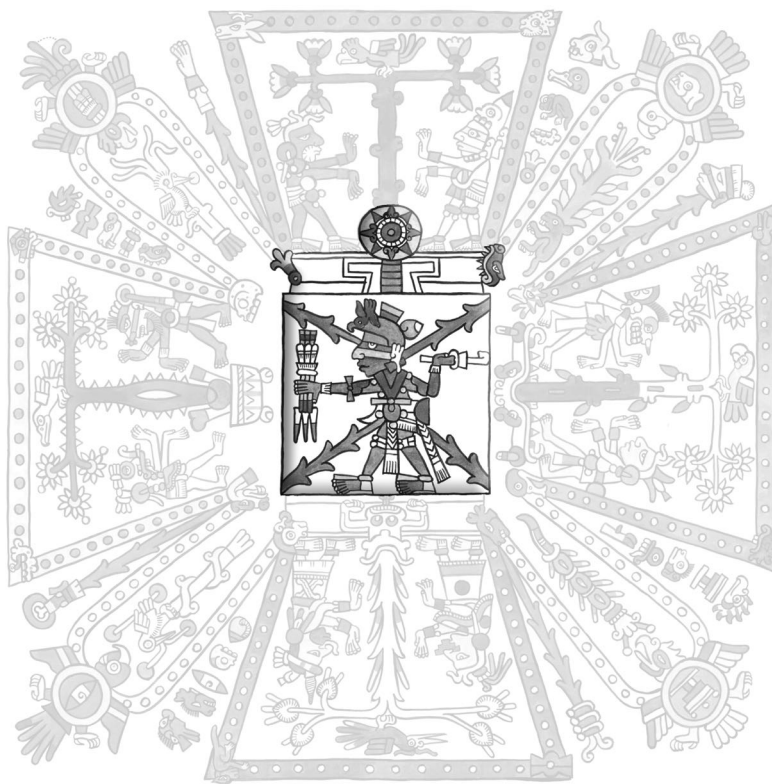
63 Véase referencia en National Geographic en español: <https://www.ngenespanol.com/fotografia/lucha-contrª-natura/>.

trata de un basamento de dos cuerpos sobrepuestos de planta rectangular, presenta dos escalinatas de acceso, limitadas por alfardas rematadas; las escalinatas están divididas por un dado central, en donde descansaba una estructura circular de lajas de pizarra y núcleo de tierra [Guillen, 1998] de 3.20 m de diámetro y con pintura mural al interior con diferentes mitivos geométricos y calendáricos entre los que destacan las representaciones de Cipactonal y Oxomuco, los dioses creadores del calendario y la adivinación. La decoración de las fachadas secundarias está integrada por paneles de petroglifos enmarcados en nichos de cantera que representan en secuencia las tres primeras trecenas del calendario adivinatorio mexica denominado *tonalpohualli*, por ello el edificio recibió el nombre de Templo Calendárico. Destaca el hecho de que la fachada principal está orientada hacia el oeste, así que Iwaniszewski [2006: 157] considera que la orientación del edificio apunta a la relación astronómico-calendárica de la división del *xihuitl* en períodos de 73 días, la división del año en 5 partes iguales, de 73 días cada una y la división del año en partes de 146 y 219 días aparece tambien marcada en los alineamientos del Texcotzingo y en la etapa II del Templo Mayor.

Acaso el Templo Calendárico de la urbe de Tlatelolco, ciudad mexica reconocida por su actividad comercial gracias a la actividad *pochteca* (comerciantes), sea la afirmación arquitectónica del *tonalpohualli* expresado en la primera página del *Tonalámatl de los Pochtecas* conocido como *Códice Fejérváry-Mayer*, donde el Sol levanta sobre un templo, que por cierto es un basamento similar al de Tlatelolco, este es el modelo de la configuración

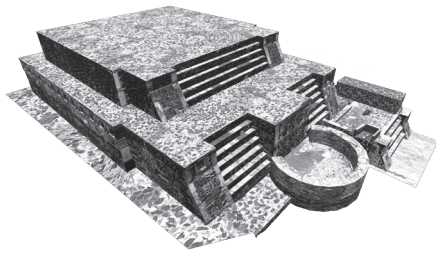
DERECHA

Primera página del *Códice Fejérváry-Mayer*. Al centro Xiutecuhtli, Señor del Fuego y Señor del Tiempo, ergido sobre un patio frente a un templo calendárico, destacan en los costados del templo los signos del calendario, a la drecha el primer signo que es el cocodrilo, en el extremo izquierdo del templo el signo flor con el que termina el *tonalpohualli*.



cósmica expresada a través del calendario que inicia en el *tonalámatl* con el signo cocodrilo y termina con el signo flor: es la cuenta de los 260 días del *tonalpohualli*.[64]

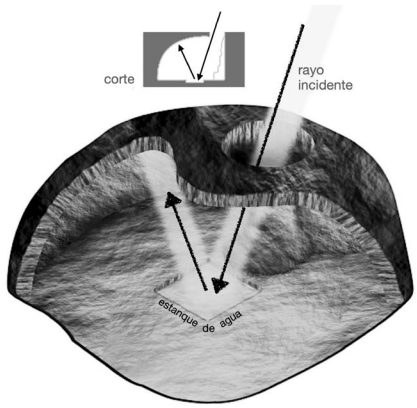
La estructura circular es el elemento arquitectónico prominente del edificio, infiero que la estructura fuera utilizada para contener un espejo de agua que permitiera registrar el paso cenital de las estrellas como el caso las Pléyades cuya posición era fundamental para el registro calendárico. Mi argumento descansa también en la iconografía de Cipactonal y Oxomuco que está asociada a la adivinación y por lo tanto al uso de espejos en Mesoamérica. En todos los casos hay que tomarse en cuenta que el reflejo aporta una imagen invertida del cielo.



IZQUIERDA

Templo Calendárico de Tlatelolco, modelo en 3D realizado por Julio Cruzalta, para Sketchfab. La originalidad del edificio descansa en la estructura circular del frente que pudo ser utilizada para contener un espejo de agua que permitía cómodamente registrar el paso cenital de las estrellas.

Resulta interesante la propuesta de Daniel Flores [2008: 372] respecto a la Tumba 1 de San Pedro Jaltepetongo, en Oaxaca, donde propone que la incidencia de la luz del Sol al reflejarse sobre un espejo de agua ilumina una pintura mural específica para señalar el solsticio de verano. La cavidad semiesférica fue ampliada sobre el terreno calizo y al parecer corresponde a la cultura mixteca del período Epiclásico. Respecto a la pintura mural, Flores identifica el motivo con un personaje denominado 10 Mono, que en su aspecto astronómico es una advocación de Toyna Xi Ñuho, divinidad de los mercaderes, quien, a su vez, se relaciona con la región del norte y la estrella Polaris.



IZQUIERDA

En la Tumba 1 de San Pedro Jaltepetongo la luz solar incidente se refleja sobre una pintura mural para señalar el solsticio de verano según Daniel Flores [2008: 369], apunte del autor sobre un dibujo de C. Coronel, 2006.

64 Agradezco al maestro Osvaldo Murillo compartirme la propuesta de asociación entre el Templo Calendárico de Tlatelolco y el *Códice Fejérváry-Mayer*.

4.4.2 Modelo de horizonte conspicuo

A excepción de la península de Yucatán, Mesoamérica es una región atiborrada de montañas. Esta condición orográfica fue aprovechada culturalmente haciendo del horizonte conspicuo un instrumento preciso para registrar el paso del tiempo. Fue así como se construyó el tiempo a través del espacio geográfico, de tal suerte que el tiempo y el espacio se hicieron inseparables en la cosmovisión ancestral.

La irregularidad del horizonte permitió optar por señalamientos en el paisaje como base de una orientación temporal que permitía la elaboración de unidades objetivas a parir de las cuales se unificaban conceptos en torno al tiempo. Desde los edificios levantados para la observación del cielo en los centros urbanos, diferentes prominencias del paisaje pasaron a ser los marcadores ideales del tiempo.[65]

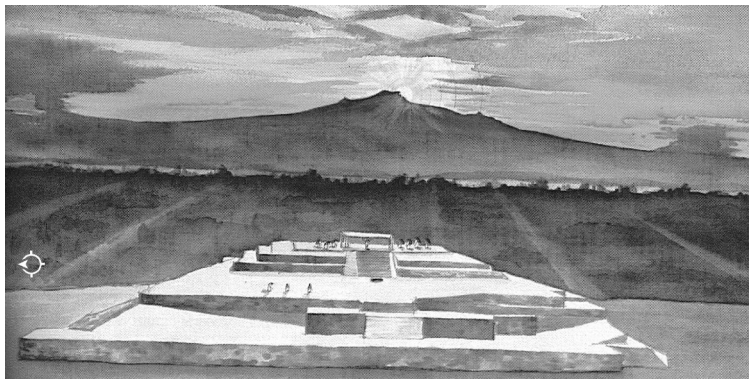
4.4.2.1 Tipo M. Un observatorio frente a horizontes conspicuos

Proponer una alineación entre un sitio arqueológico y una prominencia orográfica como un volcán es un ejercicio que está ampliamente documentado en la literatura arqueológica contemporánea; por ejemplo para Xochicalco, el Sol levanta para los días de paso cenital sobre la cima del volcán Popocatépetl [Morante, 1990]; un patrón más se presentó páginas atrás (94 y 96) cuando se ejemplificaron las posiciones del Sol para los equinoccios desde Chapultepec y Cuicuilco.

Para ahondar en este modelo presentaré la investigación que realicé en la Pirámide de las Flores o Estructura E1 en Xochitécatl [Montero, 2011a]. Xochitécatl ya había interesado a otros investigadores respecto a su horizonte conspicuo como marcador astronómico para el amanecer. Para la década de 1990, John Carlson destaca la salida del Sol al sur de la cima de La Malinche para los días 28 y 29 de septiembre, lo cual concuerda con la

65 Considero más oportuno siguiendo la propuesta de Stanisław Iwaniszewski, denominarlos marcadores y no calendarios, en la inteligencia de que no proporcionan un registro histórico, son más bien instrumentos para la sincronización del tiempo.

festividad más importante de la región realizada en el santuario de San Miguel del Milagro próximo a Xochitécatl; posteriormente, Jesús Galindo [1997, 45-46] encuentra que la salida del Sol para su día de paso cenital sucede sobre el cerro Cuatlapanga, y el equinoccio sobre el cerro Tlachichihuatzi. Mari Carmen Serra Puche [1998] ilustra la asociación entre Xochitécatl y La Malinche; finalmente Iván Šprajc [2001a: 183-184] corrobora los datos de Jesús Galindo con respecto al cerro Cuatlapanga para los días de paso cenital del Sol y considera que la Pirámide de las Flores señala las mismas fechas que la pirámide de Cuicuilco.

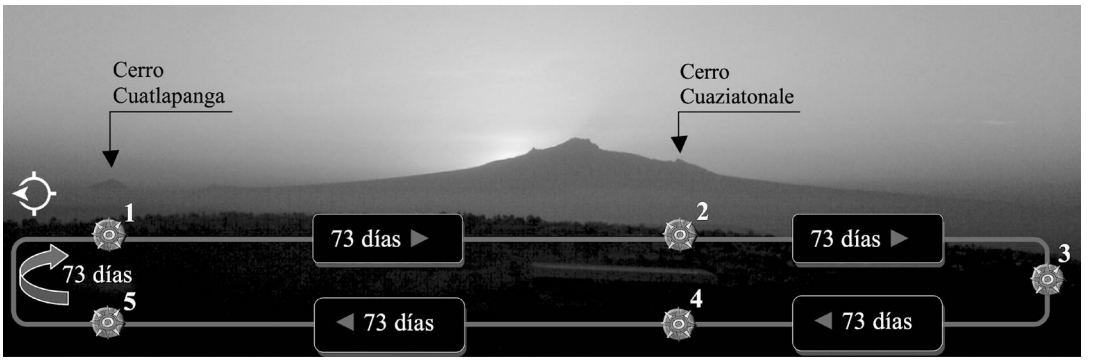


IZQUIERDA

El sitio arqueológico Xochitécatl en Tlaxcala con la Pirámide de las Flores como un observatorio frente a un horizonte conspicuo conformado por el volcán La Malinche. Reconstrucción hipotética para el amanecer de un 28 de septiembre según Maricarmen Serra [1998:123].

El conjunto arquitectónico prehispánico de Xochitécatl-Cacaxtla se alza sobre el valle de Puebla-Tlaxcala, se planificó y construyó hacia el año 800 a. C., su diseño urbano respondió a diferentes momentos constructivos, que se adaptaron no sólo a las formaciones topográficas, sino también a una concepción del paisaje cuyos ejes visuales estuvieron dirigidos principalmente a los volcanes Matlalcueye (La Malinche) al este y Popocatépetl al oeste. Resulta extraordinario cómo la casualidad orográfica fue aprovechada tan ingeniosamente para hacer conmensurable la división del tiempo en un patrón que se fundamenta en la división del año en 5 partes iguales que tienen por pivote el paso cenital del Sol. En la siguiente figura apreciamos las fechas que dividen al año en fracciones de 73 días con la respectiva posición que ocupa el Sol durante el amanecer: 1) julio 27, primer paso cenital del Sol, levanta sobre el cerro Cuatlapanga; 2) octubre 9, sobre el cerro Cuaziatonale; 3) diciembre 21, solsticio de invierno, en la ladera sur del volcán; 4) marzo 4, regresa a la cima del cerro Cuaziatonale; 5) mayo 16, segundo paso cenital del Sol, de nuevo sobre el cerro Cuatlapanga.[66]

66 Un caso similar se registra en el sitio NT-03 del Nevado de Toluca, véase la pág. 164.



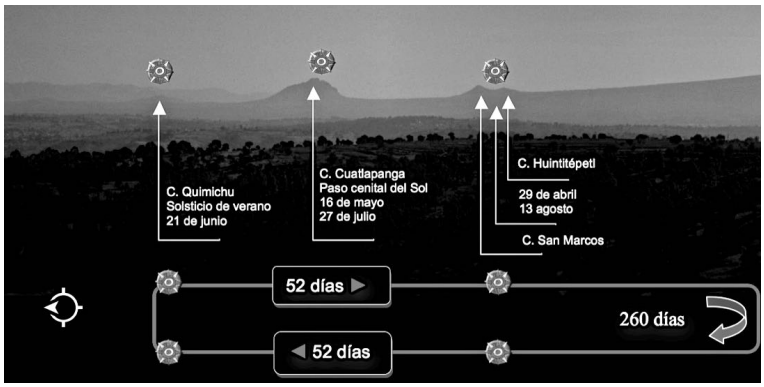
ARRIBA

Desde la Pirámide de las Flores o Estructura E1 se aprecia el perfil del volcán La Malinche como un marcador de horizonte durante el amanecer que permite dividir el año en 5 partes iguales de 73 días.

La división del año en cinco partes de 73 días ha sido investigada por Jesús Galindo [2015] en el Templo Mayor de la Ciudad de México como se presenta páginas atrás en el apartado *Tipo A. Alineamientos al eje de simetría del edificio principal*. La singularidad numérica del 73 radica en que es la única cifra que divide al año en un dígito. Por otra parte, en un período de 52 año contamos 73 períodos rituales de 260 días. Además, el período sinódico de Venus es de 584 días, el cual queda expresado como 8 × 73 =584. Por lo tanto, una sucesión de amaneceres corresponde a un período sinódico de Venus, de tal suerte que tal sucesión permitió a los astrónomos calibrar minuciosamente el calendario. Estos son los juegos de los números y las posibilidades de la familia 73 que también encontramos en el Nevado de Toluca en el recinto El Mirador, clasificado como NT-03 que se expone páginas adelante en el apartado *Tipo N. Entre montañas*.

El calendario ritual de 260 días o *tonalpohualli* es un instrumento adivinatorio constituido por trece veintenas cuya expresión pictográfica en códices se denomina *tonalámatl*: el libro de los destinos. Este calendario también está manifiesto en sitios arqueológicos que respetan la traza urbana de la familia 52, como es el caso de Teotihuacán con la alineación de la Pirámide del Sol. En Xochitécatl este modelo también se aplica, fijemos nuestra atención a las fechas 13 de agosto y 29 de abril y veamos por donde sale el Sol para esos días desde la Pirámide de las Flores, encontramos una nueva y sorprendente casualidad geográfica, el Sol se levanta en el sinclinal que conforman los cerros San Marcos y Huintitépetl.

En la siguiente tabla se comparte la memoria de cálculo que corresponde a Xochitécatl. Es necesario apuntar que la única ausencia de un marcador de horizonte natural es para el solsticio de invierno, lo cual pudo haber sido substituido con algún artilugio arquitectónico.



IZQUIERDA

Detalle meridional para el calendario de horizonte del volcán Matlalcueye (La Malinche) visto desde la Pirámide de las Flores en el sitio arqueológico de Xochitécatl. La trascendencia cultural radica en dividir el año en dos secciones: la primera de 260 días y la segunda de 105 días. Esta última repartida en dos secciones de 52 días, más un día que corresponde al solsticio de verano, con lo que resulta 105 días, más 260 tenemos como resultado un año de 365 días.

Sitio de observación Sitio arqueológico Xochitécatl, Pirámide de las Flores o Estructura E1

Ubicación	φ19º14′40.8″ λ -98º20′58.5″	14Q 568357m E - 2128027m N	Altitud	2360 m/nm	WGS 84

Lugar conspicuo Cima del Cerro Quimichu

Ubicación	φ 19º23′52.3″ λ -97º59′48.5″		14 Q 605337 m E - 2145157		WGS 84
Altitud	2722 m/nm	Distancia	40760 metros	Z = 65º 13´	h = 0º 30´
Suceso	El Sol aparece por la cima del cerro				
Fecha	21 de junio, solsticio de verano		hora (horario de verano)		06:03:01 am

Lugar conspicuo Cima del Cerro Cuatlapanga

Ubicación	φ 19º20′12.3″ λ -98º05′12.0″		14 Q 595936 m E - 2138342 m N		WGS 84
Altitud	2848 m/nm	Distancia	29390 metros	Z = 69º 27´	h = 57´
Suceso	El día de paso cenital el Sol aparece por la cima (+/- 30´)				
Fecha	27 de julio y 16 de mayo		hora (horario de verano)		06:06:10 am

Lugar conspicuo Sinclinal entre los cerros San Marcos y Huintitépetl

Ubicación	φ 19º19′20.0″ λ -98º03′05.9″		14 Q 599626 m E - 2136754 m N		WGS 84
Altitud	2840 m/nm	Distancia	32350 metros	Z = 74º 30´	h = 0º 53´
Suceso	El Sol aparece entre los cerros San Marcos y Huintitépetl				
Fecha	13 de agosto y 29 de abril		hora (horario de verano)		06:21:31 am

Lugar conspicuo Cima Tlachichihuatzi (cima norte del volcán La Malinche)

Ubicación	φ19º14´24.9″ λ -98º02´04.6″		14 Q 601464 m E - 2127694 m N		WGS 84
Altitud	4100 m/nm	Distancia	33070 metros	Z = 90º 49´	h = 3º 06´
Suceso	El Sol aparece por la cima				
Fecha	Equinoccio astronómico		hora (horario de verano)		06:53:35 am

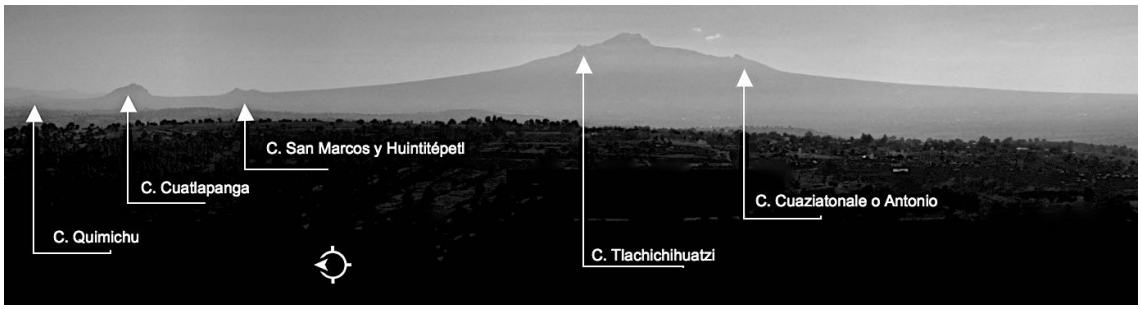
Lugar conspicuo Cima del volcán La Malinche.

Ubicación	φ19º13´51.4″ λ -98º01´55.6″		14 Q 601734 m E - 2126664 m N		WGS 84
Altitud	4430 m/nm	Distancia	33320 metros	Z = 92º 35´	h = 3º 33´
Suceso	El Sol aparece por la cima				
Fecha	25 de septiembre y 17 de marzo		hora (horario de verano)		06:41:31 am

Lugar conspicuo Cima del Cerro Cuaziatonale (cerro Antonio o cima sur del volcán La Malinche).

Ubicación	φ19º12´06.8″ λ -98º01´14.9″		14 Q 602940 m E - 2123454 m N		WGS 84
Altitud	3900 m/nm	Distancia	34820 metros	Z = 97º 49´	h = 2º 31´
Suceso	El Sol aparece por la cima				
Fecha	09 de octubre y 04 de marzo		hora (horario de verano)		06:40:29 am

Proponer alineaciones no resulta difícil, y en muchos casos la casualidad asiste al hecho; por lo cual algunos insisten en cuestionar los resultados de la arqueoastronomía. Una buena manera de adelantarse a las objeciones es presentar evidencias arqueológicas tanto del punto de observación como de los sitios señalados en el horizonte. Para el modelo Xochitécatl-Matlalcueye el lugar de observación está por demás sustentado con la Pirámide de las Flores, y con referencia a los puntos en el horizonte podemos adelantar los siguientes avances.



ARRIBA

Los cerros prominentes para el calendario de horizonte conspicuo Xochitécatl-Malinche.

Iniciemos por el sur, con el cerro Cuaziatonale o Antonio de 3900 $^{m}/_{nm}$ registrado como sitio arqueológico de alta montaña con la clave MA-21; Tim Tucker, lo había visitado en 1972, en ese momento encontró gran cantidad de cerámica en superficie, de la cual hoy en día sólo quedan algunos fragmentos burdos que no son diagnósticos, pues el sitio fue alterado por la instalación de una antena repetidora hoy en desuso. En superficie se encontró una cuenta de serpentina que recuerda la tradición funeraria del Preclásico [Sergio Suárez, comunicación oral, 2009]. También destaca en la cima un petrograbado posiblemente prehispánico, aunque suponemos con retoque histórico, asemeja un rostro, sus ojos recuerdan el estilo denominado "semilla de café", y también a los rostros de la cerámica proveniente de Xochitécatl, abarca casi un metro cuadrado, a los costados se perciben líneas paralelas en dirección este-oeste.

Continuamos con el cerro Tlachichihuatzi. Por debajo de su cima, hemos registrado dos sitios: MA-04, Tlachichihuatzi 1, en la arista precumbrera a 4050 $^{m}/_{nm}$, llama la atención la cerámica y la obsidiana que se distribuyen al poniente, por debajo de un cantil, del cual se desprenden los drenajes de un manantial casi extinto. La cerámica decorada en color azul es por demás sugestiva y única en la montaña; en el lado oriente destaca la presencia de al menos cuatro *xicalli*. ¿Acaso el nombre del cerro será una corrupción de la palabra náhuatl *tlachichiualtin*, que significa ídolos labrados y aderezados y así nos refiera su importancia religiosa? Por su parte MA-05 Tlachichihuatzi 2, por

debajo de MA-04, en la ladera poniente a 3980 $^{m}/_{nm}$ presenta dos rocas con *xicalli*. Destaca del emplazamiento su ubicación por encima de una pequeña cueva, de la que drena un manantial. Es oportuno mencionar que ni en la cueva ni alrededor de los *xicalli* encontramos cerámica [Montero 2004a].

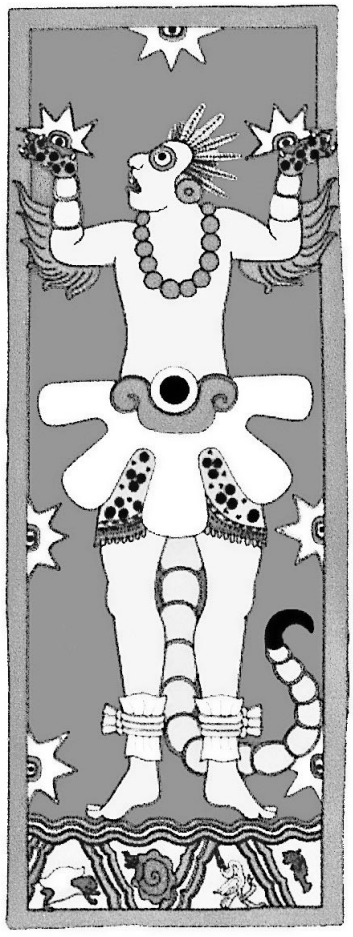
Con referencia a los cerros San Marcos, Huintitépetl, Cuatlapanga y Quimichu, no son parte del edificio volcánico de La Malinche, y por lo tanto aún no han sido prospectados, a excepción del cerro Cuatlapanga que lo prospecté en el año 2011. En su cima registré cerámica y lítica prehispánica, destaca también un adoratorio moderno y bien construido al Sagrado Corazón de Jesús, este hecho es importante porque es un culto similar al que recibe el cerro Telapón en la Sierra Nevada al norte de la Iztaccíhuatl. El Telapón marca el paso cenital del Sol también visto desde Xochitécatl, pero para el ocaso. ¿Acaso alguna advocación prehispánica relacionada con el paso cenital del Sol encontró un culto de reemplazo con el Sagrado Corazón de Jesús?

Pero este horizonte nos permite más posibilidades si incorporamos a Venus en la posición que corresponde al Sol para el solsticio de invierno, punto al que regresa como Estrella de la Mañana cada ocho años o 2920 días, que dividido en períodos sinódicos de Venus es igual a 5 (2920 ÷ 584 = 5). La importancia de Venus está bien documentada en Cacaxtla, sobre todo con la célebre pintura que representa a un Hombre-escorpión celeste con advocación del planeta Venus como estrella asociada a la fertilidad pluvial, a la guerra y el sacrificio. Sin intención de incursionar en la iconografía, ni en la importancia de Venus para las culturas precolombinas, tan sólo asumiré dos elementos que se articulan en esta pintura: Venus y la constelación de Escorpión. Y me refiero a la constelación de Escorpión, porque algunos investigadores como Torres [2002] no descartan la propuesta de que el Escorpión mesoamericano corresponda al Escorpión celeste que hoy en día identificamos.

En un planetario se realizó la recreación del cielo nocturno para el año 714 d. C.[67] Alrededor de las 04:04 am, la estrella Antares de la constelación del Escorpión aparece sobre el horizonte en la ladera sur de La Malinche en el punto que corresponde a la posición del Sol para el solsticio de invierno, la altura angular es de 1º y el azimut de 114º 20', su δ = -22º 37' 17.3"; más tarde, a las 06:40 am, en el mismo punto, Venus surge en el azimut 115º 34', con δ = -23º 45' 01.1"; para las 07:16 el Sol sale con azimut

ABAJO

Mural hombre-escorpión, Cacaxtla.



67 Cacaxtla es el sitio arqueológico vecino de Xochitécatl, ambos estuvieron unidos al menos durante los momentos de mayor apogeo de la región que corresponde al Preclásico tardío y posteriormente al Epiclásico.

115° 26' a la misma altura angular con δ = -23° 33' 14.5". Esta convergencia entre la montaña, la estrella Antares de la constelación de Escorpión, Venus y el Sol, sucedió cada ocho años en aquellos siglos, actualmente por el fenómeno de precesión se hace imposible admirar esta alineación. Para otorgarle valor a este fenómeno dentro de la cosmovisión mesoamericana aún debemos indagar aspectos culturales que sustenten la relevancia de este calendario de horizonte. Es importante apuntar que entre los mexicas la fiesta de Atamalcualiztli se celebraba cada ocho años y conmemoraba el nacimiento de Cinteotl-Venus, aunque sabemos que no se realizaba durante el solsticio de invierno como lo requiere este modelo, es un buen indicio que demuestra la relevancia cultural que tenía el ciclo de ocho años de Venus en Mesoamérica.

Al revisar los trazos sobre el mapa entre la Pirámide de las Flores y el cerro Tlachichihuatzi para el día de equinoccio, encontré que la línea pasa por el cráter Tlalocán, donde Suárez (2008) realizó excavaciones y registró una estructura en el año 2001, el dato ya se conocía, pues Carson también en ese año me había compartido dicha información. Al revisar con más detenimiento la trayectoria sobre el mapa, una población saltó a la vista, Teolocholco. En su oportunidad visité la población en compañía de Daniel Flores y Tim Tucker, encontramos que su iglesia está alineada con la cima de La Matlalcueye, y no al cerro Tlachichihuatzi, por lo tanto, el Sol aparece sobre la cima de La Matlalcueye el día de san Miguel, o sea el 29 de septiembre, al igual que la alineación propuesta por Carson y Serra Puche para la Xochitécatl. El hecho parece sugerente y no está aislado, en su oportunidad Daniel Flores (comunicación oral, 2008) apuntó la alineación de la catedral de Tlaxcala con La Matlalcueye. Estos datos nos invitan a realizar estudios sobre la dirección de los templos cristianos, pues suponemos que su orientación está determinada por preceptos indígenas, en una plasticidad que era por todos tolerada, porque lo que irremediablemente importaba no era un entendimiento teológico sobre el cristianismo, sino la conservación de la montaña como un espacio ritual. Teolocholco traducido del náhuatl significa "Donde se escondieron los dioses".

La Pirámide de las Flores,[68] nos conduce a la construcción y representación de un modelo de tiempo, donde la duración no es tan importante como la secuencia. Con la incorporación al

68 Para Šprajc (2001a:183) la Pirámide de las Flores o Estructura E1 de Xochitécatl señala a las mismas fechas que la pirámide circular de Cuicuilco.

modelo de la familia 73, de los períodos sinódicos de Venus y la constelación de Escorpión, se demuestra la complejidad y erudición alcanzada por los astrónomos ancestrales.

Recientemente (2021) al dirigir la tesis de Fernanda Martínez, pasante de arqueología de la ENAH, atendimos el caso de Texcoco y alrededores, resultando que desde lo que fue el Templo Mayor de Texcoco,[69] hoy arrasado, el Sol se oculta el día del paso cenital[70] para esa latitud en la cima sur de la Sierra de Guadalupe, cerca del Pico Tres Padres y el Pico Moctezuma, de igual forma desde el edificio denominado El Circular,[71] en Huexotla, a las afueras de Texcoco, apreciamos que Venus en su declinación máxima al sur después del ocaso toca cada ocho años en la misma fecha la cima del Pico Tres Padres según lo pudimos comprobar con el planetario *Stellarium* v. 0.19,2 y la carta topográfica correspondiente; hace algunas décadas Iván Šprajc [1996: 180] ya apuntaba sobre este suceso.

Cholula, uno de los centros religiosos y comerciales más importantes de Mesoamérica desde el período Clásico, cobró mayor importancia a partir el siglo XII d. C. con la presencia tolteca y su culto a Quetzalcóatl. En este gran centro ceremonial convergían peregrinaciones de todo el Altiplano Central, que asistían para rendir veneración en magníficos edificios y en la gran pirámide del Tlachihualtépetl. La sacralidad de Cholula se institucionalizó porque el calendario ritual quedaba expresado espléndidamente en el espacio geográfico, de tal suerte que el tiempo y el espacio se hicieron inseparables en Cholula: el tiempo con el calendario ritual asentado en trecenas, y el espacio con el perfil orográfico de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl. El Popocatépetl, con su extraordinaria altura sobre el Altiplano y su delicado perfil cónico fue el punto focal que determinó la elección del espacio donde habría de levantarse la ciudad sagrada en su alineación con el Sol. Determinar el sitio para erigir la gran pirámide y cómo debía de orientarse la urbe fue determinado por el Sol, los volcanes y el calendario. Esta no es una hipótesis aventurada, pues Cholula demuestra la búsqueda y el encuentro del hombre mesoamericano con el orden celeste y la naturaleza que se manifiestan en la sacralidad que civiliza y se expresa en la arquitectura a través de su trazo y diseño.

El calendario de horizonte de Cholula funciona de manera extraordinaria dividiendo el año en conjuntos de trece días o tre-

69 Ubicación: φ 19º 30´ 38.2" λ -98º 52´ 55.9"
70 Días del paso cenital del Sol en Texcoco: mayo 17 y julio 25, ocaso sobre Sierra de Guadalupe z = 290º 18´ h = 1º 48´.
71 Ubicación: φ 19º 28´ 7.62" λ -98º 52´ 3.18"

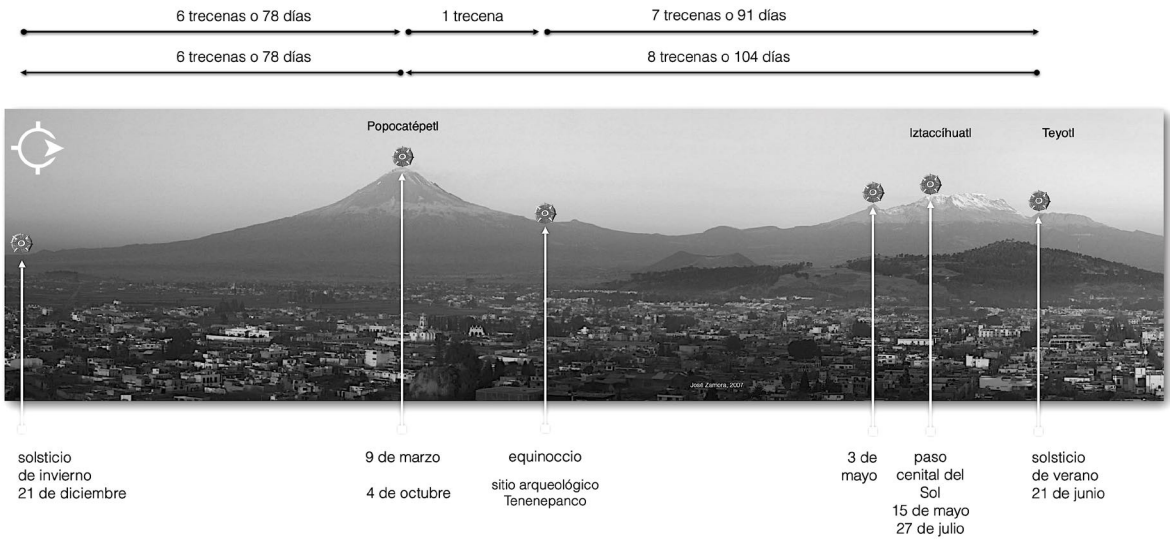
cenas.[72] Consideremos que el marcador principal de este modelo es el volcán Popocatépetl, el Sol se oculta por su cráter los días 9 de marzo y el 4 de octubre, estas fechas son el punto de partida para el cómputo del tiempo, pues 13 días después del 9 de marzo es el equinoccio de primavera (21 de marzo) y 13 antes del 4 de octubre es el equinoccio de otoño (22 de septiembre), más aún, la diferencia de días que hay entre el 4 de octubre y el 9 de marzo es de 156 días, que corresponde a 12 trecenas, el punto medio de esta cuenta marca exactamente al solsticio de invierno (21 de diciembre) que sucede 6 trecenas antes o después del paso del Sol por el cráter del Popocatépetl. Sorprendentemente, si ahora sumamos 104 días, al 9 de marzo llegamos al solsticio de verano (21 de junio), esto es 8 trecenas. Con este ejemplo se demuestra cómo el eje del tiempo en Cholula era el volcán Popocatépetl que hacía conmensurables los equinoccios y los solsticios con la simple cuenta del transcurrir de los días. El calendario de horizonte se complementaba con la Iztaccíhuatl, pues en su cúspide sur se registraba el paso cenital del Sol. Dividir el tiempo en trecenas fue una práctica común en Mesoamérica, un ejemplo es el calendario ritual denominado por los mexicas *tonalpohualli* que se constituía de veinte trecenas (20 × 13 = 260).

Cholula con su refinada arquitectura se distinguía como una de las más bellas ciudades de Mesoamérica, resonaba en el ámbito espiritual del Altiplano como la residencia de Quetzalcóatl donde el dios se manifestaba como centro cósmico [González Hermosillo, 2012: 66], era según Lind y Barrientos [2012: 49] la ciudad más sagrada de toda Mesoamérica hasta la llegada de Hernán Cortés en 1519. En su templo principal, refiere Silvia Trejo [1999: 110] se hacía tañer un gran tambor a la hora en que se ponía el Sol, el tambor era tan grande que su sonido se oía por toda la ciudad y la gente guardaba completo silencio.

En el *Códice Florentino* (libro I, cap. XXI, f. 20) el *tepictoton*[73] del Popocatépetl se presenta con los atavíos propios de Quetzalcóatl que son el gorro cónico y el bastón de medio codo o *xonecuilli*. Así se expresa la articulación trascendente entre Cholula y el Popocatépetl. Actualmente por encima de la Gran Pirámide o Tlachihualtépetl tenemos el Santuario de Nuestra Señora de los Remedios, su eje de simetría apunta al volcán Iztaccíhuatl, justamente en la cima por la que se oculta el Sol los días de su paso por el cenit. Es de suponer que la edificación virreinal res-

72 Iván Šprajc [2001a: 242] destacó la importancia de las trecenas para Cholula, también se suman al estudio arqueoastronómico del sitio: Jesús Galindo, Tim Tucker, Anthony Aveni, Sergio Suárez y María Bernal entre otros.

73 Ídolo de los montes.



ARRIBA

Espacio y tiempo desde Cholula expresado calendáricamente en trecenas determinadas por la posición del Sol sobre el horizonte poniente al ocaso (Museo Regional de Cholula, A. Montero, 2017).

petó un criterio arquitectónico de orientación astronómica prehispánica. Además, la moderna traza urbana de Cholula en sus calles se ajusta a la alineación de la ciudad prehispánica, la cual corresponde al eje de simetría de la Gran Pirámide que está en dirección al solsticio de invierno para el amanecer con rumbo al Cerro Tlamacas próximo a Cuauhtinchan.

Hasta está página se ha presentado sólo un horizonte como el prominente o el determinante para considerarse como el marcador de horizonte de un sitio arqueológico. Indistintamente se ha recurrido al horizonte oriente o al poniente, pero el trabajo de campo realizado en Cantona entre los días 4 y 6 de noviembre de 2011 [Montero, 2014a] demostró que tanto el oriente como el poniente pueden ser determinantes en la cosmovisión de un sitio. Si bien es cierto que Cantona no presenta una traza regular que muestre su intención urbana respecto a la orientación, y esa es una de las características que hacen única a esta urbe, nos sobrepusimos al hecho y nos dimos a la tarea de identificar las posiciones del Sol al amanecer y el ocaso desde los edificios más relevantes.

El primer registro lo realizamos desde la Pirámide de El Mirador, que es el punto más alto de la Plaza Oriente, desde la pirámide se tiene un amplio dominio del paisaje oriental que abarca el volcán Cofre de Perote y montañas adyacentes. Esto se debe a que la plaza se alza sobre una terraza natural que se eleva sobre la porción este de la Acrópolis de Cantona. Su disposición fue aprovechada para contemplar el aparente movimiento del Sol durante el año para el amanecer, el primer hecho relevante es que el cerro Huacaltepec marca el sitio por donde levanta el

Sol los días de su paso cenital (25 de julio y 18 de mayo); más al norte, para el solsticio de verano el Sol asciende sobre la cima del cerro del Viento; para el solsticio de invierno el Sol se ubica sobre un valle delimitado por los cerros Cuamila y Las Ánimas, 4 km al suroeste de Tenextepec. Es relevante que estos extremos tengan como referencia orográfica central al volcán Cofre de Perote, que es el principal protagonista del paisaje. Encontramos que el Sol toca visualmente la cumbre del Cofre de Perote los días 28 de febrero y 14 de octubre; estas fechas, como veremos más adelante, son importantes, pues se destacan también para el horizonte poniente durante el ocaso, lo que nos hace suponer que la fecha y orientación fue significativa para Cantona.



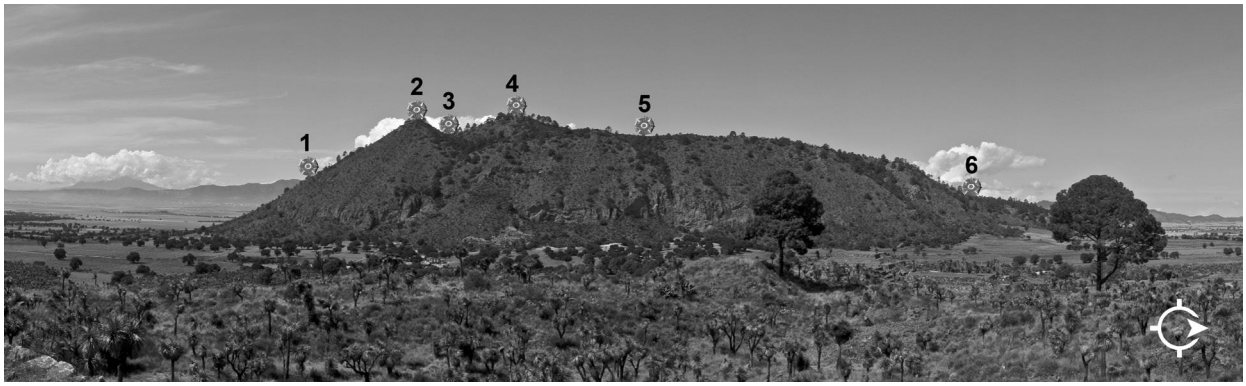
ARRIBA

Perfil orográfico oriental visto desde la Pirámide de El Mirador en la Plaza Oriente del sitio arqueológico de Cantona. Se destacan las principales posiciones del Sol para el amanecer durante un año: 1) solsticio de verano, 21 de junio sobre el cerro del Viento; 2) paso cenital del Sol los días 25 de julio y 18 de mayo sobre el cerro Huacaltepec; 3) equinoccio de primavera el 20 de marzo y equinoccio de otoño el 23 de septiembre, ladera norte del Cofre de Perote; 4) el Sol sale por la cima del Cofre de Perote los días 28 de febrero y 14 de octubre; 5) solsticio de invierno, 22 de diciembre.

El equinoccio se registra en la ladera norte del Cofre de Perote, en las inmediaciones del poblado El Conejo y el cerro La Muñeca, en una pendiente sin alteraciones significativas, así que los marcadores más relevantes al oriente son la cima del Cofre de Perote y el cerro Huacaltepec para el paso cenital del Sol. Es importante mencionar que el paso cenital del Sol, además de registrarse con el cerro Huacaltepec también se podía verificar con la iluminación vertical de un espacio oscuro a través de un tragaluz natural en la cueva de Tzinacamóztoc o Chinacanoztoc, fenómeno que se describe en el apartado *Tipo O. En cavernas* (pág. 175).

Respecto al horizonte poniente, tomemos como punto de observación la estructura más alta del complejo al oeste, es la denominada Pirámide de la Plaza Central en la Plaza de la Fertilización de la Tierra [García Cook, 1994: 66]; el paisaje aquí es dominado por el cerro Las Águilas. Al realizar las mediciones llamó la atención un hecho contundente: el cerro Las Águilas enmarca todo el arco solar del ocaso, pues ocupa un rango que encuentra su máximo alcance en su ladera sur para el solsticio

de invierno y en la ladera norte para el solsticio de verano. Bien se ajusta aquí la acepción de Cantona como casa del Sol.



ARRIBA

Perfil orográfico poniente visto desde la Pirámide de la Plaza Central o Plaza de la Fertilización de la Tierra en Cantona.
Se destacan las principales posiciones del Sol para el ocaso durante un año: 1) solsticio de invierno, 22 de diciembre, en la intersección visual del horizonte con la ladera sur del cerro Las Águilas; 2) sobre la cima sur del cerro Las Águilas el Sol se oculta el 25 de febrero y 17 de octubre; 3) el Sol se oculta en la depresión natural formada entre las cimas sur y principal el 4 de marzo y el 9 de octubre; 4) en la cima mayor del cerro Las Águilas el Sol se oculta el 14 de marzo y el 29 de septiembre; 5) posición que ocupa el Sol para equinoccio medio el 21 de marzo y el 20 de septiembre. 6) solsticio de verano, 21 de junio en la ladera norte.

Desde esta perspectiva marcamos el equinoccio en la parte media del cerro, y al igual que en el perfil oriente no toca ningún punto conspicuo. Las posiciones relevantes son tres: la cima mayor, la cima sur, y una depresión natural que se forma entre ambas. En la depresión, el Sol se oculta los días 4 de marzo y 9 de octubre, fechas que corresponden a la familia 73 respecto al solsticio de invierno. En la cima central de Las Águilas, el Sol se oculta los días 14 de marzo y el 29 de septiembre, fechas que nos recuerdan la alineación de la Pirámide de la Flores en Xochitécatl que ve salir el Sol en estas fechas sobre la cresta sur en la cima de La Malinche para el día de San Miguel Arcángel [Montero, 2011a: 164]; por otra parte, tenemos que el ocaso en la cima sur del cerro Las Águilas corresponde a los días 25 de febrero y 17 de octubre, próximas a la salida del Sol sobre el Cofre de Perote para los días 28 de febrero y el 14 de octubre desde la Pirámide de El Mirador en la Plaza Oriente.

Como el cerro Las Águilas es tan cercano a la Plaza de la Fertilización de la Tierra, podemos afirmar que tenemos frente a nosotros un horizonte crítico,[74] así que dispusimos mover el punto de observación dentro de la zona arqueológica para hacer coincidir en un edificio las fechas del levante y el ocaso, de tal manera que con una variación de unos cuantos metros en el eje norte-sur, alcanzáramos al menos un grado de diferencia. El resultado nos dejó sorprendidos, pues regresamos a la Pirámide de El Mirador en la Plaza Oriente, y aunque la capa vegetal no permitió el avistamiento, si lo pudimos calcular por medio de una aplicación digital resultando que los días 28 de febrero y 14 de octubre el Sol levanta sobre la cumbre del Cofre de Perote,

74 Una distancia entre el punto de observación y un horizonte conspicuo a menos de 2 km de distancia permite ajustes muy precisos para una astronomía posicional.

esos mismos días el Sol se oculta sobre la cumbre sur del cerro Las Águilas. Esto hace suponer que se buscó dicha coincidencia en tiempos antiguos y que su resultado no es casual. Como tampoco es casual que la alineación del Conjunto Juego de Pelota 7 (CJP 7) encuentre los muros de su plaza acimutalmente dirigidos a 100º 30', orientación que apunta a la cima del Cofre de Perote. Esta misma orientación la comparte asombrosamente con los cuerpos de la Pirámide de El Mirador. Es necesario apuntar que los juegos de pelota en Cantona tienen una conformación particular, por eso se describen como "conjuntos", se trata de espacios arquitectónicos con una o dos plazas delimitadas por estructuras a los lados a manera de altares; por su parte, la cancha está integrada a un basamento piramidal en uno de sus extremos [García Cook, 1994: 2829].

Agradezco a David Wood haberme informado que Iván Šprajc [2001a: 281] encontró como prominente la orientación del 27 de febrero y el 14 de octubre para una estructura dedicada a Ehécatl en Tula, denominada El Corral;[75] pero no sólo en Tula también para Xochitécatl en la Estructura E4, se destaca la fecha 27 de febrero y 16 de octubre, que si bien es cierto guarda una variación de días [*ibidem*: 279], invita a una línea de investigación en términos calendáricos no sólo para Cantona sino para otros sitios en el Altiplano.

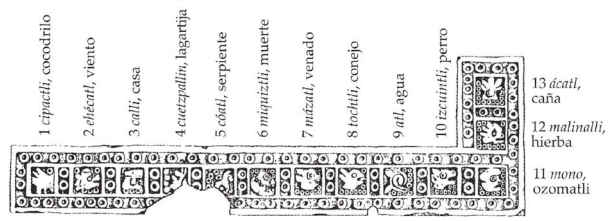
Pero debemos destacar otro evento desde la Pirámide de El Mirador, durante el ocaso para el solsticio de invierno el Sol se oculta sobre la cima del Popocatépetl. Realmente ignoro si es posible observar a simple vista el Popocatépetl, dada la distancia que lo separa de Cantona, pero resulta del modelo preparado virtualmente en gabinete donde la cima del volcán se alza a 1º 14' sobre el horizonte de Cantona en el rumbo azimutal de 244º, apareciendo su cúspide entre el volcán La Malinche y el cerro Las Águilas; de ser así, sin duda la Pirámide de El Mirador haría honor a su nombre por ser uno de los principales ejes de observación de horizonte de Cantona.

El mejor ejemplo de un observatorio astronómico-calendárico que apunta a la montaña como marcador de horizonte es el Monolito del Conejo (IZ-18). Este emplazamiento se ubica en los suburbios de Amecameca al pie del volcán Iztaccíhuatl, se trata de una roca andesítica de color gris rojizo de 5m de largo por 3m de ancho y 2.50 m de altura, presenta relieves esculpidos en el lado poniente que corresponden a los días del calendario

75 En términos arqueoastronómicos un día de variación es aceptable dada la oscilación solar.

prehispánico. Fue Dupaix quien primero hizo referencia al monolito durante su segunda expedición por tierras novohispanas en 1806; posteriormente se publicó en París en el *Atlas de las Antigüedades Mexicanas* en 1834 y en 1887, Alfredo Chavero lo menciona en *México a través de los siglos*. El detalle de los motivos lo encontramos en López Luján [1989: 138-139] y Séjourné [1998: 367-388].



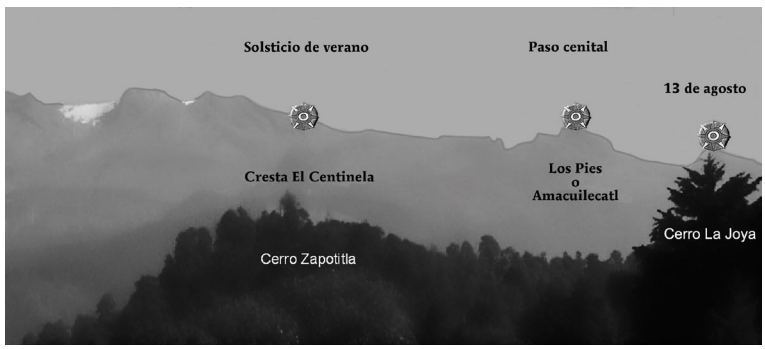


ARRIBA

El Monolito del Conejo (IZ-18) es un monumento prehispánico singular con inscripciones calendáricas que apreciamos en esta litografía publicada en *Antiquités Mexicaines* de 1834, y que detallamos en la parte inferior la sección que corresponde a la primera trecena del *tonalpohualli*.

Desde lo alto del monolito se contempla la salida del Sol sobre el cerro Venacho para el equinoccio esto demuestra que el sitio era un observatorio de astronomía solar con posibles observaciones también de Venus [Iwaniszewski, comunicación oral, 1999]. Actualmente recibe visitas por grupos de la mexicanidad quienes realizan una ceremonia al amanecer del solsticio de invierno, cantan y se bañan en un temascal improvisado, amarran tiras de papel en las ramas de un árbol cercano, y depositan flores por encima de la piedra.

El análisis de la figura anterior nos invita a proponer como los eventos más trascendentes para este marcador de horizonte al día de paso cenital y el solsticio de verano como vemos en la siguiente imagen, pues en estas fechas el Sol sale sobre puntos sobresalientes del paisaje. A diferencia del solsticio de invierno y el punto equinoccial para los cuales no se aprecia ningún elemento prominente del paisaje.



IZQUIERDA

El paisaje desde el sitio Monolito del Conejo (IZ-18), para el solsticio de verano destaca la alineación de la ladera sur de la Iztaccíhuatl con la Cresta El Centinela y el Cerro Zapotitla

Un dato relevante es que al ocaso saltó a la vista que el alineamiento para el solsticio de verano es paralelo a la traza de las calles de Amecameca; y que el alineamiento del solsticio de invierno apunta a los cerros Joyacan y volcán Huipilo. En este sentido, es de suponer que el monolito servía para la observación tanto del levante como del ocaso, lo cual abre la posibilidad para futuras investigaciones sobre el horizonte lejano al oeste, véanse los detalles de la memoria de cálculo en Montero [2011c: 72-73] y detalles sobre el trabajo de campo en esta entrega en el *Apéndice C: El desarrollo tecnológico y las modernas...* (pág. 431).

4.4.2.2 Tipo N. Una prominencia para diferentes sitios

Arqueológicamente se ha registrado como una prominencia en el paisaje puede ser útil como marcador de horizonte, trátese de una montaña o de un contorno orográfico singular, es así como lo conspicuo del paisaje se convierte en un recurso geográfico útil para diferentes culturas que pueden estar distantes en el espacio y el tiempo. Pongamos como primer ejemplo con el cerro Papayo, un aislado volcán que se levanta en el contorno de la Sierra Nevada y que ha sido referente como marcador de horizonte para diferentes culturas en la cuenca de México.

Desde el siglo pasado Carmen Aguilera, Jesús Galindo y Arturo Montero [1997] comprobaron la importancia del cerro el Papayo como marcador astronómico para tres sitios arqueológicos con distinta temporalidad y tradición cultural: 1) Cuicuilco, desde la pirámide circular de este sitio del Preclásico se ve salir el Sol por la cima del cerro Papayo los días equinocciales del 23 de marzo y el 20 de septiembre, es interesante señalar que siglos después, durante el Posclásico, el dios patrón del equinoccio de primavera Xipe Totec era conmemorado el último día de la veintena de *tlacaxipehualiztli* que toca al 23 de marzo de acuerdo con la correlación de Sahagún; 2) Tenochtitlan, 20 kilómetros al norte de Cuicuilco y 1500 años después de Cuicuilco, encontró en el cerro Papayo un excelente marcador para señalar desde el Templo Mayor el amanecer del día 6 de febrero que corresponde al último día de *izcalli*, última veintena de su calendario, indicando así el inicio de los días *nemontemi*;[76] 3) Tepeyac, siete kilómetros al nor-

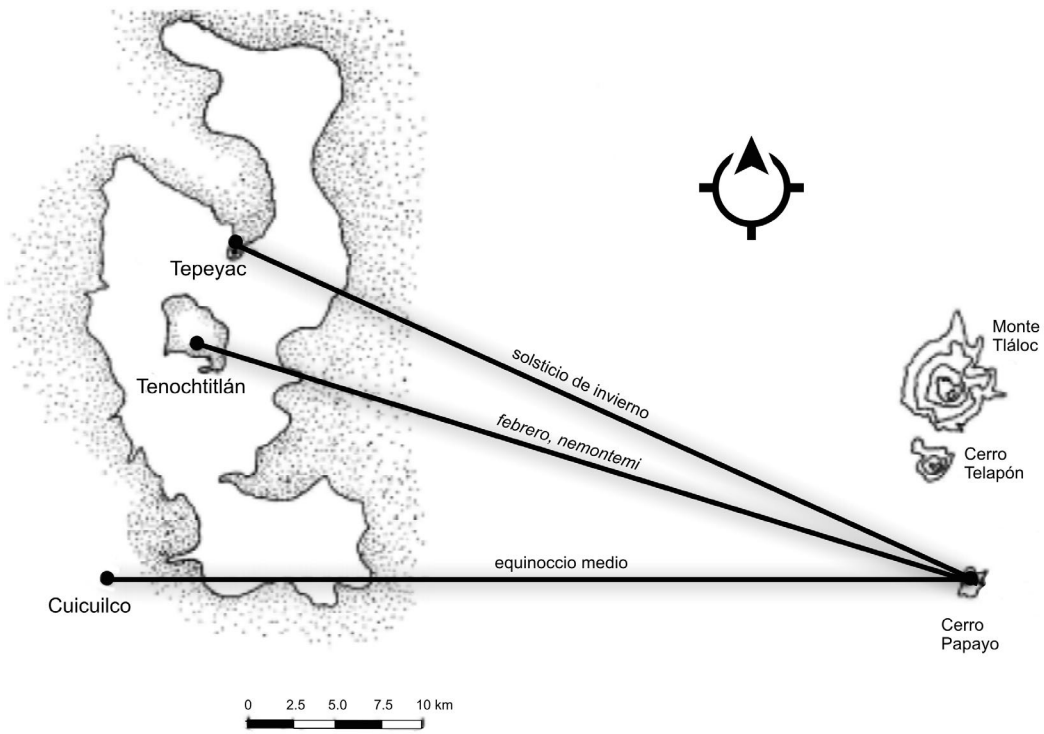
76 Véase para más detalle sobre los *nemontemi* el apartado *5.3 Calendario*.

te de Tenochtitlan, antes de la conquista europea era un centro de peregrinaje muy importante, desde siglos antes era un sitio de culto ancestral para los otomíes que habitaron el valle de México antes que los mexicas, aquí los otomíes veneraron a sus antiguas deidades Cihuacóatl "Mujer Serpiente" y Mixcoátl "Serpiente de Nubes", dos nombres apropiados para la Vía Láctea que representaron los aspectos femenino y masculino de la bóveda celeste debido a que la Vía Láctea aparece dividida en dos ramas durante el invierno [Aguilera, 1996], desde el Tepeyac, el Sol levanta sobre la cima del cerro Papayo para el solsticio de invierno, lo cual resulta interesante de acuerdo con la tradición colonial que encuentra en la cumbre del cerro del Tepeyac el escenario de la milagrosa aparición de la Virgen de Guadalupe, la tradición devota establece que la aparición sucedió en la cumbre del cerro del Tepeyac donde existió un templo prehispánico dedicado a la diosa madre Tonantzin, estos acontecimientos asombrosos sucedieron entre el 9 y 12 de diciembre del año de 1531, alrededor del solsticio de invierno, antes de la corrección gregoriana del calendario, por lo que el 12 de diciembre que se celebra la aparición de la Virgen de Guadalupe corresponde al actual 22 de diciembre, solsticio de invierno.

El cerro Papayo por siglos fue un referente para el calendario ritual señalando fechas importantes: para Cuicuilco durante el Preclásico el equinoccio, para los mexicas del Posclásico tardío el inicio de los *nemontemi* y antes de la conquista desde el Tepeyac señalando el solsticio de invierno. Un cerro que registraba tres fechas diferentes para tres culturas distintas.

ABAJO

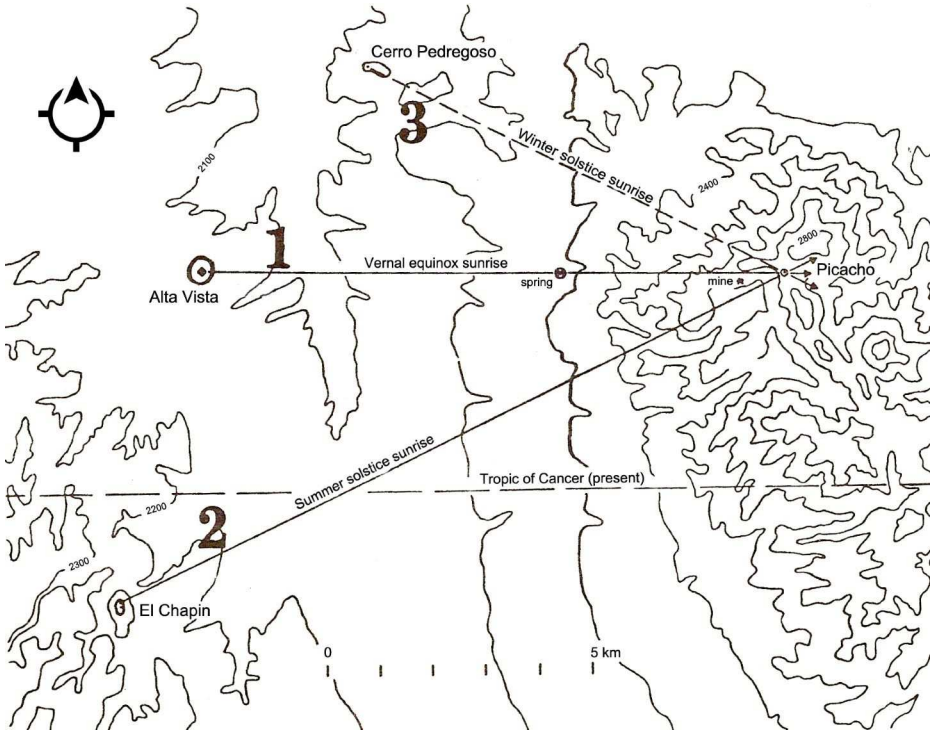
Esbozo de la cuenca de México mostrando al cerro Papayo como marcador solar de horizonte para los sitios arqueológicos de Cuicuilco, Tenochtitlan y Tepeyac [Galindo y Montero, 2000: 47].



Sobre el trópico de Cáncer tenemos otro ejemplo, se trata de tres sitios arqueológicos que son contemporáneos y aledaños entre sí, a diferencia del caso anterior, se hace referencia al cerro Pedregoso, Alta Vista y el Chapín. El trópico de Cáncer es un paralelo situado en la latitud 23° 26' 15", esta línea imaginaria que cruza el norte de México delimita el punto más septentrional en el que el Sol puede ocupar el cenit al mediodía, lo cual ocurre durante el solsticio de verano, durante el paso cenital los rayos solares caen verticalmente sobre la superficie terrestre a lo largo de esta latitud, lo cual se supone fue significativo para los astrónomos de la antigüedad dedicados a observar el aparente movimiento del Sol, así que los sitios arqueológicos de cerro Pedregoso, Alta Vista y el Chapín son la región distal por donde el paso cenital se puede registrar, pues más al norte no sucede este fenómeno.

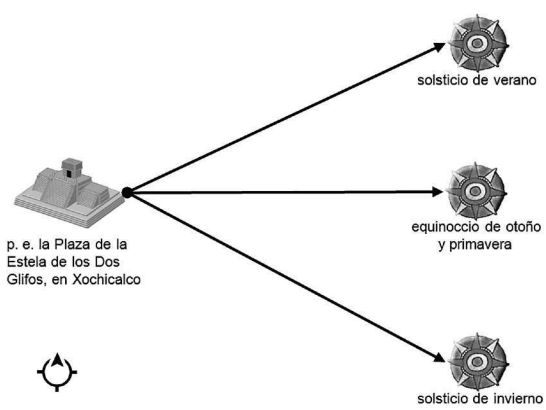
ABAJO

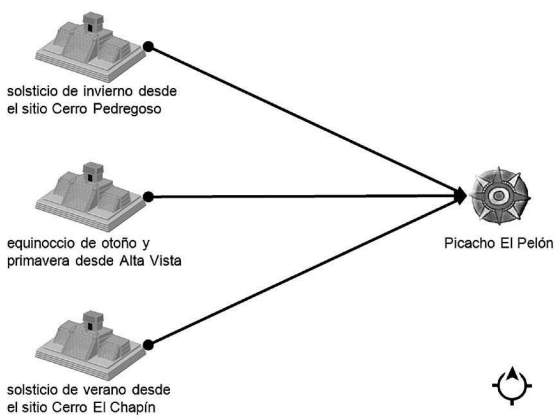
Alineamientos al Picacho el Pelón propuestos por Aveni, Hartung y Buckingham [1982: fig. 5]: 1) Alta Vista, para los equinoccios; 2) El Chapín, para el solsticio de verano; y 3) Cerro Pedregoso, para el solsticio de invierno. Se destaca el trazo del Trópico de Cáncer.



En la región de Alta Vista se hace evidente un modelo diferente a lo que hemos considerado ordinario en Mesoamérica con referencia a los marcadores calendáricos de horizonte. Generalmente asignamos a un edificio el sitio ideal para la observación, aceptando que desde el mismo se mira con detenimiento un horizonte conspicuo sobre el que se percibe el aparente movimiento del Sol y otros cuerpos celestes durante el año. Se acepta entonces un punto fijo, un observatorio ideal desde el cual se despliega una astronomía de horizonte empírica, este modelo

para esta entrega se denomina *Tipo M. Un observatorio frente a horizontes conspicuos* (pág 142), que se contrapone al presente *Tipo N. Una prominencia para diferentes sitios*. Pues bien, en la región de Alta Vista tenemos al norte el cerro Pedregoso para marcar la salida del Sol sobre el Picacho El Pelón durante el solsticio de invierno; desde el segundo sitio se aprecia la salida del Sol durante los equinoccios de primavera y otoño, estamos en Alta Vista 5 km al SO de cerro Pedregoso; finalmente, para registrar la salida del Sol para el solsticio de verano, consideremos 6.4 km al SO de Alta Vista, es el sitio El Chapín.





ARRIBA

Dos propuestas de alineamiento astronómico respecto al horizonte: 1) *Tipo M*, a la izquierda, ordenamiento habitual con un sitio para realizar la observación de un horizonte conspicuo; 2) *Tipo N*, derecha, varios sitios como observatorios alineados a un punto específico del horizonte.

Resulta interesante cómo una cima prominente del paisaje adquiere relevancia simbólica al constituir el *axis mundi* de una región. Durante la prospección realizada en Alta Vista en el año 2009, se encontró en la cima del Picacho el Pelón restos de cerámica y obsidiana fragmentados y erosionados, por lo que no se consideran materiales diagnósticos, pero que, por encontrarse en la cima y ser de temporalidad prehispánica, comprueban la trascendencia del sitio, que por cierto muestra un culto de reemplazo con la instalación de un camino con escaleras que es rematado con una cruz de más de 4 metros de altura; esta cruz es venerada anualmente en diversas fechas y destaca la misa que ahí se celebra el día 3 de mayo. Estando en la cumbre se pudo apreciar cómo para el día del equinoccio la sombra del Picacho El Pelón se proyecta sobre el valle de Chalchihuites, tocando con su punta el sitio de Alta Vista. ¿Acaso esta cima también estaría habilitada para celebrar al Sol en su correlación con los sitios del somonte en un simbólico manejo de sombras?

Alta Vista ofrece más posibilidades de análisis astronómico si analizamos con detenimiento su perfil orográfico al este con posibilidades calendáricas mesoamericanas, para más detalles sobre este sitio véase Montero [2016c].

DERECHA

Perfil orográfico al este del sitio arqueológico de Alta Vista en Zacatecas, destacando las cimas prominentes del paisaje relacionadas con fechas calendáricas mesoamericanas.



Para concluir con el *Tipo N. Una prominencia para diferentes sitios*, consideremos una cima emblemática de México, me refiero a la cumbre de la Iztaccíhuatl, la mujer dormida hecha montaña, es la cúspide más conspicua del Altiplano Central, por ello es referencia para diferentes emplazamientos: desde Chapultepec marca el solsticio de invierno, como si la orográfica mujer diera a luz a Huitzilopochtli,[77] cuando el Sol levanta sobre su cuerpo (Lourdes López, comunicación oral 2020); en Cocotitlán marca el inicio de año el 12 de febrero; y desde los petrograbados de Temamatla catalogados como TA-007 por Meléndez [2015: 160] se conforma una de las alegorías orográficas más sugestivas en Mesoamérica para el equinoccio incorporando en primer plano el petrograbado de un *cipactli*, atrás el volcán Tenayo y al fondo en perfecta simetría la Iztaccíhuatl. Así también funcionó el Popocatépetl con Xochicalco para los días del paso cenital con Cholula para el inicio del año; y para el solsticio de invierno desde las maquetas en roca del cerro Xochitepec en Xochimilco [Zimbrón, 2002: 112].

DERECHA

Alineación extraordinaria en Temamatla que resulta en un paisaje simbólico para los equinoccios: en primer plano el petrograbado TA-007 del período Posclásico; atrás, el volcán Tenayo ajustando la composición; y en plano del fondo, el perfil del volcán Iztaccíhuatl conformando una singular simetría, fotografía de Julia Montero, 2021.



77 Convencionalmente se señala el día del solsticio de invierno como la fecha del nacimiento de Huitzilopochtli, deidad asociada con el Sol por los mexicas.

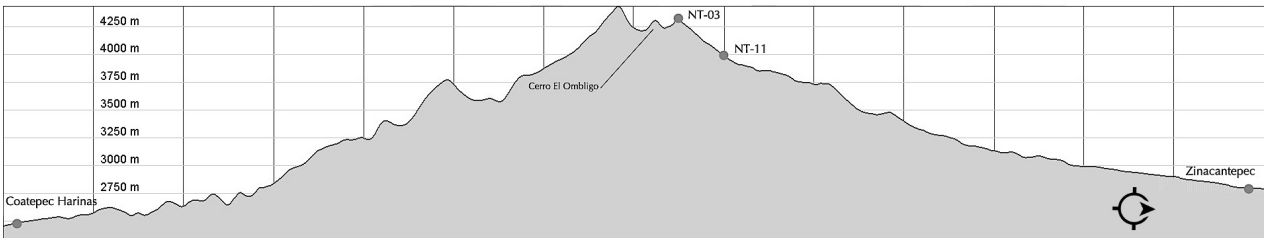
4.4.3 Modelo agreste

El modelo agreste comprende sitios arqueológicos alejados de espacios urbanos, se trata de observatorios instalados entre montañas y cavernas. El logro de llegar a un observatorio astronómico ubicado en lo alto de una montaña o en una caverna implica un viaje al estado liminar, un tránsito de lo profano a lo sagrado, un ingreso al espacio sacralizado, una transición entre distintos estados y momentos concretos. Lograr un ascenso a la alta montaña o un descenso a la caverna era una demostración de la trascendencia biológica que ciertos iniciados lograban por medio del fervor religioso. El sentido de subir o bajar a espacios yermos y agrestes permitía trascender la escala orgánica. Al realizar estas travesías se ponía de manifiesto la condición y preparación física, así como la capacidad mental excepcional que hacía del sujeto un individuo original que se distinguía del estándar colectivo. Subir por las laderas o bajar por las intricadas galerías subterráneas significaba romper con la escala humana asignada, llegar más allá de lo cotidiano y de lo mundano. La complejidad del transitar por estos espacios era la mecánica indispensable de esa metamorfosis. Se adquiría así una dimensión distinguida, pues se superaban los constreñimientos orgánicos de la existencia y de las limitaciones sociales [Montero, 2004a: 52].

4.4.3.1 Tipo Ñ. En montañas

Las montañas relevantes del paisaje se utilizaron como puntos límite de la visual ordenadora del mundo, en el alcance que el imaginario hacía del espacio geográfico como un entorno sagrado. En la actualidad, los telescopios astronómicos más potentes son instalados en las partes más altas de una región; las montañas son un buen lugar para evitar las distorsiones atmosféricas que afectan la visión del Universo. En México, hace 1500 años, los astrónomos llegaron a la misma conclusión; eligieron el Nevado de Toluca para instalarse y observar los astros, así como los fenómenos atmosféricos.[78] ¿Qué evidencia tenemos para hacer tal afirmación? Nada menos que el hallazgo de un monumento que se resistió al tiempo, al frío y al abandono. Se trata de una estela encontrada, en 1962, en el cráter norte del Nevado de Toluca a una altitud de 4330 $^{m}/_{nm}$.

78 Johanna Broda [2009] presenta interesantes aportaciones respecto a los alineamientos astronómicos de los volcanes.



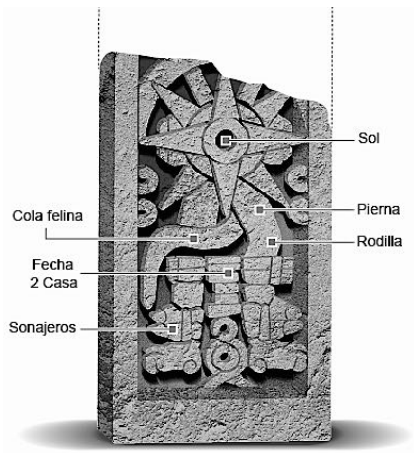
ARRIBA

Perfil orográfico del Nevado de Toluca destacando la ubicación del observatorio de alta montaña prehispánico identificado como NT-03 a 4330 $^{m}/_{nm}$, el sitio NT-11 corresponde a una de las estaciones de la ruta de ascenso proveniente de Zinacantepec. Apunte del autor sobre un perfil elaborado con Google Earth v. 7.1.

La Estela del Nevado de Toluca corresponde a la tradición cultural de Teotenango para el período Epiclásico. Es una escultura emplazada a gran altitud que servía para marcar el sitio exacto desde el cual se observaba sistemáticamente el aparente movimiento del Sol sobre el horizonte, este registro permitía calcular con suma precisión la duración del año teniendo como referencia el paso cenital del Sol. La estela personifica a un ser antropomorfo con rasgos de felino por sus garras y cola, en el abdomen porta al Sol, y entre las piernas ataviadas con olivas de caracol como sonajeros muestra la fecha calendárica 2 Casa. Se trata de un personaje emblemático que nos recuerda al dios Tlalchitonatiuh, el Sol cercano a la Tierra del *Códice Borbónico*. De toda la composición, el elemento principal es el disco solar que se representa según la tradición prehispánica de los códices *Borgia*, *Nuttall* y *Vindobonensis*, cuando se ilustra la región por donde sale el Sol [Montero, 2009a].

DERECHA

La Estela del Nevado de Toluca es una escultura al bajorrelieve bien trabajada, de buena ejecución y estilo. Lamentablemente, está mutilada en su parte superior. Dimensiones: 143 cm de alto, 40 cm de ancho y 18 cm de espesor.



La estela está instalada en un espacio agreste de alta montaña[79] donde continuamente se registran intempestivos vientos y temperaturas bajo cero, este sitio denominado El Mirador y catalogado como NT-03, presenta una sorprendente coincidencia

79 La alta montaña es un ambiente adverso, no apto para la habitación humana permanente, se registra por arriba de la cota altitudinal de 4 mil metros, donde no pueden prosperar los bosques por el clima extremadamente frío, ocasionalmente se encuentra por encima de la línea nival.

orográfica que fue aprovechada por los sabios de la antigüedad, pues encontraron un lugar desde el cual podían ver el levante del Sol durante el amanecer entre dos cimas conspicuas para su día de paso cenital. En un ajuste tan preciso -porque se trata de un horizonte crítico- qué sólo unos metros de diferencia alteran la alineación. Así fue como los astrónomos en el Nevado de Toluca pudieron calibrar el calendario a través de la posición del Sol con referencia a un marcador de horizonte natural conformado por los picos Heilprin Norte y Sur. Pero como todo procedimiento científico se requiere de una comprobación, y ellos lo lograron al articular dos sucesos para un mismo día: la salida del Sol entre los picos Heilprin y la ausencia de sombra lateral en la estela al mediodía. De esta manera, la estela funcionó no sólo como marcador, sino también como un *gnomon* [Montero, 2015a].



IZQUIERDA

Desde el sitio NT-03 donde fue instalada la Estela del Nevado de Toluca se observa como el Sol sale en la horqueta natural que conforman los picos Heilprin Norte y Sur para su día del paso cenital.

La estela tenía funciones específicas que permitía a los antiguos astrónomos registrar con suma atención el paso cenital del Sol, para así calibrar su calendario, con una exactitud tan sorprendente que sólo fue alcanzada por la cultura Occidental hasta el siglo XVI.[80]

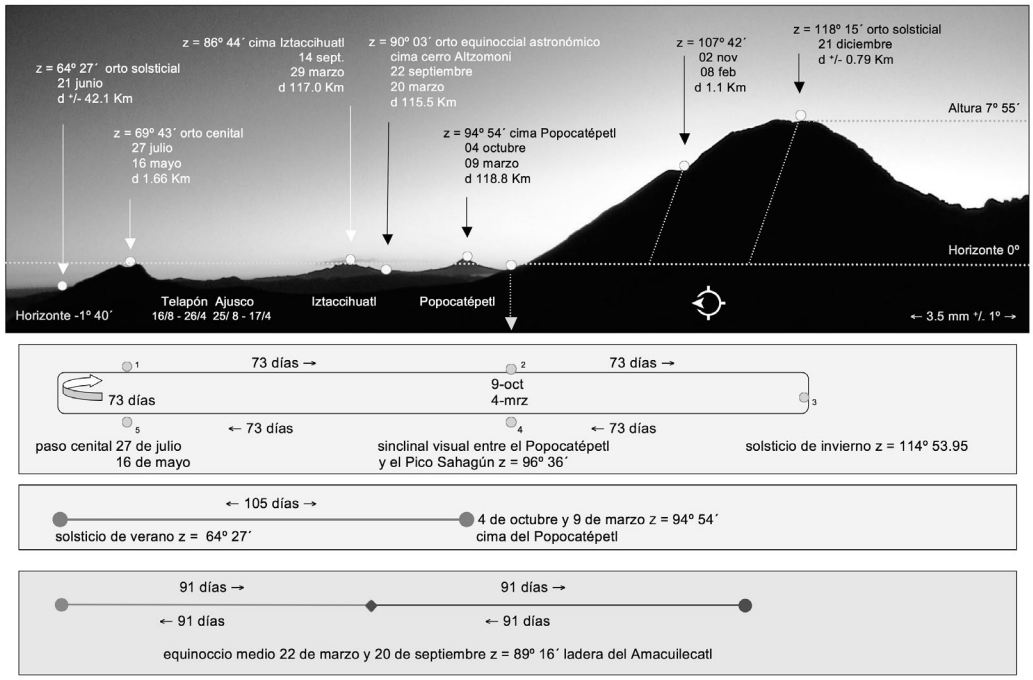
El modelo que divide el año en cinco secciones de 73 días expresado como familia 73, se cumple sorprendentemente para el Nevado de Toluca. Iniciemos con dos posiciones en el aparente sinclinal que se dibuja entre el Popocatépetl y el Pico Sahagún donde levanta el Sol para los días 9 de octubre y 4 de marzo, rumbo que es igual a la orientación que rige la traza de la Ciudad de México a partir del eje de simetría del Templo Mayor [Galindo, 2000], continuemos con las dos siguientes posiciones que corresponden al paso cenital del Sol, se trata de los días 16 de mayo y 27 de julio, y finalmente la última marca al extremo sur sobre la cima del Pico Sahagún el solsticio de invierno; más perfecto, imposible.[81]

80 Véase el concepto de año gregoriano en el apartado *5.3 Calendario* (p. 236).
81 Un caso muy similar se registra desde la Pirámide de las Flores en el sitio arqueológico Xochitécatl, véase p. 144.

Cuando analizamos el calendario de horizonte de NT-03, no limitamos posibilidades calendáricas, pues un horizonte como el del Eje Neovolcánico Transversal Mexicano con las montañas más altas de México permite que a lo largo de la trayectoria oeste-este de esta falla geológica sobre la latitud 19º norte, tengamos más marcadores de horizonte. Iniciemos con el volcán Popocatépetl de 5465 $^{m}/_{nm}$ a 118 km de distancia, el Sol levanta sobre esta cima los días 4 de octubre y 9 de marzo, desde esta posición es posible contar 105 días del 9 de marzo hasta el solsticio de verano, a la inversa es igual, del solsticio de verano al 4 de octubre son 105 días, se hace conmensurable la diferencia de 260 días para completar el año, lo cual conduce a la manifestación del *tonalpohualli*; consideremos ahora la posibilidad de marcar el equinoccio, la diferencia entre los equinoccios medio y geográfico es amplia como resultado de la diferencia en la altura del horizonte entre los solsticios, también difiere con el astronómico porque tenemos para esta posición un horizonte geométrico, de cualquier forma es posible marcar sobre el cerro Altzomoni el equinoccio medio.

ABAJO

La Estela del Nevado de Toluca se encontró en el sitio El Mirador, clasificado como NT-03 (φ 19º 06' 47.2" λ -99º 45' 14.7"). En la imagen se destacan las fechas calendáricas señaladas por las principales prominencias orográficas del horizonte.



La estela muestra al tiempo y al paisaje como deidades. Su posibilidad antropomórfica expresa la construcción simbólica del tiempo, que, con sus rasgos de jaguar, nos introduce a la fenomenología del *tremendis*, donde se apela al temor y, por lo tanto, a la autoridad y al poder. La estela es un símbolo de supremacía que ordena el espacio y el tiempo. En ella, se expresa el

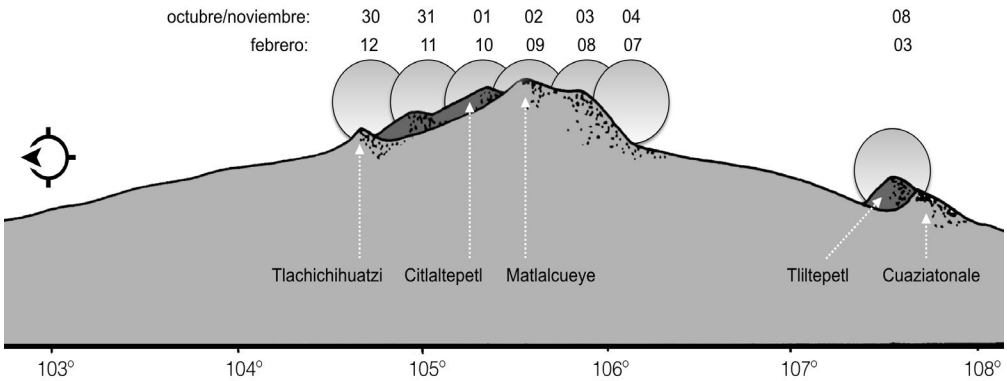
movimiento del Sol como una escritura celeste que los hombres podían interpretar a través del horizonte.

Consideremos otro ejemplo para este apartado, se trata del Monte Tláloc, un sitio excepcional en la historia de México. En la cumbre de la montaña se alza un sitio arqueológico que ha sido catalogado en el registro arqueológico de alta montaña como SRF-01 [Montero, 2004a: 137-140]. Este templo ancestral por sus amplias dimensiones logró concentrar la atención litúrgica de todo el Altiplano Central desde el período Preclásico hasta la primera mitad del siglo XVI, no obstante que la altitud del Monte Tláloc no es tan destacada como la de sus vecinos orográficos Iztaccíhuatl y Popocatépetl, gozó de gran importancia ritual que se encuentra ampliamente documentada desde los primeros años de la presencia europea en la región hasta la fecha, porque lo extraordinario del lugar es su adoratorio o *tetzacualco*[82] con su amplia calzada, que desde el pasado despertó la atención de ilustres historiadores como: fray Diego Durán, fray Bernardino de Sahagún, Francisco Xavier Clavijero, Fernando de Alva Ixtlilxóchitl, Muñoz Camargo y fray Juan de Torquemada, entre los más relevantes. Este adoratorio fue el *axis mundi* canónico de toda la montaña, y su cima fue también el punto focal de un marcador de horizonte que marcaba los movimientos celestes, los cuales suponemos fueron referencia obligada para regir un sistema calendárico. Encontramos entonces en este recinto la articulación entre el ritual ancestral, la montaña, la astronomía, y el calendario.

Para Morante [1997:123], el *tetzacualco* de la cima del Monte Tláloc representa una construcción de precisa orientación que señala la salida del Sol sobre La Malinche y el Pico de Orizaba para los días en que iniciaban los *nemontemi*, y terminaba el año mexica.

ABAJO

Desde el *tetzacualco* en la cima del Monte Tláloc, se divisan los volcanes Pico de Orizaba (Citlaltépetl) y La Malinche (Matlalcueye) alineados. El Sol levanta en fechas significativas: cuando marcha del equinoccio autumnal al solsticio de invierno anuncia el inicio de la temporada de secas el 2 de noviembre; a su regreso en febrero del 7 al 12 le corresponden los *nemontemi*.



82 *Tetzacualco*, voz náhuatl con la que Durán para el siglo XVI [1984, tomo I: 83] describe el patio ritual del Monte Tláloc.

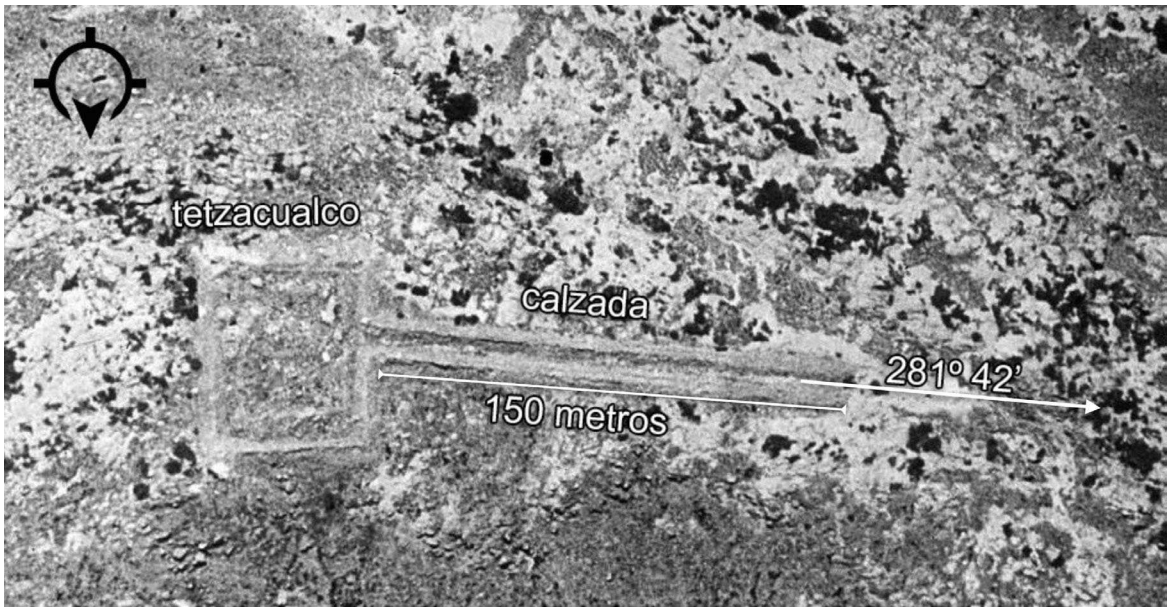
Por su parte Šprajc [2001a:331] estima que la desviación de los muros del edificio y sobre todo los de la calzada de acceso son significativos en términos astronómicos; al igual que para Iwaniszewski [1994a], Aveni *et al*. [1988] y Tichy [1991]. Sin embargo, todos los autores guardan divergencias en sus datos, pues el mal estado de los muros lleva a variaciones en los cálculos. Para Aveni [ibidem] el azimut del muro norte es de 273º 30' con lo cual considera apunta al Templo Mayor de Tenochtitlan; Iwaniszewski [ibidem] observa la orientación del mismo muro, pero al este, dando relevancia a los equinoccios para el amanecer con un azimut de 90º 30', encuentra además que el muro sur está orientado de manera diferente a 97º 30' lo que destaca una diferencia de 20 días después del equinoccio. Por su parte Ponce de León [1983] ha resaltado la importancia de la desviación de la calzada con referencia al oeste, que para Broda [1991] señala al cerro del Tepeyac, en tanto Šprajc [2001b] siguiendo la misma dirección va más lejos, hasta Tenayuca, donde Morante [1997: 118-123] ensaya sobre la importancia histórica y simbólica que une al Monte Tláloc con Tenayuca. Brotherston [1997:30] nos conduce más al oeste aún, hasta el límite de la cuenca de México, valiéndose del *Mapa de Tlatelolco* de 1550, nos lleva a la cima del cerro La Malinche en la Sierra de Monte Alto, porque en ese sitio en 1968 García Moll halló un par de magníficas estatuas: una de Tláloc junto con otra de Chalchitlicue;[83] según la interpretación de Brotherston, este sitio corresponde a una cosmovisión ritual que destaca los opuestos geográficos entre el Monte Tláloc y el cerro La Malinche, que no debemos confundir con el volcán La Malinche.

Animados por el planteamiento de Brotherston, en febrero de 2011, en iTiO nos dimos a la tarea de ubicar el cerro La Malinche, pues existen divergencias para su identificación, ya que en la cartografía reciente no se registra ninguna cima con ese nombre que concuerde con el mapa de García Moll,[84] así que suponemos corresponde al cerro La Catedral, que, por cierto, es la montaña más alta de toda la Sierra de Monte Alto. En su cima se alza una estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua, que no deja al descubierto ningún material arqueológico de superficie. Sin embargo, en un collado próximo por debajo

83 Véase un estudio detallado sobre estos ídolos monolíticos en Rivas, [2001].

84 Roberto García Moll [1968: fig. 7, pág. 27] ubica la cima del cerro La Malinche sobre la cota de 3800 $^{m}/_{nm}$, al oeste de Ixtlahuaca y al norte de la latitud 19º 30′. No obstante, es posible confundirlo con otro cerro La Malinche, en la misma Sierra de Monte Alto, que se registra en la cartografía reciente en el paraje de Villa Alpina, en San Francisco Chimalpa, con coordenadas φ 19º 26' 29.9" λ -99º 22' 19.4" y altitud de 3441 $^{m}/_{nm}$.

de la cumbre encontramos evidencia ritual con la acumulación de horadaciones en rocas erráticas contando más de 20 *xicalli*.[85] Estas horadaciones fueron un motivo relevante en las ofrendas a las deidades de los montes en la antigüedad [véase Montero, 2004a: 51; y 2005: 182]. Sorprendentemente encontramos que la calzada del Monte Tláloc apunta a este sitio[86] del cual dista 86 km con un azimut de 280º 41'. ¿Acaso esta sería su intención? Todas estas aseveraciones apuntan a diversas posibilidades, de tal suerte que la función calendárica y la orientación astronómica precisa del *tetzacualco*, aún no están del todo determinada.



ARRIBA

Fotografía aérea del *tetzacualco* del Monte Tláloc, destacando la orientación y el largo de la calzada. Fotografía cortesía de Johanna Broda.

Recordemos que según las antiguas crónicas, el *tetzacualco* del Monte Tláloc era un edificio cerrado, de altos muros, entonces cabe la pregunta de cómo podría haber funcionado desde su interior como un observatorio como alguna vez lo cuestionó Enrique Aguilar (*ca* 2010). Es más, ni siquiera se ha definido un punto preciso de observación al exterior del edificio. Y tal vez, las orientaciones y disposición de los muros estén determinados por la orografía y no por alineamientos precisos. Estos cuestionamientos nos llevan a considerar una propuesta diferente, donde la proyección de la sombra de la montaña sobre la cuenca de México al amanecer fuera significativa. Se trata de un fenó-

85 Al sitio le hemos denominado Cerro La Catedral, se le ha asignado el registro SMA-01, se ubica a φ 19º 33' 15.5" λ -99º 31' 12.8" con una altitud de 3711 m/nm.

86 Si aceptamos que la desviación de la calzada del *tetzacualco* del Monte Tláloc es de 281º 42' y según Šprajc [2001a: 330] este valor corresponde a valores medios, entonces la diferencia de un grado con el sitio arqueológico del cerro La Catedral me parece mínima.

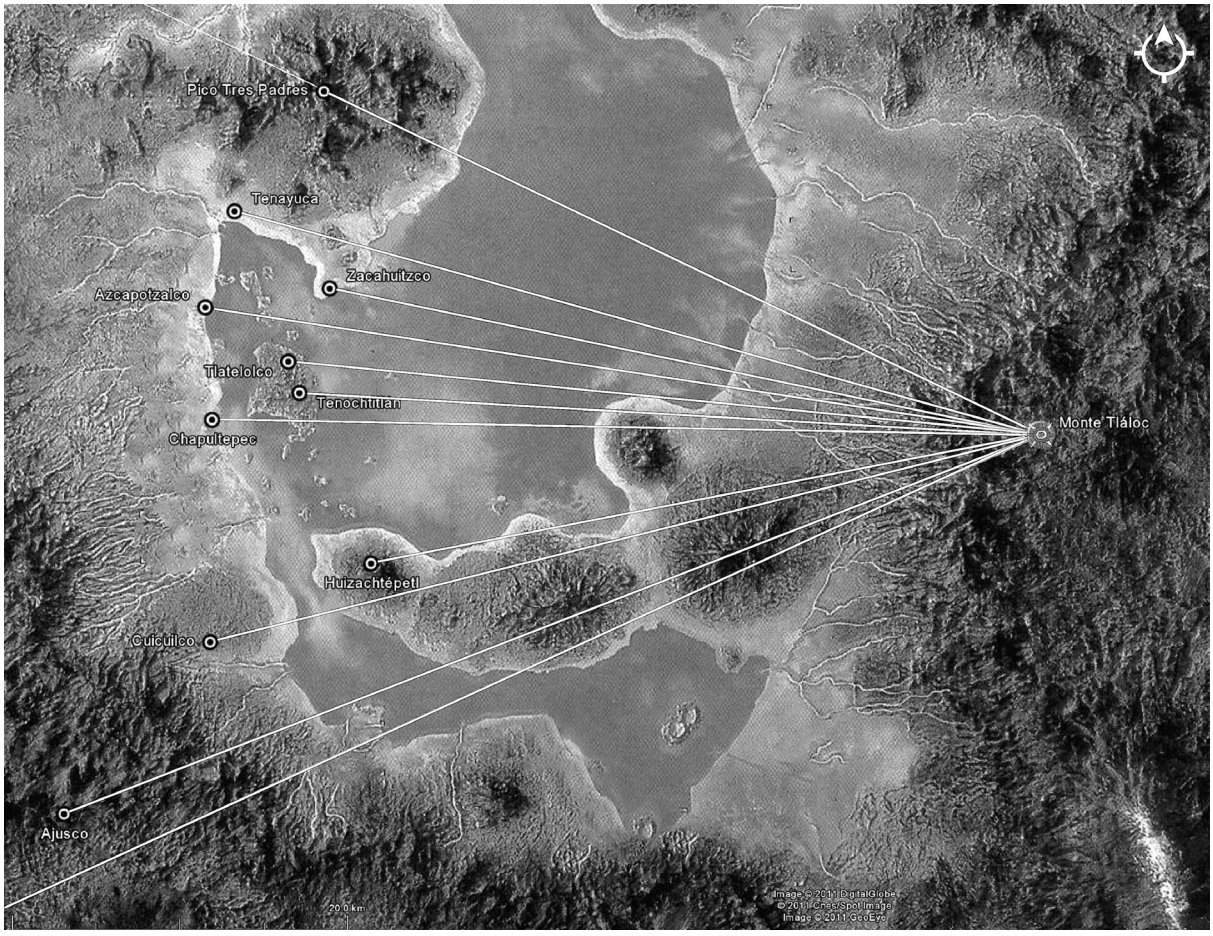
meno interesante, pues durante el año, la sombra va "tocando" con su vértice distintas poblaciones, a cada una le corresponde un momento distinto. Visto desde el lado opuesto, esto es desde la cuenca, cuando la sombra señala desde las alturas a una población, es porque desde la misma se está viendo salir el Sol sobre la cima del Monte Tláloc. Esta proyección del espectro de una montaña que se dibuja sobre los valles del somonte, la hemos apreciado en los sitios arqueológicos de Alta Vista en Zacatecas, en el cerro Teotón en Puebla y en el próximo ejemplo para los volcanes Popocatépetl y Pico de Orizaba.



ARRIBA

La sombra del Monte Tláloc se proyecta sobre la cuenca de México durante los *nemontemi*, fotografía de Jesús Martínez, febrero 10 de 2007.

Así que ensayé sobre un modelo cartográfico destacando los alcances máximos de la sombra, que corresponden a los solsticios, y resultó sugerente ver cómo la sombra cubre la totalidad de lo que hoy ocupa la Ciudad de México, teniendo como límites relativos al norte la Sierra de Guadalupe y al sur el volcán Ajusco. Ya en su oportunidad Jesús Galindo [2003] había demostrado que durante el amanecer de los solsticios, desde el "Aposento de Moctezuma" en el cerro de Chapultepec el Sol se levanta sobre la cima el Monte Tláloc, así también Šprajc [2001b:221] desde Tenayuca para el 12 de febrero y el 30 de octubre, y Broda [2001] desde Cuicuilco-Zacatepetl para el 30 de abril y 13 de agosto.



ARRIBA

La cuenca de México para el siglo XVI, destacando en las líneas la proyección del vértice de la sombra del Monte Tláloc. Montaje de los alineamientos y sitios sobre datos de Google Earth, e incorporando un mapa de la revista *Arqueología Mexicana*.

La intención para esta entrega es añadir más poblaciones de la cuenca de México, destacando los alineamientos sobre un mapa con la disposición urbana, lacustre y orográfica de ese entonces. Incorporando además en la siguiente tabla (elaborada en 2012), una memoria de cálculo con los datos precisos y las fechas estimadas para cada ubicación:

Cima del Monte Tláloc

Ubicación	φ 19º24´41.7" λ -98º42´44.8" / 14 Q 530158 - 2146467	Altitud	4125 $^{m}/_{nm}$	Datum	WGS84

Pico Tres Padres es la cima de la Sierra de Guadalupe, se han registrado evidencias arqueológicas en estas cumbres

Ubicación	φ 19º35´42.6" λ -99º06´57.0" / 14 Q 487853 - 2166688				Datum	WGS84
Altitud	2967 $^{m}/_{nm}$	Distancia	46957 metros	Z = 115º 40´	h = 1º 24´	
			Fecha	solsticio de invierno, 21 de diciembre		

Tenayuca, Edo. Méx. como sitio de observación la pirámide prehispánica, fecha que corresponde al inicio del año mexica

Ubicación	φ 19º31´55.6" λ -99º10´06.5" / 14 Q 482324 - 2159714				Datum	WGS84
Altitud	2254 $^{m}/_{nm}$	Distancia	49667 metros	Z = 105º 30´	h = 2º 09´	
			Fecha	12 de febrero y 30 de octubre		

Zacahuitzco, D. F. como sitio de observación la cima del cerro próximo al cerro del Tepeyac

Ubicación	φ 19º29´26.9" λ -99º06´50.3" / 14 Q 488041 - 2155140				Datum	WGS84
Altitud	2319 m/nm	Distancia	43033 metros	Z = 101º 40´	h = 2º 23´	
			Fecha	22 de febrero y 20 de octubre		

Cerro La Catedral sitio arqueológico en el collado entre el cerro La Catedral y el cerro Cuate registrado como SMA-01

Ubicación	φ 19º33´15.5" λ -99º31´12.8" / 14 Q 445431 - 216224				Datum	WGS84
Altitud	3711 m/nm	Distancia	86180 metros	Z = 100º 41´	h = 0º 16´	
			Fecha	23 de febrero y 19 de octubre		

Azcapotzalco, D. F. como sitio de observación la parroquia de Azcapotzalco

Ubicación	φ 19º28´50.5" λ -99º11´05.9" / 14 Q 480587 - 2154026				Datum	WGS84
Altitud	2248 m/nm	Distancia	50213 metros	Z = 98º 38´	h = 2º 08´	
			Fecha	02 de marzo y 12 de octubre		

Tlatelolco, D. F. desde el Templo Mayor de Tlatelolco

Ubicación	φ 19º27´06.0" λ -99º08´15.9" / 14 Q 485541 - 2150811				Datum	WGS84
Altitud	2229 m/nm	Distancia	44803 metros	Z = 95º 30´	h = 2º 25´	
			Fecha	09 de marzo y 04 de octubre		

Tenochtitlan, D. F. desde el Templo Mayor de Tenochtitlan

Ubicación	φ 19º26´05.7" λ -99º07´52.9" / 14 Q 486212 - 2148958				Datum	WGS84
Altitud	2229 m/nm	Distancia	44045 metros	Z = 93º 12´	h = 2º 28´	
			Fecha	15 de marzo y 28 de septiembre		

Chapultepec, D. F. como sitio de observación desde el "Aposento de Moctezuma" en Chapultepec

Ubicación	φ 19º25´13.7" λ -99º10´51.5" / 14 Q 682039 - 2105285				Datum	WGS84
Altitud	2300 m/nm	Distancia	49198 metros	Z = 91º 02´	h = 2º 07´	
			Fecha	Equinoccio, 20 de marzo y 22 de septiembre		

Huizachtépetl, D. F. desde la pirámide en la cima del Cerro de la Estrella

Ubicación	φ 19º20´38.0" λ -99º05´23.5" / 14 Q 490560 - 2138882				Datum	WGS84
Altitud	2434 m/nm	Distancia	40343 metros	Z = 79º 03´	h = 2º 24´	
			Fecha	19 de abril y 24 de agosto		

Cuicuilco, D. F. desde la pirámide del emplazamiento arqueológico

Ubicación	φ 19º18´05.6" λ -99º10´53.9" / 14 Q 480916 - 2134203				Datum	WGS84
Altitud	2330 m/nm	Distancia	50757 metros	Z = 75º 54´	h = 2º 01´	
			Fecha	27 de abril y 15 de agosto		

Ajusco, D. F. desde la cima norte de la montaña en donde se registra un sitio arqueológico

Ubicación	φ 19º12´45.9" λ -99º15´25.1" / 14 Q 472987 - 2124389				Datum	WGS84
Altitud	3890 m/nm	Distancia	61280 metros	Z = 68º 42´	h = 0º 12´	
			Fecha	20 de mayo y 24 de julio		

Al ejecutar este modelo,[87] la proyección nos llevó más allá de la cuenca de México, conduciéndonos hasta el Valle de Toluca, destacando sobre el paisaje dos montañas: el Nevado de Toluca y el cerro Jocotitlán, que por su orientación pudieron ser importantes, además de lo ya descrito para el cerro La Catedral. Resulta que un observador en la cima del Monte Tláloc verá salir el Sol sobre las cimas de los volcanes La Malinche y Pico de Orizaba para el 9 de febrero, durante los *nemontemi*, ese mismo día, al atardecer verá ocultarse el Sol sobre la ladera norte del Nevado de Toluca, de alguna forma podríamos decir que se conjugaban simbólicamente espacios muy distantes.[88] Con referencia al Jocotitlán durante los días de paso cenital del Sol sobre el Monte Tláloc (17 de mayo y 26 de julio) el Sol se oculta al norte de su cima. Para los tres casos presento las estimaciones en la siguiente tabla:

Nevado de Toluca — cima de la montaña

Ubicación	φ 19º06´06.8" λ -99º46´03.6" / 14 Q 419251 - 2112278				Datum	WGS84
Altitud	4690 m/nm	Distancia	116080 metros	Z = 252º 52´	h = 0º 16´	
			Fecha	4 de febrero y 6 de noviembre		

ladera norte (ubicación relativa)

Ubicación	φ 19º07´35.5" λ -99º45´41.2" / 14 Q 419918 - 2115001				Datum	WGS84
Altitud	4120 m/nm	Distancia	114659 metros	Z = 254º 05´	h = 0º	
			Fecha	9 de febrero y 1 de noviembre		

Cerro La Catedral — sitio arqueológico en el collado entre el cerro La Catedral y el cerro Cuate registrado como SMA-01

Ubicación	φ 19º33´15.5" λ -99º31´12.8" / 14 Q 445431 - 216224				Datum	WGS84
Altitud	3711 m/nm	Distancia	86180 metros	Z = 280º 41´	h = - 0º 16´	
			Fecha	15 de abril y 26 de agosto		

Jocotitlán — cima de la montaña

Ubicación	φ 19º44´13.8" λ -99º45´33.1" / 14 Q 420451 - 2182573				Datum	WGS84
Altitud	3900 m/nm	Distancia	115,500 metros	Z = 288º 24´	h = 0º 06´	
			Fecha	9 de mayo y 3 de agosto		

El *tetzacualco* de la cima, hizo eco en el imaginario colectivo de todas las comunidades a su alrededor, la arquitectura adquirió un carácter sobrenatural que permitió la demarcación del espacio. La montaña con su adoratorio marcaba un límite estricto,

87 Véase más detalle sobre la propuestas de las sombras en las pp. 126, 166-167. Respecto a la sombra del Monte Tláloc durante el amanecer toca al sitio Cerro La Catedral el 23 de febrero, y sobre esta misma cima el Sol se oculta el 15 de abril, destacando una diferencia de 52 días.

88 El Nevado de Toluca dista 262 km del Pico de Orizaba.

que correspondía a diversas funciones de la vida ritual. Las crónicas del siglo XVI destacan la estricta diferenciación social en este entorno, pues al interior del *tetzacualco*, considerado como el espacio íntimo del templo no todos los individuos accedían, estada destinado para destacados sacerdotes y gobernantes.

Cabe decir respecto al Monte Tláloc, que la evidencia arqueológica demuestra que desde el siglo I d. C., durante el Preclásico tardío, la cima concentró la atención de las comunidades asentadas en la cuenca de México. La lectura del entorno por donde el Sol transitaba cíclicamente permitió que el tiempo se ordenara espacialmente de manera intuitiva. Esta conceptualización dio paso a mecanismos que crearon un modelo del tiempo de una manera que no era posible para ninguna otra montaña del Altiplano entendida su posición con respecto a la cuenca de México. La acumulación simbólica a través de los tiempos desarrolló una fijación significativa incorporando en esta montaña formas durables que cada vez alcanzaron mayor volumen y densidad. En su cima se producían y reproducían las metáforas de la sociedad, ahí se materializaron y adquirieron formas complejas que el Estado mexica incorporó e institucionalizó. La organización del espacio en el Monte Tláloc muestra un desarrollo desigual con las demás cumbres, porque cada lugar posee una acumulación desigual de procesos de simbolización del espacio. Su apoteosis la alcanzó durante el Posclásico tardío con los mexicas, porque el Monte Tláloc se transformó en un absoluto social, en una montaña sagrada que respondía a la necesidad de un orden social entre distintas fuerzas políticas a ambos lados de la sierra, dispersas pero a la vez unidas y eventualmente en conflictos de poder. Religión y Estado se articularon como sacros históricos: poder político, poder sobrenatural y estructura social.

En la ladera poniente del Pico de Orizaba, al interior de un valle con drenaje al oeste, el cual se encuentra circunscrito por agrestes picos a 4137 $^{m}/_{nm}$, registré un adoratorio prehispánico a finales de octubre de 2017.[89] Este emplazamiento constituye el sitio arqueológico más importante del Pico de Orizaba por las dimensiones de sus muros, su temporalidad apunta al período Epiclásico (650-950 d. C.) y Posclásico temprano. Al sitio se le asignó la clave OR-17 y el nombre de Poyauhtlán.[90] Con anterio-

89 Agradezco la participación de los guías de montaña Rodolfo Hernández, Martín Moreno, Nadia Mota y Ariana Jiménez; así como la asesoría de los arqueólogos Lourdes López Camacho y Osvaldo Murillo.

90 Poyauhtlan, vocablo náhuatl compuesto por las palabras: *poyahui*, aclararse, hacerse ligeras las nubes; *tlan*, cerca o junto, se traduce como "Donde se aclaran y aligeran las nubes". Nombre especial que se daba a la región alta de Ahuilizapan (Orizaba) por las nubes claras y ligeras de las cimas de las

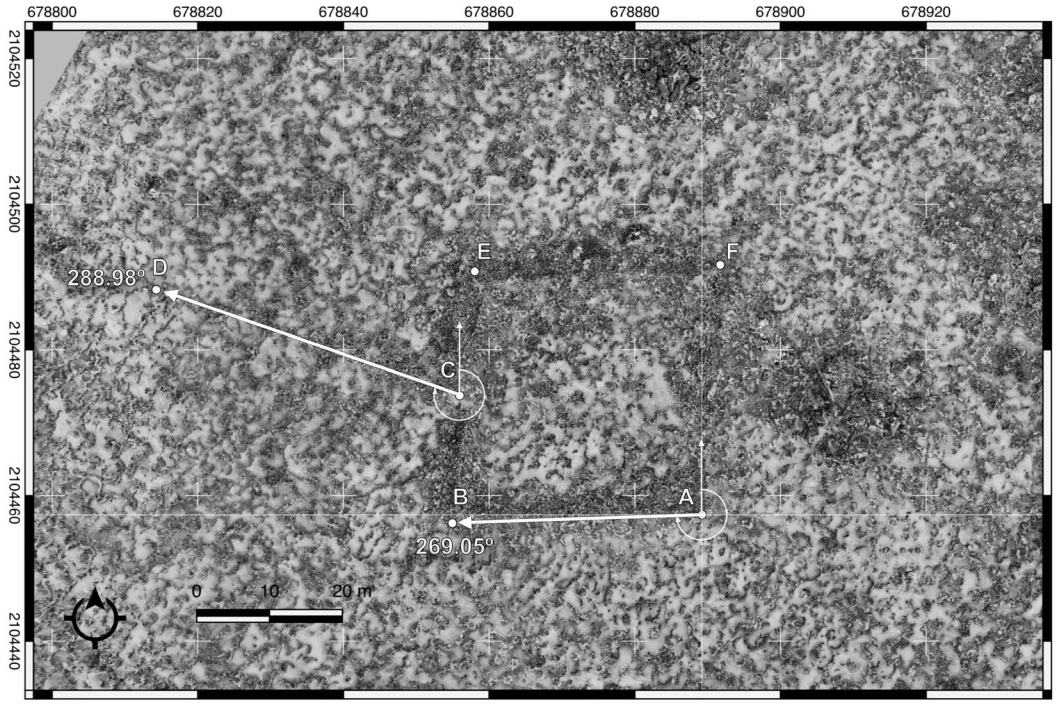
ridad a la exploración de 2017, se había publicado una fotografía aérea georreferenciada del área donde se distinguía una estructura rectangular [Montero, 2005: 63], del análisis fotográfico se dedujo que podría tratarse de un adoratorio prehispánico de los denominados *tetzacualco*. Aunque 60 años antes, en 1957, el arqueólogo José Luis Lorenzo, también había estimado esta alteración del terreno al analizar una fotografía aérea suponiendo que se trataba de un sitio arqueológico. En 1994, intenté localizarlo, pero fue en vano, porque habitualmente se encuentra por debajo de una capa vegetal de zacatonales que lo oculta, fue hasta 2017 que apoyado por la tecnología del posicionamiento global de tipo navegador (GPS) y el uso de una aeronave no tripulada pilotada a distancia (RPAS) se pudo ubicar el sitio. Poyauhtlán (OR-17), gracias a su aislamiento y mantenerse encubierto no presentó evidencias de saqueo ni destrucción, convirtiéndose en un hito para la arqueología de alta montaña en México, pues todos los sitios registrados hasta el cierre de esta edición en el país muestran huellas de alteración y saqueo.

Aplicando la moderna tecnología de la fotogrametría digital, podemos apuntar las siguientes dimensiones para el sitio: muro sur 35 m (segmento A-B), muro oeste 35.7 m (segmento B-E), muro norte 35.6 m (segmento E-F) y muro este 35.2 m (segmento F-A), con un área de 1188 m². Es necesario apuntar que presenta una singular geometría y dimensiones que son atendidas en el apartado *Tipo P. Las formas geométricas* (pág. 182), junto con otros sitios arqueológicos de la alta montaña.

El sistema constructivo que es una barda perimetral presenta hiladas de piedras de basalto, que a simple vista tienen como aglutinante sólo tierra; los muros van de 1 a 1.50 m de ancho, y despliegan una altura que va de 0.40 a 1 m. La estructura está cubierta en parte por zacatonales, arena y materiales volcánicos de la erupción acontecida en el año 1566 [Hoskuldsson y Robin, 1993: 584], la cual casi sepulta el sitio hace menos de 500 años.[91] Resulta interesante que la edificación presenta un camino al poniente, que al parecer es la culminación de una calzada de acceso (segmento C-D).

montañas. Al Pico de Orizaba llamaban los antiguos mexicanos Poyauhtecatl, esto es, de Poyauhtlan, nombre que también se le asignaba al 5º edificio de los 78 que comprendía el Templo Mayor de México [Robelo, 2001: 335].

91 Para el siglo XVI, según Hoskuldsson y Robin [1993: 584] se manifiesta actividad eruptiva en el Pico de Orizaba con corrientes de lava emanadas en los años 1537, 1545 y 1566, y ya entrado el siglo XVII un evento más para 1613.



ARRIBA

Ortofotografía georreferenciada del sitio arqueológico OR-17, un *tetzacualco* en el Pico de Orizaba a 4,137 $^{m}/_{nm}$. Se destacan los rumbos del muro sur (A-B) y la calzada de acceso (C-D). Retícula de 20 m en coordenadas UTM.

Durante la prospección, la arqueóloga Lourdes López identificó materiales cerámicos en superficie, con formas similares a las de las fases Xolalpan, Metepec y Coyotlatelco. Respecto a los objetos líticos, se hallaron restos de pizarra, navajillas y puntas de flecha de obsidiana gris, algunas tan intemperizadas que muestran una tonalidad blanquecina. No encontramos evidencias de saqueo o alteración, ya que el sitio arqueológico no está dentro de los recorridos habituales de los montañistas, ni tampoco se observan elementos del culto granicero contemporáneo ni histórico.

Resulta significativo que el muro sur (segmento A-B) tenga una orientación Z = 269.05° próxima al oeste astronómico y por lo tanto a los equinoccios de primavera y otoño. En su trazo el muro señala a la cima del volcán Popocatépetl, distante 140 km; es necesario apuntar que, durante los equinoccios, la sombra del Pico de Orizaba al amanecer apunta a la silueta del Popocatépetl y para el ocaso, el Sol se oculta justamente por la cima del Popocatépetl.[92] Este par de acontecimientos visuales que articulan

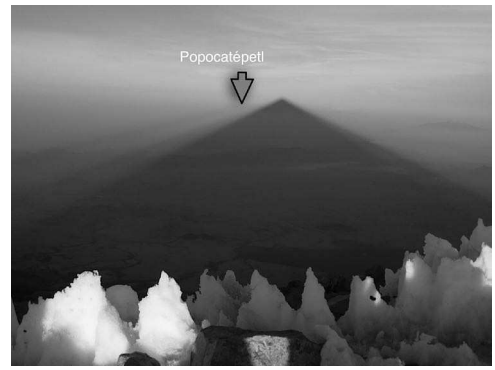
92 Desde 1986, Rubén Morante consideraba la cima del Pico de Orizaba como un marcador de horizonte, en la pág. 9 de su libro *Los alineamientos mágicos de las pirámides mesoamericanas*, menciona: "así vimos, por ejemplo, desde el Popocatépetl en los equinoccios y desde Teotihuacán en el solsticio de invierno, salir el sol exactamente atrás del Pico de Orizaba", cabe decir que ver desde Teotihuacán el Pico de Orizaba no es posible. La propuesta de alineaciones distantes ya había sido ensayada en 1978 por el locutor de televisión Pedro Ferriz Santacruz y el arqueólogo francés Christian Siruguet, en su libro *Los OVNI y la arqueología en México*, de editorial Diana, con alineaciones para

entre sí a dos icónicos volcanes, sin duda tuvo una repercusión simbólica en el imaginario ritual de antaño y bien podría considerarse para el *Tipo H. Juegos de luz y sombra*.

Con referencia a la calzada de acceso apunta al oeste con z = 288.98° +/- 1° señala al ocaso del Sol para los días próximos a su paso cenital el 16 de mayo y 26 de julio, o bien al 14 de mayo, fecha que corresponde al inicio de la trecena que señala la mitad de los días entre el 12 de febrero y el 13 de agosto, entre ambas se cuentan 182 días, medio año. La variación en la orientación obedece a los escombros que hay sobre el trayecto, una excavación se hace necesaria para delimitar con exactitud el rumbo y comprobar cuál es el acertado: el paso cenital o el medio año.

Las fechas del 12 de febrero y 29 de octubre vuelven a ser significativas para el Pico de Orizaba, pero al otro lado de la montaña, en el adoratorio Torrecillas Rojas (OR-13) a 4117 $^{m}/_{nm}$, se trata de un pequeño *cue*[93] desde el cual al amanecer el Sol levanta sobre el volcán de San Martín Tuxtla, una de las cimas más relevantes del Golfo de México asociada a la cultura olmeca, esto significa que se establece una alineación visual lejana como lo es la costa del Golfo con el Altiplano Central.

En el caso anterior para ejemplificar esta tipología se apuntó sobre la alineación visual a contraluz desde la cima del Monte Tláloc con el volcán La Malinche y el Pico de Orizaba, para el amanecer de los días *nemontemi* al final del año mexica [Morante, 1997]; resulta interesante que la vista opuesta a este suceso corresponde justamente al sitio OR-17 para el ocaso con las fechas teotihuacanas del 13 de agosto y 29 de abril, cuando el Sol se oculta detrás del volcán La Malinche.



ARRIBA

La sombra del Pico de Orizaba se dibuja próxima al volcán Popocatépetl para el día 2 marzo de 2012 al amanecer. Fotografía de Summitpost.

4.4.3.2 Tipo O. En cavernas

Parece extraño proponer una relación tangible entre las cavernas y los astros, pues los techos de las formaciones subterráneas impiden admirar el cielo en su totalidad; sin embargo, en la prolífica imaginación mesoamericana, el vínculo se hizo efectivo y podemos considerar una articulación *caverna-observatorio*.[94] A diferencia del *Tipo K. Tubos de luz*, estos observatorios son cuevas

el Tajín, Teotihuacán y Cholula, que por cierto ajusta con los cerros Teotón, Tecajete y Cerro Gordo.

93 Mide 5.50 × 7.10 m, su eje de simetría al sur es z = 148° y al este z = 60°, se ubica en φ 19° 0' 37" λ -97° 14' 54".

94 Véase más detalles sobre el concepto de la *articulación caverna-observatorio* en Montero [2011d: 174-184].

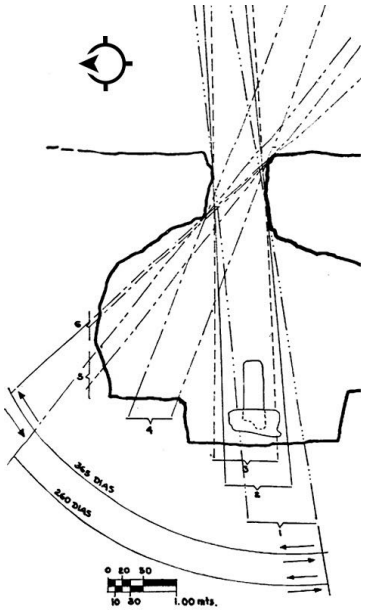
naturales acondicionadas,[95] aunque siguen el mismo principio de una apertura en el techo por donde pasa un haz de luz, no se trata de un tubo como se ha definido en la página 132, sino de una claraboya de escaso espesor que es producto de un proceso graviclástico.[96] La relación entre las cuevas y los astros no sólo es mítica como se expone en el apartado *5.2 Cosmovisión*, también es tangible en claraboyas naturales que fueron acondicionadas para proyectar la luz del cielo en el *Inframundo* a la manera de un instrumento de abstracción científica.[97]

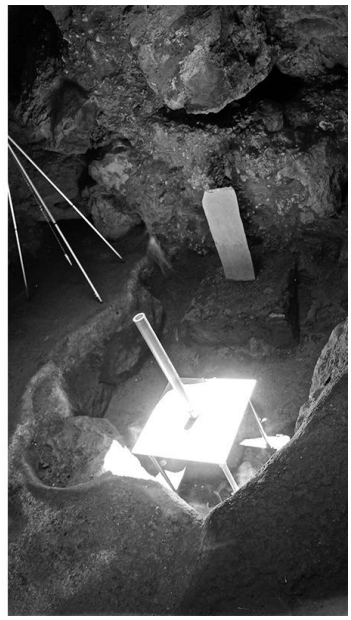
Iniciemos en Teotihuacán. La Cueva Ceremonial es una pequeña cavidad natural de origen volcánico.[98] Se encuentra 270 m al sudeste de la Pirámide del Sol, el acceso es por el tragaluz del techo que está delimitado en superficie por una plataforma circular. El ingreso resulta accidentado pues hay que descender al vacío ya sea por una cuerda o introduciendo una escalera. En el fondo, al nivel del piso se encuentra una depresión en la parte central, ahí se encontró una laja incrustada de forma vertical orientada al oeste con $z = 2°$ a la manera de una delicada estela astronómica. La laja es parte de un altar de barro que está adosado a la pared de la cueva, mide 70 cm de alto por 25 cm de ancho y unos cuantos centímetros de espesor. A pesar del escombro depositado por siglos a su alrededor, no ha sufrido la delicada pieza daño alguno [Soruco, 1991]. Los rayos de luz que pasan a través del tragaluz iluminan la cámara marcando efectos de luz y sombra sobre la laja que funciona hasta nuestros días como un reloj solar que señala con precisión los días del paso cenital del Sol, el solsticio de invierno y los equinoccios [Soruco, 1991:294].

Durante la excavación arqueológica de la cueva se extrajeron más de 80 piezas entre vasos, cajetes y ollas de la fase Tlamimilolpa, también se hallaron fragmentos coloniales y contemporáneos. Al parecer la cueva fue acondicionada a fines de la fase Miccaotli (150 d. C.) y principios de Tlamimilolpa y abandonada en Xolalpan, Metepec (650 d. C.). La Cueva Ceremonial de Teotihuacán tuvo un gran significado respecto al conocimiento astronómico y perfeccionamiento en el control del tiempo al saber interpretar el haz de luz que penetra y su combinación con el altar y la laja en el manejo del calendario, aunque sabemos

95 Un trabajo primordial sobre el tema es el de Morante [2001].
96 Véase este proceso geológico en Montero [2011d: 31].
97 Respecto a la validación de la astronomía prehispánica como ciencia véase a Broda [1982] y Neugebauer [1962].
98 Los materiales ígneos de la cavidad son rocas basálticas y piedras de tezontle provenientes del macizo volcánico de cerro Gordo activo para el Plioceno superior, como es el caso de todas las pequeñas cavidades de la región que responden a la misma espeleogénesis.

que no es la única en Teotihuacán, si es su mejor ejemplo al momento [Morante, 1995: 37-38].





IZQUIERDA

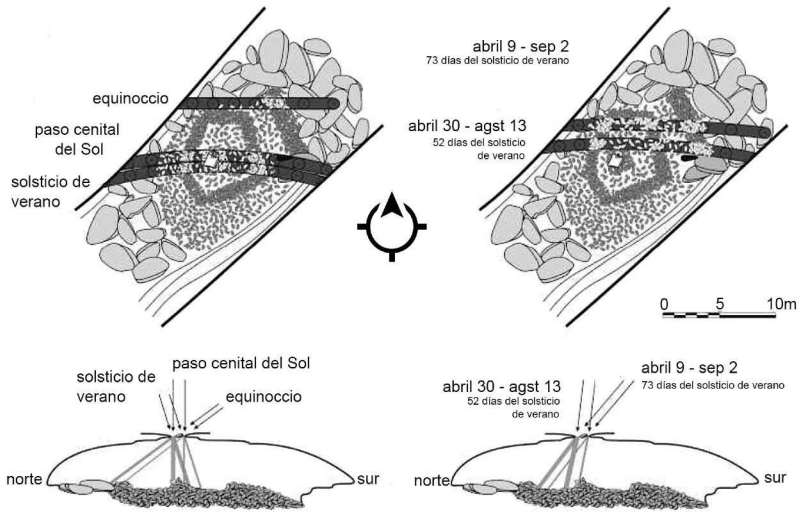
Cueva Ceremonial de Teotihuacan. Izquierda, corte con el cálculo de la proyección solar en su interior según Soruco [1991: fig. 1]; derecha, registro del paso cenital del Sol realizado por el autor con un gnomon y video en el año 2013.

Consideremos ahora el sistema cavernario de Tzinacamóztoc o Chinacanoztoc en Cantona, donde los sabios del pasado registraron la salida del Sol al centro del cerro Huacaltepec desde la Pirámide de El Mirador en la Plaza Oriente, como lo vimos en la pág. 152; la ausencia de sombra lateral al mediodía, podía ser registrada con un gnomon o con una estela, y finalmente valiéndose de la iluminación vertical en un espacio oscuro a través de un tragaluz natural como sucede hasta nuestros días en la cueva Tzinacamóztoc. Esta formación subterránea, ubicada 10 km al norte del centro cívico religioso principal de Cantona, y a escasos 3 km del extremo norte de la ciudad de Cantona, se formó como producto de una colada de lava sobre la pendiente suroeste del cerro Arenas. La cueva por su espeleogénesis tiene la forma de un túnel, en su trayectoria encontramos espacios con techos colapsados, en uno de los salones el proceso milenario de colapso ha derivado en una ventana natural o claraboya, la cual ilumina la formación subterránea natural; esta coincidencia de la naturaleza fue aprovechada por los sabios de la antigüedad, que en este espacio construyeron un recinto con un montículo central para que fuera iluminado con precisión durante el año y sirviera -al menos así lo supongo- como un observatorio astronómico. Estudios recientes realizados por los espeleólogos Espinasa y Diamant [2012] se han centrado en la modelación detallada asistida por computadora para obtener la traza del haz de luz proyectado sobre la estructura pentagonal y el piso de

la cueva, que según resultados preliminares apunta a destacar secuencias calendáricas de 73 días que corresponde a la familia 73. Según los investigadores se destaca la trayectoria para el equinoccio casi paralela a la pared norte del recinto, en cambio, durante el paso cenital del Sol la trayectoria toca el montículo central y la profunda grieta en la pared, para el solsticio de verano pasa por el este y el oeste de las esquinas de la estructura. En la figura inferior derecha, las fechas de 52 días antes y después del solsticio de verano, el rayo del Sol divide las paredes al noroeste del recinto.

DERECHA

Trayectorias del rayo del Sol y su tubo de luz en las fechas astronómicas y calendáricas en la cueva de Tzinacamóztoc, según Espinasa y Diamant [2012: 592, fig. 8].

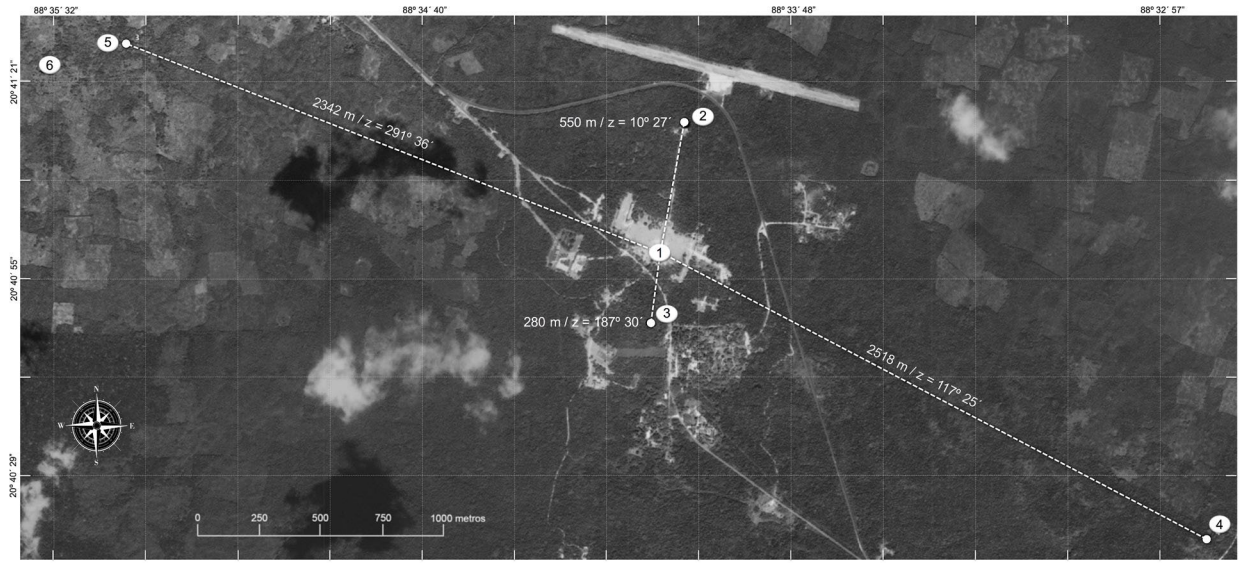


En ocasiones los observatorios del cielo se instalaron en lugares de difícil acceso, en los mismos confines de lo mundano, en el linde de lo conocido, en la puerta que lleva al hombre hasta el inframundo. Este es el caso del cenote de Holtún, una investigación reciente que ha merecido su publicación por parte de la Unesco [Montero, 2016b] por su extraordinaria composición y alineación con la pirámide del Castillo en Chichén Itzá, pues la escalinata oeste de la pirámide con z = 292° 30' apunta al ocaso del paso cenital y con un solo grado de desviación a la minúscula entrada del cenote de Holtún,[99] que dista a 2.5 km.

La pirámide del Castillo se levanta justamente entre dos cenotes, esta particularidad ya se había destacado desde el siglo xix [v. Asensio, 1900: 24-26] y en su momento también la advirtió Ignacio Marquina [1981: 836] destacando al norte el cenote de los Sacrificios y al sur el cenote de Xtoloc; esta alineación hoy se complementa con la propuesta de Guillermo de Anda [Gui-

99 Véanse detalles de esta alineación en el apartado siguiente *Tipo P. Las formas geométricas* (pág. 182).

llermoprieto, 2013: 111], quien encuentra al este el cenote de Kanjuyum, y al oeste el cenote de Holtún, se forma así un patrón significativo asociado a las entradas del inframundo, región inferior del plano terrestre por donde míticamente tenía que pasar el Sol una vez que se ocultaba por el oeste, para resurgir después de su viaje nocturno por el este. Estudios recientes de geofísica guiados por René Chávez, demostraron a través de la técnica de tomografía de resistividad eléctrica tridimensional no convencional que El Castillo se levanta sobre un cenote, conformando así el eje de un singular trazo en el que se superponen alineaciones que unen a la pirámide con los otros cuatro cenotes, uno por cada rumbo cardinal, conformando un quincunce natural que marca el propósito de los urbanistas por hacer implícito su modelo particular del cosmos.



Parece extraño proponer al cenote de Holtún como un observatorio astronómico, sobre todo al considerar que el techo impide admirar el cielo en toda su extensión; sin embargo, el ingenio maya hizo posible vincular al inframundo con los cielos. En Mesoamérica este modelo es recurrente, por lo general, se acondicionaba un salón con una apertura en el techo para que la cueva funcionara como una bóveda oscura, es así como se registraba sistemáticamente el aparente movimiento del Sol por la incidencia de sus rayos a través de una claraboya, que al contrastar con la oscuridad provocaba un efecto de luz que sin duda era elocuente. Este "chorro de luz" alcanzaba ángulos distintos durante el año, señalando fechas prominentes del calendario y registrando en su momento el paso cenital del Sol. En Chichén Itzá, el cenote de Holtún cumple con este modelo y lo lleva a lo

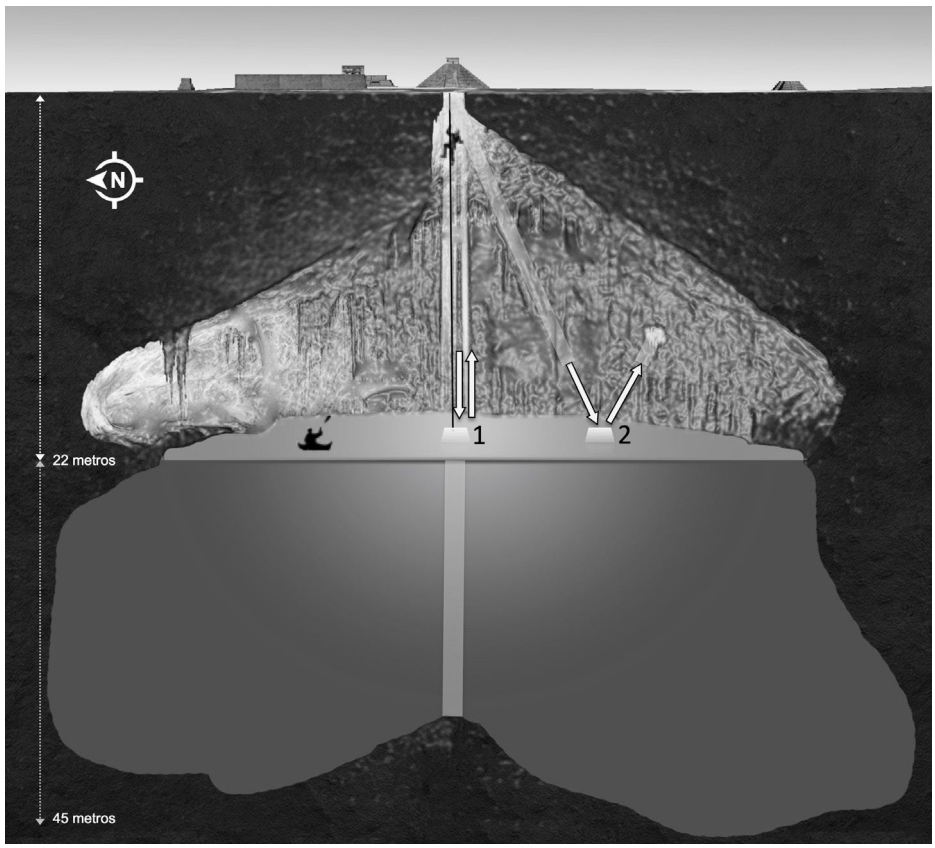
ARRIBA

Cosmorama de Chichén Itzá propuesto por de Anda respecto a la pirámide de El Castillo, sobrepuesto a una imagen de Google Earth para destacar la ubicación cartográfica de sus cenotes: 1) pirámide de El Castillo, al centro; 2) cenote Sagrado, norte; 3) cenote Xtoloc, sur; 4) cenote Kanjuyum, este; 5) cenote Holtún, oeste; 6) templo de las Seis Columnas. Se presenta para cada cenote su distancia en metros y azimut respecto a la pirámide de El Castillo.

extraordinario porque la cámara no despliega un piso de tierra, sino un cuerpo de agua cristalina. Cuando un haz luz entra al cenote y toca el espejo de agua 22 metros por debajo del techo, el haz se refleja en las paredes y al mismo tiempo se refracta en las cristalinas aguas. Así que antes y después del cenit, y en otros días, los rayos del Sol entran inclinados reflejándose en el techo del cenote; pero cuando el Sol está en el cenit, los rayos entran verticalmente al inframundo y pueden regresar al cielo, tal fue la importancia del cenote, que los mayas tallaron la entrada de forma geométrica para que el haz de luz se proyectara como un perfecto rectángulo, que por su proporción áurea se trata en la siguiente sección *Tipo P. Las formas geométricas* (pág. 182).

DERECHA

Aspecto del cenote de Holtún y su función astronómica. Los mayas tallaron en la boca del cenote una entrada en forma de rectángulo para encauzar los rayos verticales del Sol cuando éste alcanzara el meridiano: 1) un haz de luz entra vertical los días 23 de mayo y 19 de julio, durante el paso cenital del Sol; 2) antes y después del cenit del Sol, y en otros días, los rayos se distorsionan dentro del cenote y se reflejan en el techo.



Un difrasismo del período Clásico maya hace conmensurable el criterio que articula la estructura del cosmos en tres niveles, se trata de *Chan Kab' Che'e'n*, traducido como: el Cielo, la Tierra, el Pozo. Ensayemos con Holtún: el Cielo en referencia a la bóveda celeste con el Sol cenital; la Tierra como el plano terrestre expresado arquitectónicamente en la pirámide de El Castillo; y el Pozo que corresponde al inframundo con el cenote de Holtún. Para Mercedes de la Garza, *et al*. [2016] la expresión *Chan Kab' Che'e'n* alude al espacio ceremonial central de las capitales

mayas. Es un complejo metafórico que define lugares en algún sentido genérico y culturalmente definido, una forma lingüística que conjuga varias palabras para ofrecer un concepto alusivo. Un caso interesante citado por Martin y Velásquez [2016: 25] sobre *Chan Kab' Che'e'n* es la expresión del período colonial para designar a Chichén Itzá como *Tu chi cħeen itza*, que se traduce como "en la encantadora cueva/ciudad de los itzaes". Considerado así la construcción gramatical, podemos decir que de alguna forma es análoga al *altepetl* del Altiplano Central de México, en lo que se puede considerar una conciencia socio espacial compartida en gran parte de Mesoamérica durante el Posclásico.

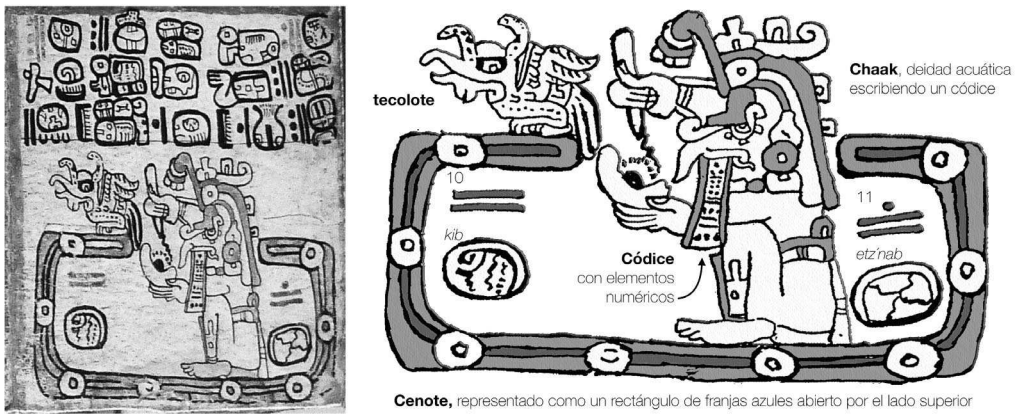


IZQUIERDA

Glifo y vocablo del difrasismo maya *el Cielo, la Tierra y el Cenote,* presentado por Mercedes de la Garza durante el "Primer Congreso Internacional del Gran Acuífero Maya", en la ponencia *Simbolismo religioso del agua*, Playa del Carmen, Quintana Roo, 9 de marzo de 2017.

Ya sea como *Chan Kab' Che'e'n* o si se prefiere *Tu chi cħeen itza*, se conforma a nivel simbólico una modalidad verbal que al igual que *altepetl* son el eje de una identidad comunal que remite a la cosmovisión en función de un espacio geográfico. La cosmovisión es entendimiento, es percepción y contemplación del mundo. No es necesariamente religión. El espacio geográfico fue advertido en un aspecto puramente perceptivo, lejos de los modernos conceptos geográficos.

Un apunte más para culminar resaltando la importancia de los cenotes. Los cenotes fueron espacios sacralizados considerados residencia de deidades y sitios adecuados para albergar la erudición o para dictar el destino de la humanidad. Para ilustrar este criterio considero conveniente recurrir al *Códice Madrid* o *Tro-Cortesiano* en su página 73b, ahí Chaak, deidad acuática por excelencia escribe: con una mano sostiene una vasija con tinta, con la otra empuña un pincel, una tira de papel sale de su boca, puntos y rayas se aprecian. ¿Acaso son los números que establecen un calendario? Chaak está dentro de un cenote, iconográficamente se representa como un rectángulo que presenta una abertura en la parte superior, el trazo está matizado por franjas azules con una línea ocre central, ocho chalchihuites adornan la composición. Al interior del cenote dos días del calendario *tzolkin*: en la sección de la izquierda el glifo del día *kib* con el numeral diez y en la porción derecha el glifo de *etz´nab* con el número once. Una lechuza o tecolote remata la alegoría en la parte superior, es un ave asociada al inframundo [Domínguez, 2013].



ARRIBA

Página 73 b del *Códice Madrid* o *Tro-Cortesiano*. Chaak, la deidad acuática escribe al interior de un cenote. A la derecha dibujo del autor.

Así fue como la fundación de algunas ciudades en Mesoamérica, como es el caso de Chichén Itzá, estaban regidas por su orientación con los astros y su relación con la naturaleza hecha paisaje; en este caso se valieron del uso ritual de cavernas y cenotes.

4.4.4 Modelo matemático

Poco se ha publicado en la literatura especializada respecto a las matemáticas prehispánicas y menos aún desde la arqueoastronomía,[100] no obstante que la ciencia del cielo está ligada al conocimiento matemático y geométrico. La atención se ha centrado en la calendárica y sus números, pero no a las formas y proporciones de los adoratorios; así también se ha prestado más atención a los observatorios prehispánicos desde la arquitectura con un discurso descriptivo y de estilos a la manera de ensayos de historia del arte y en poca medida a un análisis matemático. A continuación, se presentan cinco sitios arqueológicos en un intento diagnóstico desde la geometría como rama de las matemáticas.

4.4.4.1 Tipo P. Las formas geométricas

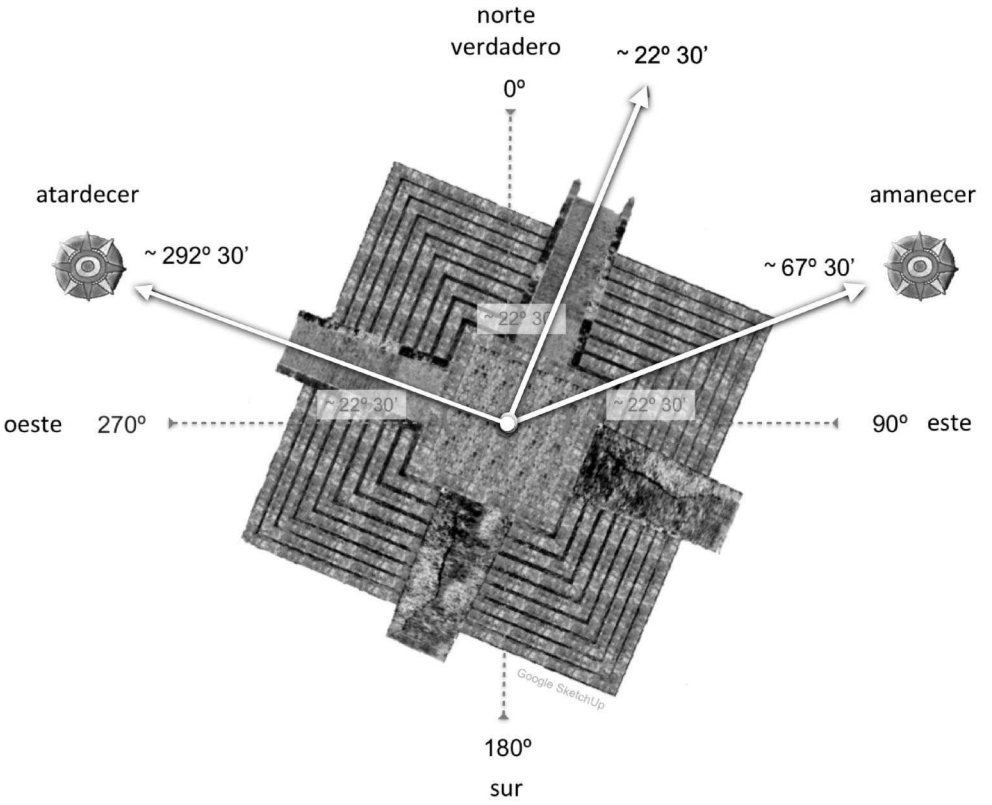
Los adoratorios, templos y edificios utilizados como observatorios astronómicos en Mesoamérica hacen manifiesta hasta

100 Una excepción es el libro *Numerología astronómica mesoamericana en la arquitectura y el arte*, de Margarita Martínez del Sobral, editado por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México en el año 2010. Una obra que procede de una arquitecta y no de profesionales de la arqueología.

nuestros días la cosmovisión de sus constructores. La cosmovisión ancestral se proclamaba en la piedra y se armonizaba en la arquitectura donde el diseño y las proporciones explícitas en unidades de medición eran la voz de lo simbólico. La geometría se sacralizó al declarar el movimiento de los cielos en los alineamientos y orientaciones. Fue así como se logró una plenitud de significados con tal coherencia que institucionalizó un lenguaje matemático que es posible interpretarse siglos después por su precisión. Los códigos geométricos y aritméticos enunciaban realidades arquetípicas que constituyeron categorías propias del pensamiento que hicieron del hombre un auténtico intermediario entre lo conocido y lo desconocido del Universo.

La pirámide de El Castillo en Chichén Itzá, es el punto de partida para esta tipología geométrica, pues resume la erudición de las matemáticas mesoamericanas de manera sorprendente. Empecemos trazando en el imaginario un perímetro circular alrededor de la pirámide, al delinear la circunferencia se hace imprescindible un punto fijo, un centro que se constituye como eje para un origen y un orden, es la pirámide como *axis mundi*. El centro se extiende a la periferia y llega hasta el horizonte visible por trayectorias que permiten dividir geométricamente al círculo en partes iguales que hacen conmensurable el *mundo*. La primera división del horizonte como el gran círculo imaginario recae en la bipartición, consideremos entonces la línea E-W, que es la primera vertical: ascenso y descenso del Sol durante el equinoccio como eje primordial; la segunda partición es perpendicular a la primera, obtenemos entonces el eje N-S, que es la meridiana. El círculo está dividido en cuatro partes. Continuemos dividiéndolo por mitades simétricas hasta obtener 16 divisiones, tenemos un hexadecágono [Montero, 2013a: 156]. Cada ángulo interno del hexadecágono regular es de 22º 30', lo cual es acorde con la desviación para el eje de simetría de la pirámide con respecto al norte celeste. Sumemos más divisiones de 22º 30' hasta obtener 67º 30', este es el rumbo que concierne a la salida del Sol en la mañana del día del paso cenital. Adicionalmente, el ocaso del Sol está orientado para ese mismo día a 292º 30', que corresponde a 13 veces 22º 30'. Con un norte astronómico establecido y un rumbo determinado por el paso cenital del Sol dentro de un hexadecágono regular, planteo que los mayas dieron cuenta de ello y lo plasmaron en la pirámide de El Castillo, ajustando la astronomía y la geometría en un edificio.

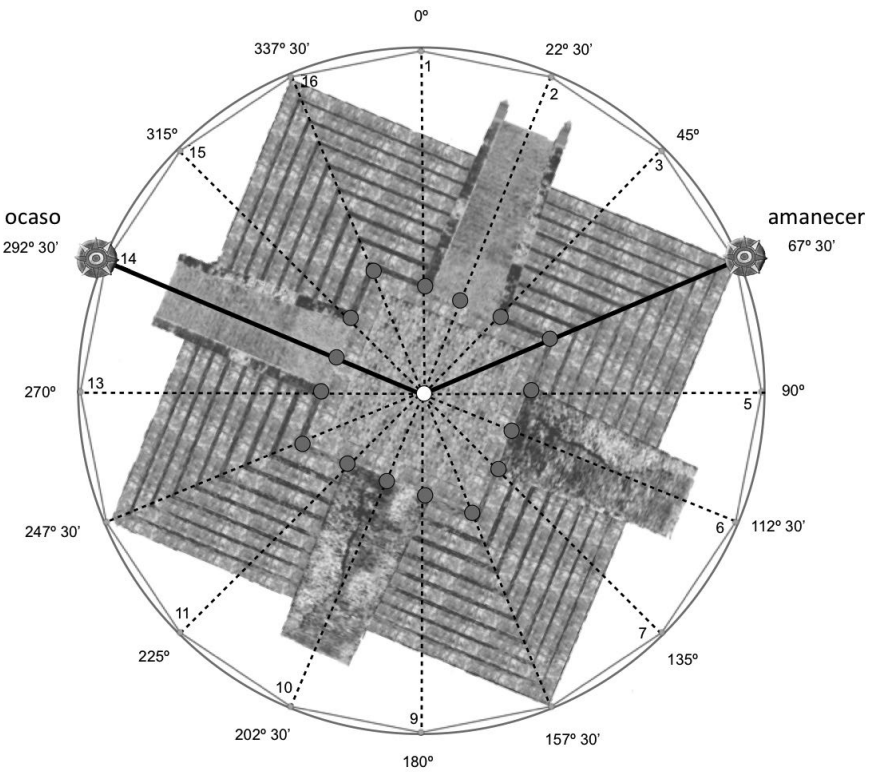
La base de la pirámide es un cuadrado casi perfecto de 55 metros por lado. El cuadrado se hace congruente respecto al círculo, podría decirse que el cuadrado es la solidificación del círculo



ARRIBA

Planta arquitectónica de la pirámide de El Castillo. Se destaca la orientación del eje de simetría en la escalinata norte desviada 22º 30' al este del norte astronómico; comparten esta constante el vértice noreste a 67º 30' y la escalinata oeste a 292º 30' todos múltiplos de 22º 30'. Estos son los rumbos por los que levanta y oculta el Sol para su día de paso cenital [Montero, 2013a: 155].

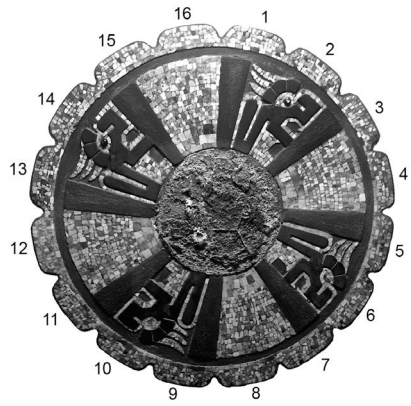
porque la rigidez de las aristas y el ancho preciso de las escalinatas marcan perfectamente los 16 vértices del hexadecágono. La asociación del círculo con el cuadrado resulta extraordinaria en Chichén Itzá, pues está determinada por una orientación astronómica que sólo es posible advertir en la latitud de 20º 41' norte.



DERECHA

Lo que es válido para el círculo también lo es para el cuadrado: argumentación simbólica desde una propuesta geométrica desprendida de un hexadecágono orientado al rumbo del amanecer y el ocaso del Sol para su día de paso cenital [Montero, 2013a: 157].

Es relevante que el polígono perimetral con sus 16 vértices trazados desde el centro de la pirámide corresponde a un elemento arquitectónico del edificio visto en planta: vértice, alfarda, centro de la escalinata, alfarda y vértice repitiéndose el patrón por cada uno de sus cuatro lados. La geometría del hexadecágono no era ajena en la cultura de Chichén Itzá, al menos así lo apreciamos en un disco o escudo solar que formaba parte de la ofrenda depositada en El Castillo. El disco estaba al interior de una cista cilíndrica, que ocupaba la parte baja de la escalera central [Marquina, 1981: 853-855]. Este disco es una pieza de madera con motivos de cuatro serpientes; el trabajo de turquesa nos remite a lo precioso: el año y el Sol; en el centro posiblemente albergaba un espejo de pirita que se utilizaba durante el ritual del fuego solar. La composición de las líneas nos conduce alegóricamente a los rumbos de las escalinatas que se irradian de un centro a una periferia, destacando cuatro motivos con cabezas de serpiente. No parece haber mejor analogía para el hexadecágono que una de las reliquias encontradas dentro del mismo edificio, la cual expresa su geometría de manera tan sugestiva.



ARRIBA

Disco solar de mosaico elaborado con turquesa y concha montadas sobre madera, formaba parte de la ofrenda de El Castillo, nos refiere a la importancia simbólica del hexadecágono.

Resulta interesante que el hexadecágono también se utilice como modelo para describir fenómenos de la naturaleza. Según Silvia Terán,[101] los campesinos mayas conservan un conocimiento detallado del clima que es manifiesto en un culto en el que invocan 16 tipos de nubes y 16 dioses de la lluvia con sus respectivas esposas: "Cada uno de esos dioses habla en realidad de 16 tipos diferentes de lluvias, que provienen de diferentes direcciones, con distintas características".

La geometría esbozada para este modelo de orientación no se reduce únicamente al polígono y al círculo, también atiende al cuadrado cuando destacamos la planta del edificio; respecto a esta figura, se puede advertir que los mayas utilizaban un modelo geométrico basado en la subdivisión del cuadrado. Así que la planta de la pirámide se divide en cuatro partes por las escalinatas, formando un cuadri-vértice, donde un cuadrado queda inscrito dentro de otro. Para Díaz Bolio [1987b] e INAH [2008a] esta división parte de un patrón reconocido en el dorso de la víbora de cascabel, *Crótalus Durissus Tzabcán,* es el *canamayté*, figura que representaba la cosmovisión a partir de cuatro esquinas y cuatro lados, un modelo que fue plasmado en la construcción de varias ciudades, y que sin duda es sugestiva para El Castillo.[102] La

101 Ponencia *Los cuidadores del paisaje natural del Mayab*, durante el II Festival Internacional de la Cultura Maya, Mérida, Yucatán, 22 de octubre de 2013.

102 La geometría de El Castillo de Chichén Itzá ha despertado el interés de

escalera norte, es la principal, está limitada por anchas alfardas que empiezan por una gran cabeza de serpiente, así también, en el templo que ocupa la parte alta encontramos que la cabeza de la serpiente es la base, el cuerpo el fuste, y los crótalos el capitel. En suma, una expresión arquitectónica dedicada a la ofiolatría.

En toda su composición, la intención arquitectónica de El Castillo es muy elaborada. Sus constructores manifestaron en el número de escalones, escalinatas, cuerpos, paneles, proporciones geométricas y medidas un mensaje matemático que hacía evidente su interpretación del mundo y su calendario; así que establecieron una relación entre los números y su cultura, donde las cifras eran un código que hacía posible interpretar la armonía del cosmos. Fue así como los números, uno de los conceptos más elevados del conocimiento, fueron mucho más que una forma de medir o cuantificar. Propongo que se valieron de dos premisas aritméticas para las medidas utilizadas en la construcción de El Castillo: a) que se operara con números enteros, y b) que los números expresados tuvieran un significado religioso y calendárico, como vemos en el siguiente cuadro:

La pirámide de El Castillo y los números

número	expresado	sentido simbólico y/o calendárico
4	• planta del edificio • cuatro escalinatas	Se ha planteado la relación entre el *canamayté* y la planta cuadrada del edificio. Ahora toca asociar la construcción con los puntos cardinales. Históricamente, fray Diego de Landa, a mediados del siglo XVI fue el primero en describirlo: "Este edificio tiene cuatro escaleras que miran a las cuatro partes del mundo". En el pensamiento maya, la tierra se subdivide en cuatro sectores o rumbos, en sus esquinas, al igual que en la pirámide, están las posiciones noreste, noroeste, suroeste y sureste, cada sector tiene como símbolo un color: rojo (este), negro (oeste), amarillo (sur) y blanco (norte). Son los extremos que sostienen el cielo con deidades antropomorfas, llamadas *bacab* o *puahtun* que fungen como ordenadoras del mundo en los diversos ciclos cosmogónicos de creación y destrucción [De la Garza, 2002: 69]. Las cualidades de un espacio cuadrangular deificado las encontramos también en Yucatán, con la veneración a Amayté Ku, Dios de los Cuatro Ángulos –que proveía de abundantes cosechas–, en el *Popol Vuh*, y en el *Ritual de los Bacabes* con la divinidad de Itzam Kan, Brujo del Agua de los Cuatro Rincones [Sotelo, 2002: 88].

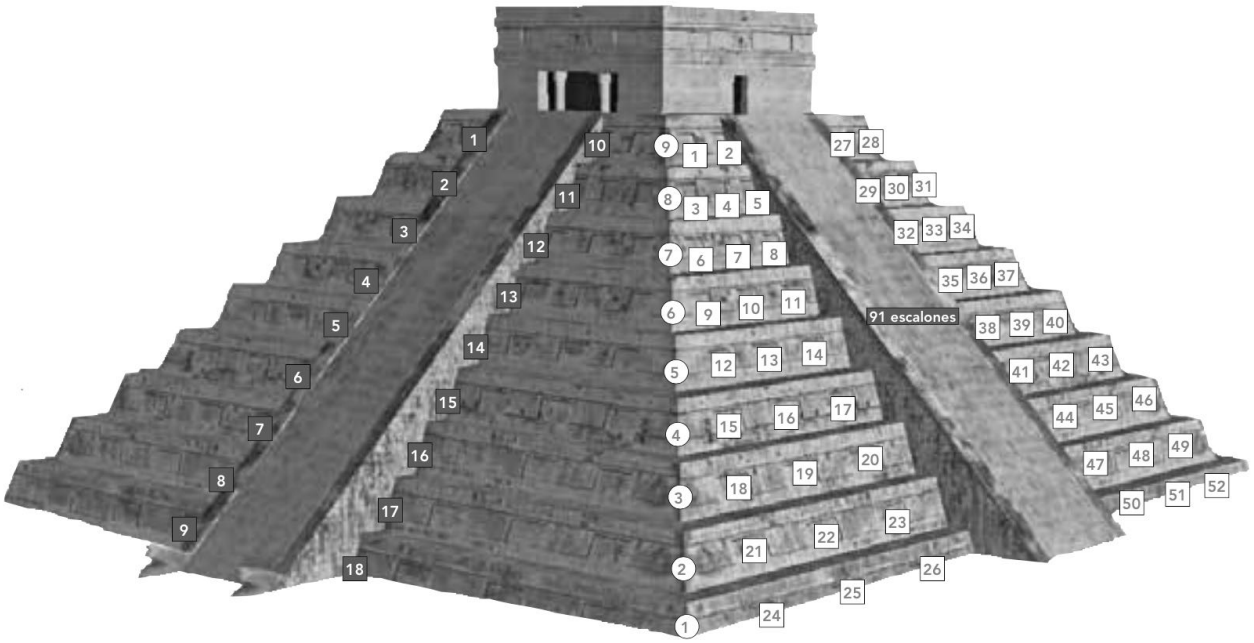
varios autores, así tenemos la formulada por José Díaz Bolio, quien desde 1955 planteaba en su libro *La serpiente emplumada, eje de culturas*, la relevancia del *canamayté* como patrón iconográfico de los conocimientos matemáticos y astronómicos de los mayas; es necesario mencionar también a Luis E. Arochi [1984: 51-63] por su interesante aportación sobre la geometría piramidal, que ya había sido advertida desde 1940 por Alberto Escalona Ramos, como el mismo Arochi señala.

número	expresado	sentido simbólico y/o calendárico
5	• como factor aritmético	Los cuatro rumbos de la tierra se complementan con un centro, es así como se conforma un quincunce, metáfora ancestral del espacio mesoamericano que en la primera página del *Códice Feyérváry-Mayer* se manifiesta con la cuenta del tiempo vinculada al espacio, pues los 260 días del calendario *tzolkin* están dispuestos en un orden que se incrementa en grupos de 13 días (trecenas). Este modelo, similar a una "cruz de Malta", también se aprecia en el *Códice Madrid*, páginas 75 y 76. En ambos documentos es evidente la asociación de la rueda calendárica con las direcciones del mundo. Para Paxton [2008: 86], este diagrama espacio temporal sigue la premisa del movimiento aparente del Sol como una migración desde su salida y puesta por los horizontes oriental y occidental para los solsticios. Si consideramos el centro, obtenemos un registro de cinco sectores.
7	• alfarda poniente de la escalinata norte	Durante la hierofanía solar del "descenso de Kukulcán" se observa durante el ocaso, en los días en torno al equinoccio, una sucesión de siete triángulos de luz que configuran el cuerpo de una serpiente luminosa, cuya cabeza pétrea se encuentra en el arranque de la alfarda. Los siete triángulos sugieren el número de direcciones reconocidas en la cosmovisión mesoamericana: las cuatro cardinales, el centro, el cielo y el inframundo [Montero, Galindo y Wood, 2014:80]. Por otra parte, el 7 remite a Chicomoztoc, que entre los mayas encuentra su referente en el glifo maya Ek', K'an Nal. Como se sabe, el sitio "Siete Cuevas" también como Vucub Pec, era el lugar de origen de los pueblos y linajes en la mitología mesoamericana. Sheseña [2007: 361-362] identifica este glifo para el período Clásico en la lápida del sarcófago de Pakal.
9	• cuerpos escalonados en talud • como factor aritmético	Los nueve cuerpos de la pirámide se han asociado a los nueve estratos del inframundo. Bolon Tiku, Nueve Deidad, corresponde a la estructura del mundo subterráneo, que cuenta con nueve estratos, y en él se conjugan las fuerzas devastadoras que atentan contra la vida. Su acción permite un ciclo cósmico nuevo por lo que se asocia con la renovación [Sotelo, 2002: 104].
13	• como el principal factor aritmético	Oxlahun Tiku es Trece Deidad en el *Libro de Chilam Balam de Chumayel* (De la Garza, 1985: 87), es quien integra las 13 capas superpuestas que constituyen verticalmente el cielo; por eso se le llama también Oxlahun Citbil, Trece Ordenador. Se le menciona a la vez como "deidad inmensa", deidad de 8000 veces, con lo que se alude su carácter infinito y múltiple [Sotelo, 2002: 88]. Consideremos también el período de 13 días usado en los calendarios mesoamericanos precolombinos.
16	• planta edificio	En varios lugares del Área Maya se otorgó importancia ritual al número 16. Por ejemplo, tenemos los restos de 16 jaguares sacrificados encontrados en un depósito adjunto a la tumba del gobernante Yax Pak de Copán. Ahí se ubica también el famoso Altar Q, monolito que lleva esculpidas en sus lados 16 figuras humanas de altos dignatarios, representantes de una importante dinastía; dichos personajes se aprecian distribuidos cuatro por cada uno de sus lados, en total 16, con sus respectivos glifos nominales.
18	• intersecciones de la plataforma con la alfarda	El calendario maya *haab* de 365 días constaba de 18 meses denominados *uinales*, cada uno compuesto de 20 días o *kines*, que resulta en 360 días, período que se denomina *tun*; a esta cuenta se añadían cinco días aciagos denominados *uayeb*, para completar 365 días. No son pocos los que han querido ver en las 18 intersecciones de la plataforma con la alfara de cada cara a los *uinales* del *haab*. El número 18, destaca en el *Códice Madrid*, con 18 pisadas humanas en los espacios que se forman en los "ángulos solsticiales", entre los cuatro puntos cardinales; Paxton, [2008: 86-87] considera que representan intervalos de 20 días cada uno, donde las pisadas simbolizan el aparente movimiento del dios solar, si se suman los puntos pequeños de la esquina sureste se complementa el *haab*.

número	expresado	sentido simbólico y/o calendárico
20	• como factor aritmético	Los mayas se valían de un sistema vigesimal porque las cantidades se agrupan de 20 en 20. En el calendario la veintena o *uinal* era un factor que multiplicado por 13 resulta en el *tzolkin* de 260 días y por 18 en un *tun* de 360 días.
52	• paneles	En cada fachada contamos 52 paneles, se disponen en dos grupos de 26 separados por la escalinata. Se hace referencia al período de 52 años que conformaba un "siglo mesoamericano", es decir, el número de años que deben transcurrir para que la cuenta solar o *haab* de 365 días vuelva a coincidir con la cuenta ritual o *tzolkin* de 260 días. Se conforma así una "rueda calendárica" que es un ciclo de 18,980 días, resultado de 52 × 365 = 18,980 o 73 × 260 = 18,980, donde el mínimo común múltiplo de 18,980 es 22 × 5 × 13 × 73.
63	• como factor aritmético	Ciclo del calendario maya asociado con el ritual del "Taladro de Fuego", ceremonia dedicada al dios Zarigüeya o Tlacuache como personificación de Saturno, pues su período sinódico es de 378 días (63 × 6). Al multiplicar 13 × 63 se obtiene el número sagrado 819 [véase cometario de Velásquez, 2017: 13].
65	• como factor aritmético	Los zapotecas consideraban que cuatro rayos ocupaban los cuatro cuadrantes del mundo; son también las cuatro divisiones del año calendárico ritual de 260 días (*tzolkin* para los mayas, *piye* para los zapotecos), cada una de estas divisiones era un *cocijo* que contaba 65 días [Masson, 2001: 9].
91	• peldaños	Fray Diego de Landa es la fuente más temprana que advierte el número de peldaños: "de noventa y un escalones cada una, que es menester subirlas". El número 91 permite diferentes posibilidades de interpretación: a) sumando los números del uno al trece (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13 = 91) resulta 91; y b) 91 es el número de días promedio para cada una de las estaciones del año solar (91 × 4 = 364), también como 13 lunaciones de 28 días resultan 364 que entre cuatro escalinatas es 91.
260	• como factor aritmético	Corresponde al calendario ritual denominado *tzolkin* que tenía una duración de 260 días. El sistema *tzolkin* combinaba los numerales del 1 al 13, con 20 glifos de días; constaba de 13 meses 20 días, era de carácter adivinatorio.
364	• resulta de sumar los peldaños de las cuatro escalinatas	Es el año computado según lo describen algunos mayistas, útil para el seguimiento de la Luna [Velásquez, 2017: 13]. Thompson [1988: 63 y 263] ha destacado el año de 364 en sus comentarios al *Códice de Dresde*.[103] En varias páginas de este almanaque sagrado resulta de multiplicar 91 × 4 [*ibidem*: 229] o de un ciclo de 260 más 104 días. Por otra parte, es necesario apuntar que 364 resulta también de los 13 períodos lunares anuales con duración de 28 días.
365	• todos los escalones más la plataforma superior	La referencia al calendario solar *haab* se encuentra en el número de escalones. Son un registro en piedra de la duración del año, pues se cuentan 91 por lado, así que cuatro lados, más el nivel de la plataforma superior, resultan 365, con lo cual tenemos un peldaño por cada día.

103 La avanzada astronomía manifiesta en el *Códice de Dresde*, y el manejo de glifos específicos llevó a Thompson [1988: 42-43] a considerar que la procedencia del códice era Chichén Itzá.

De lo anterior, resulta evidente que la armónica simetría de El Castillo expresa la revelación de la sacralidad del calendario en una edificación que muestra explícitamente la hierofanía del "eterno retorno" del Sol.



ARRIBA

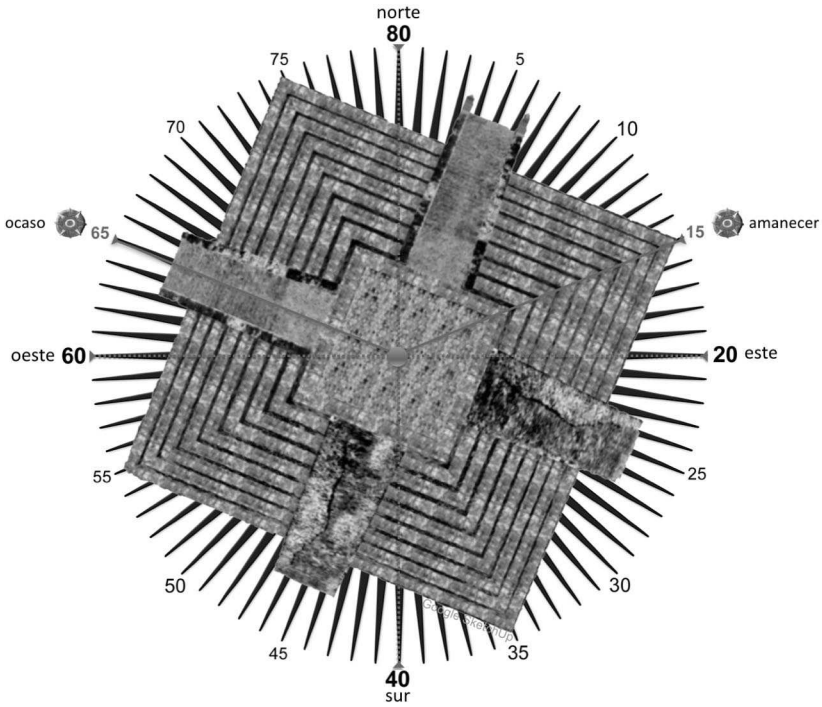
La cuenta sistemática de números calendáricos mesoamericanos expresados en la arquitectura de El Castillo. [Montero, 2013a: 158].

La pirámide presenta 91 escalones por cara, las cuatro escalinatas, los nueve cuerpos y los 52 paneles por fachada son parte de un mensaje que hace evidente el ingenio de sus constructores para expresar el calendario. De ser así, también incluyeron su interpretación del cosmos en el cuerpo de la pirámide, recurriendo a un patrón de números enteros en las medidas angulares y de longitud, donde múltiplos y divisores hacían evidente la metafórica armonía del espacio y el tiempo.

Acorde con la cultura maya consideremos el sistema de numeración vigesimal. En su oportunidad, Tichy [1991: 453] propuso una *unidad angular mesoamericana*, resultante de dividir un cuadrante en 20 partes. Al integrar los cuadrantes tenemos un círculo de 80 segmentos iguales, donde la longitud de arco es de $^{1}/_{80}$. Planteo que esta fue la unidad aplicada para el diseño de la pirámide, pues permite dividir la planta del edificio en segmentos de valores enteros que hacen conmensurables los ángulos que corresponde a los días del paso cenital. En este sentido, un ángulo con valor sexagesimal de 22° 30' corresponden a cinco *unidades angulares mesoamericanas*, donde cada unidad corresponde a 4.5° de nuestra moderna notación sexagesimal. En este sentido tenemos un sistema octagesimal, pues un grado octagesimal surge de la división del plano cartesiano en 80 ángulos iguales con un vértice común, donde cada cuadrante posee una amplitud de 20 unidades.

DERECHA

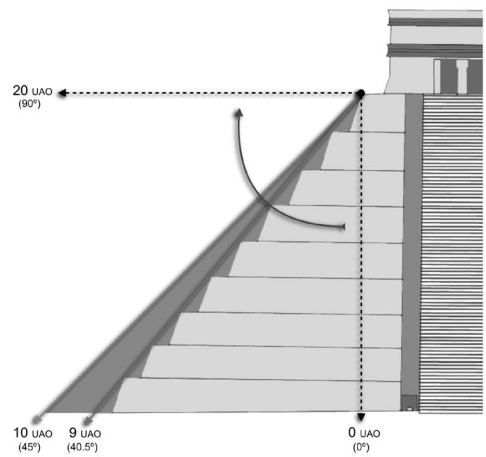
La base de la pirámide contrastada con una unidad de medida angular que resulta de dividir la circunferencia en 80 sectores radiales, donde la longitud de arco es de $^{1}/_{80}$, esto hace conmensurable en valores enteros los principales rumbos del edificio [Montero, 2016b: 95].



La propuesta de la *unidad angular octagesimal* (UAO) como base para el diseño del edificio se refuerza al presentar la elevación del edificio, pues el ángulo formado por el trazo que une las esquinas de los nueve cuerpos es de 9 UAO (40.5° sexagesimales); muy sugerente resulta tal equivalencia de 9 y 9; por su parte, al medir el ángulo de la alfarda, este aumenta exactamente en una unidad, resultando en 10 UAO (45° sexagesimales). En ambos ca-

DERECHA

Elevación de la cara norte de la pirámide de El Castillo, registrando la inclinación de los nueve cuerpos escalonados y la alfarda aplicando la *unidad angular octagesimal* (UAO). Proyección obtenida del levantamiento de CyArk a partir de una nube de puntos tridimensional obtenida de un escáner láser [Montero, 2016b: 98].

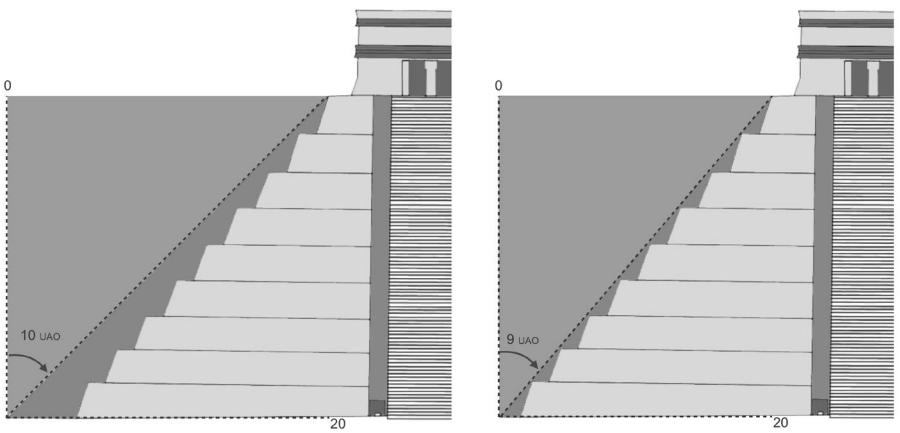


sos, el *lado inicial* resulta de la dirección de la plomada y el *lado terminal* corresponde a la inclinación de la pirámide, ya sea en su alfarda o en el trazo que une los nueve cuerpos; el cuadrante de 20 unidades se complementa en dirección al horizonte. En este modelo, la posición del *vértice* descansa a lo largo de todo

el perímetro del cuerpo superior del edificio, el valor del ángulo aumenta en sentido a las manecillas del reloj.

Si invertimos el vértice podemos intentar otro patrón conservando los mismos valores angulares; consideremos el lado inicial apuntando al cenit y el lado terminal acorde a la inclinación de la pirámide, ya sea en su alfarda o en el trazo que une los nueve cuerpos; en esta propuesta la posición del vértice descansa en el piso del edificio, pero en diferentes puntos según cada medición, el valor del ángulo aumenta en sentido a las manecillas del reloj.

Pasemos ahora a las dimensiones. En su base, la pirámide es un cuadrado de 55.50 metros por lado,[104] a este segmento otorguemos un valor conmensurable que pueda contener la unidad de medida desprendida de los números trascendentales que se han presentado. Tenemos el 7, el 13, el 52 y el 65. La atención se centra entre el 52 y el 65, porque al hacerlos divisibles entre 55.50 el resultado es una medida que es operativa en la arquitectura, sobre todo el 65, porque al dividirlo tendríamos un valor muy cercano al patrón numérico que propone Sugiyama [2005: 40-41] para Teotihuacán de 83 cm.[105] En nuestro caso 55.50 ÷ 65 resulta en 85 cm, apliquemos entonces este patrón geométrico a la planta de la pirámide considerando las siguientes expresiones para calcular el diámetro $d = l \times \sqrt{2}$ y la flecha $f = R - a$, donde d se refiere al diámetro de la circunferencia, que es también la diagonal del cuadrado que conforma la planta de la pirámide; la *l*, a uno de los lados de la pirámide, que es también la cuerda de la circunferencia; la *f*, a la flecha o sagita[106] de



IZQUIERDA

Dos posibilidades para considerar los ángulos que guarda la pirámide de El Castillo en su elevación en un sistema angular octagesimal (UAO) [Montero, 2016b: 98].

104 Arochi [1984] apunta para el lado sw 55.30 m.

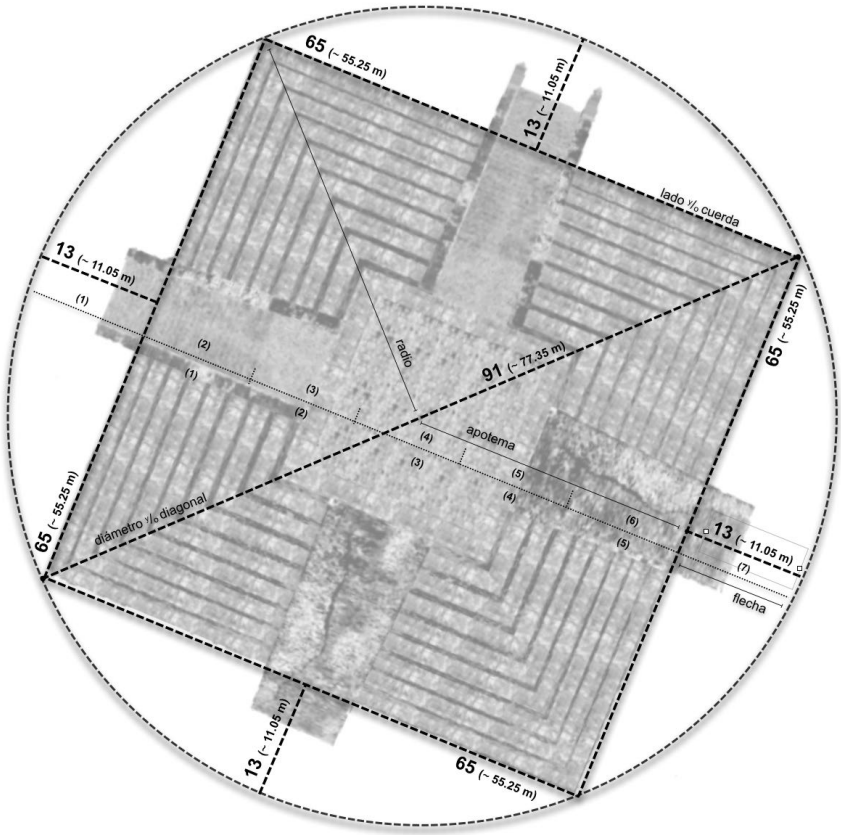
105 En su oportunidad, Martínez del Sobral [2010: 296] consideró que la unidad de medida para El Castillo resultaba en 30.32 cm por la diferencia entre los lados, pues la base no es cuadrada sino un prisma truncado con una diferencia de 30.32 cm de donde obtiene la unidad de medida.

106 Sagita es la parte del radio comprendido entre el punto medio de un arco de circunferencia y su cuerda.

la circunferencia; la *R*, al radio de la circunferencia; y la "a", a la apotema[107] de la circunferencia.

DERECHA

Planta de la pirámide de El Castillo adoptando como unidad de medida de longitud un valor de 85 cm [Montero, 2016b: 99].



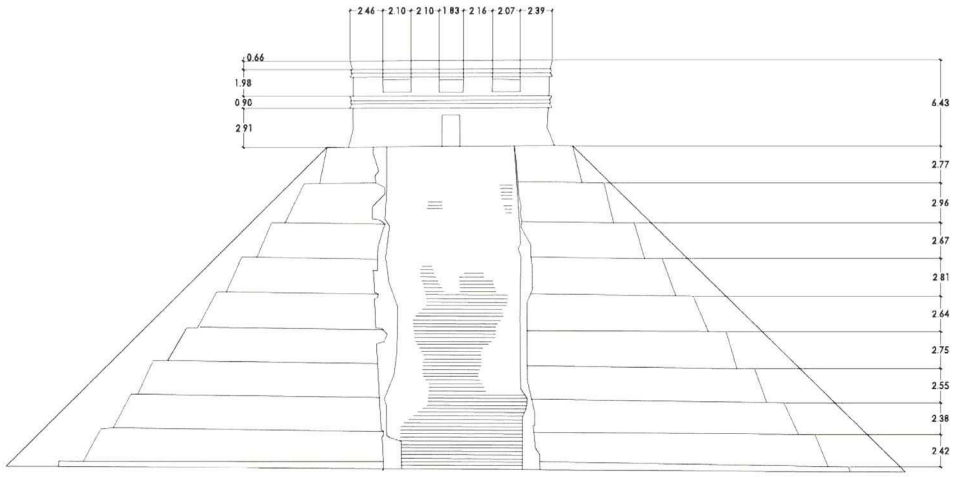
Sorprendentemente la diagonal de la pirámide resulta en 91 unidades, pues según la formula $d = l \times \sqrt{2}$, tenemos que *l*, o sea el lado, es de 65 unidades; la raíz cuadrada resulta en 1.4142, que simplificado lo apuntamos como 1.4, de tal suerte que 65 × 1.4 es igual a 91. Ahora pasemos a calcular la flecha: donde tenemos el radio como la mitad de 91, o sea 45.5 y la apotema como la mitad de uno de los lados de 65, esto es 32.5, al realizar la resta resultan 13 unidades. Trece es la principal constante que guarda la geometría del edificio. Resulta extraordinario que al considerar la unidad de 85 cm obtengamos un modelo que guarda tal exactitud: 13 unidades de flecha, 91 unidades de diagonal, y 65 unidades por cada lado que al multiplicarse por los cuatro lados resulta en 260 unidades. Cifras todas significativas con lo que se demuestra la factibilidad de esta propuesta aritmética que abarca a la arquitectura, la geometría, el calendario y la astronomía.

107 Apotema es la menor distancia entre el centro y cualquiera de los lados de un polígono regular.

La fachada también ofrece posibilidades para el modelo de 85 cm. Valiéndonos del levantamiento realizado por CyArk a partir de una nube de puntos tridimensional obtenida de un escáner láser, contamos con medidas más certeras, según este proceso la altura es de 30.40 m, al dividirla entre 0.85 resulta en 35.76, al redondear el valor contamos ≈ 36 unidades, interesante es este producto que resulta de los factores 9 y 4: nueve cuerpos escalonados por cuatro lados; por su parte, el templo a lo ancho

ABAJO

Perfil detallado de la fachada de la pirámide de El Castillo realizado por CyArk.



presenta 15.11 m, al dividirlo entre 0.85 resulta en 17.77, su redondeo nos lleva a ≈ 18 unidades, interesante resulta que es la mitad de la altura del edificio, de nuevo un par factores significativos el 9 y el 2.

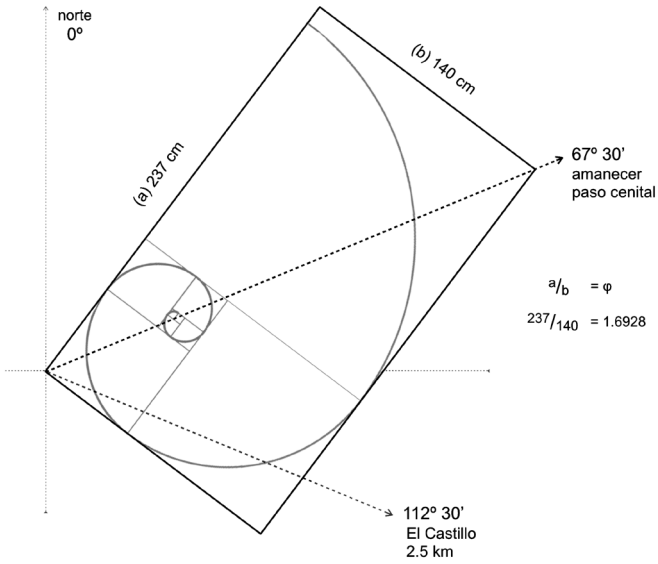
Disponemos de dos factores prominentes: el nueve en la fachada y el trece para la planta. Trece es un factor destacado que ofrece productos significativos: 13 × 4 = 52; 13 × 5 = 65; 13 × 7 = 91; 13 × 20 = 260; 13 × 28 = 364; y 13 × 63 = 819. Las cifras fundamentales están aquí presentes: 4, 5, 7, 13, 20, 28, 52, 63, 65, 91, 260 y 364. Eric Thompson [cit. por Quiñones, 1988: 59] demostró un producto más elevado con el factor 13, al multiplicarlo por 63 obteniendo la cifra 819, número que se descompone de los factores: 9 × 91, 7 × 117, 3 × 273 y 7 × 9 × 13, destacando los números 7, 9 y 13 como de gran importancia simbólica. Por su parte, Maupomé [1982: 49] apunta: "En el *Códice de Dresde* hay tablas de múltiplos de 260, 364, 584, 78, 780, y los valores de los ciclos sinódicos de Mercurio, Júpiter y Saturno. Existía entre los mayas el período de 819 días que es 117 × 7 = 91 × 9 = 7 × 13 × 9, los nueve señores de la noche, los siete señores de la tierra, los trece señores de los días". Cabe mencionar que durante el período Clásico, *wa'laj*, 'se puso de pie' era el verbo que expresaba el ciclo 819 [Velásquez, 2017: 11].

Resulta especulativo, pero no deja de llamar la atención, que, al dividir 819 entre 260, resulte como cociente de la división de dos números sacralizados la cifra 3.15, un valor cercano al de π (pi). Para Quiñones y Pájaro [2011: 309] la variación de tan sólo 0.0084 respecto al valor moderno es suficiente para usos prácticos de ingeniería y arquitectura. Si bien es cierto que la aritmética maya sólo operaba números enteros, no pudieron haber conocido el número π como tal, pero pudieron operarlo mediante una formulación en la que todo círculo de circunferencia dividida en 819 partes iguales, tendrá un diámetro de 260 de esas mismas partes iguales. Esto resulta suficiente para realizar cálculos prácticos que involucran en forma intrínseca la aproximación a π.[108]

Si resulta asombroso que hace mil años en Mesoamérica un valor de cercano a π fuera conocido,[109] no será menos el apuntar que también la proporción áurea fuera operada con fines prácticos en la ingeniería y arquitectura como lo denotamos en el año 2012 en el cenote de Holtún, sobre el que ya apuntamos páginas atrás su importancia astronómica. El acceso al cenote es por una claraboya de forma rectangular con dimensiones de 237 cm por 140 cm. Las dimensiones de la entrada son resultado de un tallado cuidadoso sobre la roca caliza para formar un rectángulo de dimensiones que nos llevan a suponer la intención de alcanzar un equilibrio geométrico. Especialistas en arquitectura prehispánica como Martínez del Sobral [2010] no dudan que en el diseño de la pirámide de El Castillo esté contenida la proporción áurea, así que para la entrada del cenote de Holtún no resulta inconcebible una aproximación a dicha proporción. Es necesario apuntar que no se alcanza la proporción áurea con la exactitud de medios matemáticos que es de φ 1.6180, así que el valor obtenido de 1.6928 parece suficiente para un tallado en campo realizado en la boca de un cenote hace mil años, como resultado de una correlación entre dos segmentos de una recta en una construcción geométrica y no necesariamente en una expresión aritmética.

108 Como la relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro en geometría.

109 Para Margarita Martínez del Sobral, en Mesoamérica se conocieron valores como: la proporción áurea; el número de oro (φ); el número π; los rectángulos estáticos y dinámicos; el rectángulo perfecto (φ) y su armónico, el rectángulo √φ; el rectángulo σ; los rectángulos √2, √3, √4, y √5; así como los rectángulos φ1, φ2, φ3 y sus recíprocos. Véase entrevista en <https://arquitectura.unam.mx/nuevos-paradigmas-mvp.html>, en línea el 6 de abril de 2021.



IZQUIERDA

Disposición en planta de la entrada al cenote de Holtún contrapuesta a la espiral logarítmica de un rectángulo áureo. La talla en roca caliza de un rectángulo con orientación demuestra la intencionalidad del espacio ritual.

El acceso al cenote de Holtún se aproxima a un rectángulo áureo[110] que resulta de dividir la longitud del *lado largo* (a) entre la longitud del *lado corto* (b) $^{237}/_{140} = 1.6928$. Esta geométrica entrada al inframundo se proyecta espectacular sobre el cuerpo de agua del cenote el día del paso cenital del Sol. Sin embargo, Holtún no es el único cenote con brocal rectangular, Jesús Galindo nos hizo llegar información de Bruce Love (1989) respecto al cenote del sitio arqueológico de Yulá, 8 km al SE de Chichén Itzá,[111] es de notar que presenta las mismas medidas 240 × 140 cm, pero colegas de la región han cuestionado que este tipo de entradas rectangulares sean prehispánicas, para algunos especialistas se trata de un componente característico de las norias virreinales para obtener agua subterránea, un buen ejemplo lo tenemos en el ex convento de La Asunción en Mama, Yucatán [véase Román, 2015], queda entonces por resolver si este tipo de brocales son prehispánicos o virreinales, esperemos que la arqueología ofrezca una respuesta en el futuro analizando el trabajo de talla en la piedra y presentando fuentes documentales.

Dejemos las tierras mayas y pasemos al Altiplano Central con cuatro sitios arqueológicos ubicados en las más altas montañas de México que comprueban la validez del análisis matemático. Tres de ellos se conocen desde hace décadas y son conocidos por la literatura especializada en arqueoastronomía, es más, uno

110 El rectángulo áureo es una figura que posee una proporcionalidad entre sus lados igual a la razón áurea. En el rectángulo áureo al substraer la imagen de un cuadrado igual al de su lado menor, el rectángulo resultante es igualmente un rectángulo áureo. A partir de este rectángulo se puede obtener una espiral logarítmica y la sucesión de Fibonacci.

111 Ubicación φ 20°37'1.24" λ -88°34'12.30".

es descrito desde el siglo XIX, me refiero a Nahualac [Charnay, 1973] del cual podemos citar hasta un estudio reciente [Iwaniszewski, 2017]. Sin embargo, nada se ha aprendido de sus posibilidades geométricas, toda la atención se centra en la interpretación ritual, la orientación y el calendario.

El sitio arqueológico de Poyauhtlán (OR-17) descrito en la pág. 172 es el punto de partida. Gracias al uso de la fotogrametría digital asistida por un vehículo aéreo no tripulado, fue posible asimilar la estructura arquitectónica con bastante fidelidad, pues el rango de error en el levantamiento topográfico es de unos cuantos centímetros, una técnica superior a la utilizada por otros investigadores en sitios arqueológicos de alta montaña que aún operan en campo con teodolito y en el mejor de los casos estación total.[112]

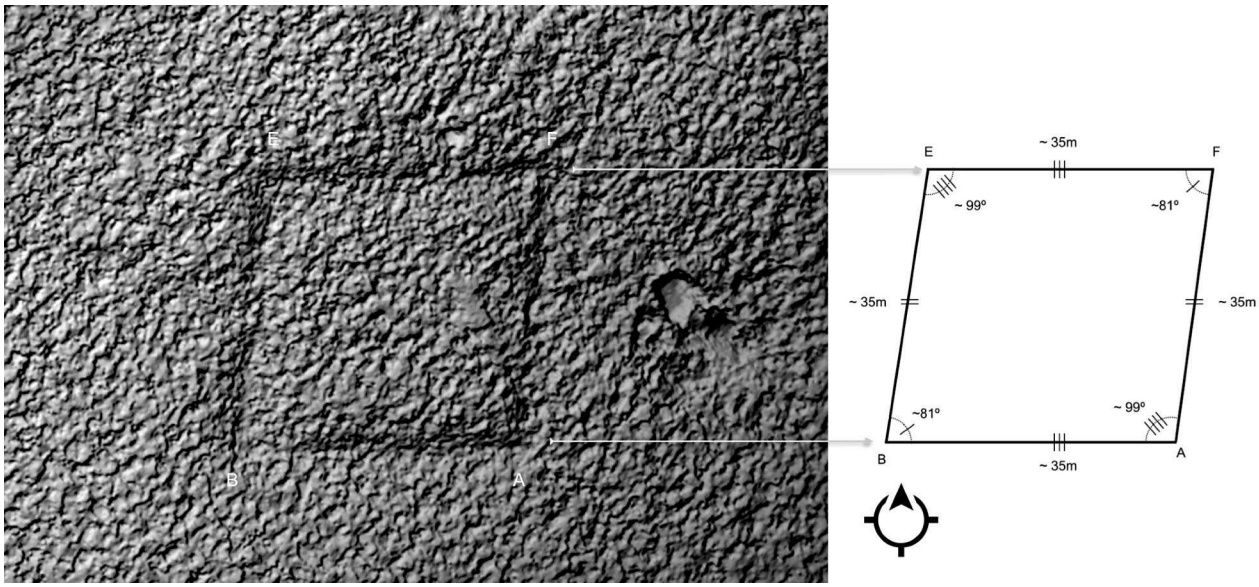
Los muros del adoratorio OR-17 en su trazo expresan una intención astronómica, geométrica y matemática. Astronómica porque el muro sur (segmento A-B) se orienta al oeste astronómico, así que apunta a los equinoccios de primavera y otoño teniendo como marcador de horizonte la distante cima del volcán Popocatépetl. Geométrica porque el espacio proyectado en planta conforma un cuadrilátero del tipo paralelogramo rombo, sus cuatro lados son de igual longitud y sus lados paralelos dos a dos son iguales;[113] así que los ángulos opuestos son similares entre sí: dos obtusos (A y E de 99°) y dos agudos (B y F de 81°). Matemática porque la unidad de medida de longitud para el adoratorio nos dirige al *tlalquahuitl* mexica que equivale a 2.50 m [véase Jorge y Williams, 2008] con esta medida el adoratorio quedaría circunscrito en 14 enteros por lado, considerando que cada uno mide ~35 m (35 ÷ 2.50 = 14).[114] Si multiplicamos 14 × 13 tenemos 182, un valor similar al número de días de medio año que contamos entre el 12 de febrero y el 13 de agosto como se mencionó en la descripción astronómica del sitio páginas atrás.

El sitio arqueológico Nexpayantla, catalogado como PO-02, se alza a 4310 $^{m}/_{nm}$, en la ladera norte del volcán Popocatépetl, sobre el borde de un antiguo cráter volcánico que es anterior al ac-

112 Frente a la variación de modelos en los aparatos, considérese únicamente como el instrumento de medición mecánico-óptico que se utiliza para obtener ángulos verticales y horizontales, cuando el instrumento se apoya en la tecnología electrónica con la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador se denomina teodolito electrónico o estación total.

113 Posiblemente el planteamiento original del sitio era un cuadrado y no un rombo, pero el terreno inclinado, donde la esquina SE está a más altura que su opuesta NO con una diferencia entre los vértices de 8 m determinó la forma rómbica.

114 En algunas cifras se antepone una tilde (~), con esto se expresa un valor aproximado suficientemente fiel para ser de utilidad.



ABAJO

Izquierda, modelo digital de superficie sombreado del sitio OR-17. Derecha, proyección de la estructura para resaltar su planta geométrica como un rombo.

tual Popocatépetl. Al oeste del sitio arqueológico, una pendiente conforma junto con otras laderas un embudo natural que es remanente de la chimenea de un antiguo volcán; sobre la arista del cráter se encuentra una estructura cuadrangular prehispánica de hace mil años que a su alrededor presenta restos de jadeita, obsidiana, pizarra y cerámica.

El sitio fue documentado por primera ocasión por José Luis Lorenzo en 1957, aunque ya se tenía conocimiento de este desde años antes, pues la ruta alpina de Tlamacas a Teopixcalco que conduce a la cumbre pasa justamente por en medio de la estructura prehispánica; así que desde hace décadas al lugar se le conoce como "El Adoratorio". Cabe decir que es la segunda construcción a más altitud en Mesoamérica, superada sólo por El Caracol (IZ-02) en la Iztaccíhuatl a 4430 $^{m}/_{nm}$. En un momento se identificó a esta construcción como del tipo *tetzacualco*. Sin embargo, después del presente estudio de fotogrametría digital con un registro más certero de la construcción, encontramos que es un *cue*, también conocido en las fuentes históricas como *cu* o *cuezillo*. Un cue es una estructura realizada con la acumulación de piedras y tierra a la manera de un túmulo equivalente a las voces en náhuatl de *tetelli* y *momoztli*. Así que el *cue* es un pequeño templo compuesto por una plataforma que se sobrepone a la irregularidad del terreno. En este emplazamiento se han encontrado piedras careadas, su escaso número hace suponer que solo algunas de estas piedras se destinaban para delimitar ciertos perfiles de la estructura, pues el cuerpo de los túmulos está compuesto por conglomerados de rocas irregulares sin mortero. Un

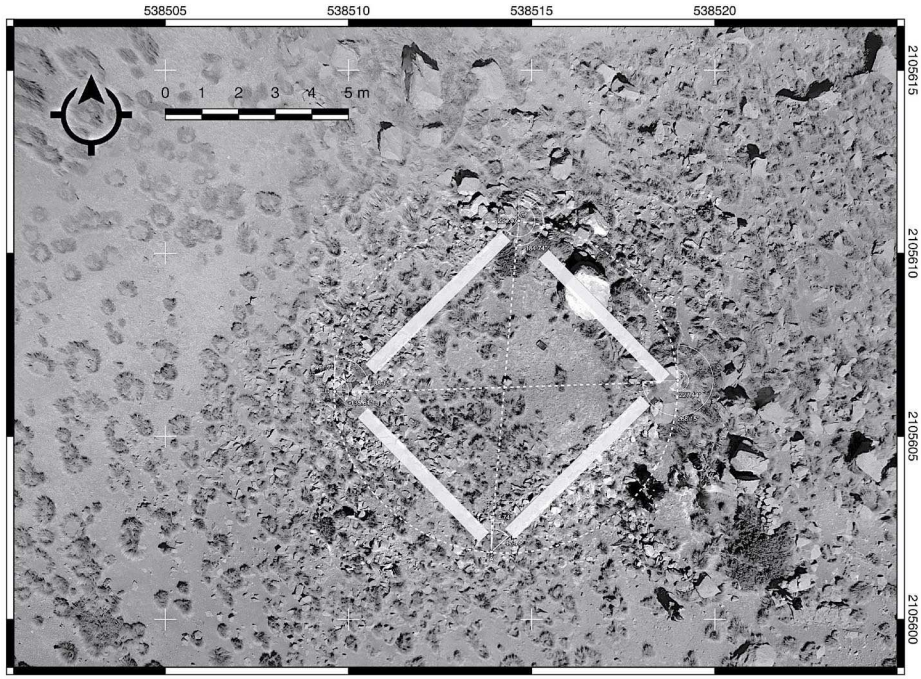
cue difiere de un *tetzacualco* porque no hay muros, así que no es un patio cercado, es una plataforma. Es necesario mencionar que al igual que el sitio de alta montaña Poyauhtlan (OR-17) en el Pico de Orizaba que ese sí es un *tetzacualco*, en este *cue* se incorpora una gran piedra como cabecera al este, en ambos casos se deduce que la roca cabecera guardaba relevancia ritual.

Hace mil años o menos, este adoratorio servía como una terraza extraordinaria de gran altitud que permitía apreciar el paisaje celeste y terrestre. Terrestre denotando los cambios meteorológicos como la nubosidad o la trayectoria de las tormentas estacionales sobre la cuenca de México y el Valle de Puebla y Tlaxcala; celeste al admirar el aparente movimiento de los astros sobre el horizonte. Un hecho atmosférico formidable de este sitio fue captado al acelerar un video en el año 2012, se comprobó cómo se comportan los vientos de la cuenca de México y el Valle Puebla Tlaxcala al confluir sobre la arista, las corrientes chocan y se generan turbulencias que son evidentes en la nubosidad orográfica denominada "nubes de bandera". Esta confluencia de fuerzas atmosféricas fue sin duda determinante para elegir a Nexpayantla y a su vecino el sitio arqueológico de Tenenepanco (PO-03) a menor altitud sobre la misma arista como lugares de culto.

El sitio Nexpayantla es una construcción cuadrada que apenas se percibe, el tránsito de cientos de montañistas por décadas en su camino a la cumbre ha borrado las evidencias arquitectónicas; además, ha sufrido el embate de frecuentes eventos eruptivos del Popocatépetl, y por si fuera poco la erosión eólica y las continuas tormentas de nieve que ahí suceden. El sitio se ha desdibujado, sin embargo, gracias a la tecnología de la fotogrametría digital obtenida por un vehículo aéreo no tripulado en el año 2018, podemos asumir su forma original como la de un cuadrilátero regular con todos sus lados iguales de ~ 6.50 m, así también todos sus ángulos son rectos. A diferencia de un *tetzacualco* donde los muros marcan una determinada alineación con el horizonte, en este *cue* no tenemos orientaciones que señalen al horizonte, lo más significativo es seguir los vértices del cuadrilátero pues las esquinas "A" y "C" apuntan al norte y sur respectivamente con una diferencia de ~ 4º y su contraparte, las esquinas "D" y "B" al eje este-oeste con una variación ~ 2º.

Si aplicamos un estudio reciente donde la unidad de longitud prehispánica es el *tlalquahuitl* que corresponde a 2.50 m, tenemos que una mónada de esta unidad denominada *cemomitl* o "hueso" que equivale a $^{1}/_{5}$ del *tlalquahuitl*, es de 50 cm de longitud, así que el sitio cuenta por lado 13 *cemomitl* (6.50 ÷ 0.50

= 13). Trece es un número básico para el calendario mesoamericano. Sin embargo, no encontramos orientaciones significativas con los horizontes conspicuos de ambas vertientes, tal vez lo más relevante sea que el 13 de agosto y 29 de abril al ocaso el Sol se pone sobre el volcán Ajusco. Aún estamos por verificar si el Pico de Orizaba es visible, en el modelo virtual de gabinete se divisa, pero en campo no se ha comprobado, de ser así, era trascendente que el Sol levantara sobre el Pico de Orizaba para el amanecer de los equinoccios de primavera y otoño.



IZQUIERDA

Ortofotografía georreferenciada del sitio arqueológico PO-02, un *cue* en el Popocatépetl a 4,310 $^{m}/_{nm}$. Se destacan los rumbos de simetría y el perímetro con una línea gris para marcar el posible contorno original, véase la roca de "cabecera" al este, retícula de 5 m en coordenadas UTM.

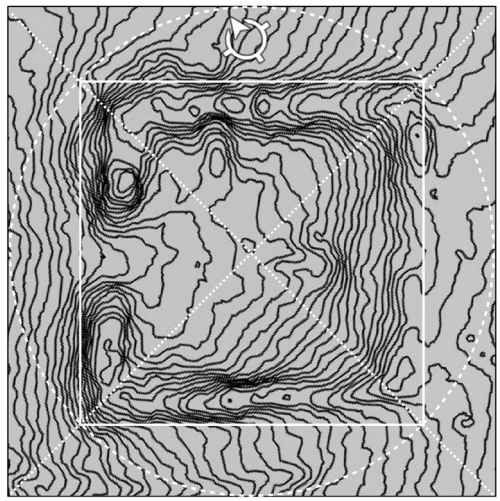
El Solitario (IZ-04), es un sitio arqueológico que se localiza en la ladera noroeste del volcán Iztaccíhuatl, justamente en el actual límite ecológico del bosque a una altura de 4050 $^{m}/_{nm}$. En su momento de apogeo, hace mil años, el clima era más frío, así que el bosque estaba por debajo, esto permitía que se tuviera desde el sitio un amplio dominio visual de la cuenca de México, que hoy no se aprecia pues el bosque actualmente irrumpe sobre la visual por imperar un clima más cálido. Pero hace mil años o menos, eso no sucedía, así que el adoratorio servía como una terraza de gran altitud que permitía apreciar los cambios meteorológicos como la nubosidad o la trayectoria de las tormentas estacionales por la cuenca de México. El sitio presenta como su principal contexto un adoratorio, se trata de una construcción cuadrangular a la manera de un patio delimitado por muros de mediana altura, su apariencia es burda por la ausencia de mortero; además, la obra de mampostería carece de un trabajo

detallado pues no hay pisos ni estucos que cubran las paredes, solamente muros de piedra que actualmente no sobrepasan 1 m de altura. En la sección oeste se denota el acceso al recinto. A este tipo de construcciones se les denomina *tetzacualco*, como otros de su tipo, presenta un eje de simetría, en este caso el eje señala al solsticio de invierno al este, al oeste llama la atención que para los equinoccios de primavera y otoño el Sol se oculta sobre la cumbre del volcán Ajusco, destaca también que el 12 de febrero y el 30 de octubre al ocaso, el Sol se pone sobre la cima del cerro Zempoala. Así que la orografía de la cuenca de México fue sin duda un excelente marcador de horizonte para ajustar un calendario ritual y productivo de aquel entonces.

La excavación realizada en 1986 por Arturo Montero, Stanisław Iwaniszewski y colaboradores permitió obtener restos de braseros con decoración de pastillaje correspondientes a orejeras y botones que recuerdan los anteojos de Tláloc, dios de la lluvia, además de gran cantidad de obsidiana, sobre todo la utilizada para ceremonias de autosacrificio como lo describe José Luis Lorenzo que descubrió el sitio en la década de 1950 (*ca*). En suma, el material cerámico está compuesto de braseros y grandes ollas con huellas de uso, esto es tizne que corresponden al Posclásico temprano entre los años 900 y 1200 d. C. También se identificaron algunos braseros mexicas que son más tardíos.

El eje de simetría del adoratorio se deduce de los restos de los muros sur y oeste que son los mejor preservados. En el modelo digital de superficie podemos identificar el eje de simetría en el segmento "A-B" con Z de 121.57° al E, y su opuesto "B-A" con Z de 301.56° al O. El horizonte oriental está ocupado por el volcán Téyolt y La Cabeza de la Iztaccíhuatl, la proyección del eje de simetría del adoratorio apunta al costado norte de La Cabeza, en el punto donde levanta el Sol para el día del solsticio de invierno, así que es posible que la relevancia ritual del sitio ocupara esta fecha. Es importante señalar que, al ocaso, para los equinoccios, el Sol se oculta sobre la cima del volcán Ajusco, lo cual sin duda también fue significativo en este sitio. Así que El Solitario encuentra relación con el solsticio de invierno y los equinoccios de primavera y otoño. No obstante el deterioro, es posible percibir la intención geométrica de la construcción, pues se trata de un cuadrilátero regular, ya que sus cuatro lados forman ángulos rectos de ~ 90°, así que los lados opuestos son paralelos y de la misma longitud como se aprecia en el modelo digital de superficie sombreado, donde se destaca el ángulo recto en las esquinas denotadas con los puntos "C" y "D" así también en el modelo digital de superficie con las curvas de nivel a equi-

distancia de 10 cm, donde las diagonales del cuadrado conforman los diámetros de un círculo comprobando la ejecución de un cuadrilátero regular. El adoratorio mide ~ 13.50 m por lado, si aplicamos la unidad de longitud prehispánica es el *tlalquahuitl* que corresponde a 2.50 m, tenemos que una mónada de esta unidad denominada *cemmatl* o "mano" de 1.5 m que corresponde a $^{3}/_{5}$ del *tlalquahuitl* resulta entonces un adoratorio de cuatro lados de 9 *cemmatl* (13.50 ÷ 1.50 = 9). Pero si optamos por otra mónada de menor alcance que es el *cemomitl* o "hueso" que equivale a $^{1}/_{5}$ del *tlalquahuitl*, tenemos 50 cm de longitud y por tanto cuatro lados de 27 *cemomitl* (13.50 ÷ 0.50 = 27). No obstante esta posibilidad, se insiste en el valor de 9 *cemmatl* pues ofrece más posibilidades simbólicas acorde a la cosmovisión mesoamericana y su uso en el calendario.



IZQUIERDA

Modelo digital de superficie del sitio El Solitario IZ-04, resaltando dentro de un círculo la planta geométrica del sitio como un cuadrilátero regular, también se señalan las diagonales que unen los vértices. Equidistancia entre las curvas de 10 cm.

Nahualac, catalogado como IZ-05, es uno de los contextos arqueológicos más representativos de la alta montaña mexicana, documentado desde el siglo XIX por Désiré Charnay,[115] quien extrajo más de 800 piezas de cerámica en 1880. José Luis Lorenzo en 1957, describe detalladamente el sitio y asocia su temporalidad a la cultura tolteca (900-1350 d. C.). De Nahualac, dos espacios son significativos: el estanque con el adoratorio a su interior y la planicie. El adoratorio de 9 × 6 m es del tipo *tetzacualco*, que en temporada de lluvia queda parcialmente sumergido. En los cortes oeste-este y norte-sur se aprecia el nivel máximo del vaso que alcanza 80 cm de profundidad, el vertedero por el que rebosa el agua excedente se encuentra al NO; el estanque es abastecido por un canal de manufactura prehispánica en el

115 Estudios recientes apuntan la posibilidad de que Charnay era un espía francés en México [Villegas, 2011].



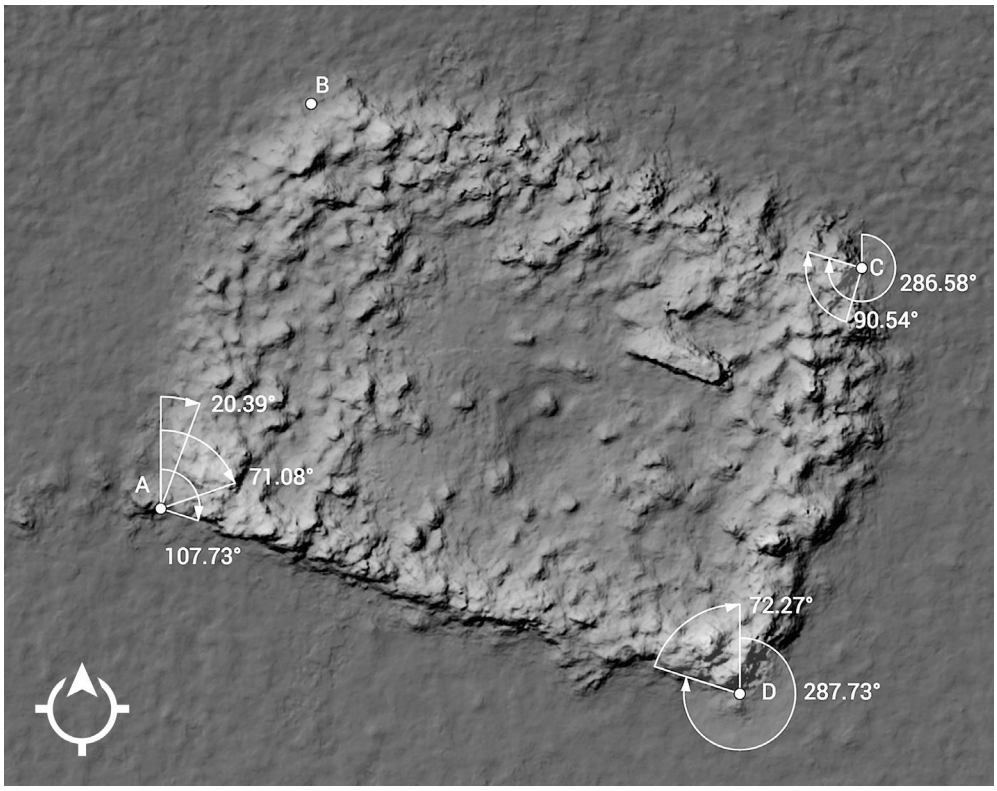
ARRIBA

Olla Tláloc del período Posclásico temprano, procedente del sitio de Nahualac recuperada por el autor durante la temporada arqueológica del año 1986. Pieza número 12 de la ofrenda 5, se exhibe en el Museo Nacional de Antropología, sala Tolteca.

extremo NE, que obtiene el agua de manantiales próximos en el valle de Nahualac distante 200 m al SE. Durante la temporada de estiaje el agua se filtra y evapora, así que el estanque queda seco, mostrando el suelo tonos blanquecinos que son la evidencia de los depósitos minerales del agua de origen fluvial. De las excavaciones realizadas en 1986, por Arturo Montero y Stanisław Iwaniszewski, se ha obtenido una importante colección cerámica de tradición Mazapa 1000 - 1150 d. C. con piezas que se exhiben actualmente en el Museo Nacional de Antropología e Historia en la Ciudad de México.

El eje de simetría del adoratorio corresponde a los rumbos de los segmentos "A-D" y su opuesto "D-A". Calculando su proyección sobre el horizonte poniente destaca el hecho de que el sitio se encuentra alineado con la cima del cerro Cocotitlán, un espacio venerado en la antigüedad que aún preserva petrograbados, algunos de ellos dedicados al culto de Tláloc y otros con posibles orientaciones astronómicas; la línea visual continua hasta la iglesia de Santa Cruz Ayotuzco, una de las principales cimas y centro de peregrinaje en el hoy municipio de Huixquilucan. Las fechas por las que el Sol se oculta en esta dirección son el 8 de agosto y el 3 de mayo. El lado opuesto, que corresponde al horizonte oriente está ocupado por las cimas del volcán Iztaccíhuatl, el eje de simetría del adoratorio apunta al casi extinto glaciar de Ayoloco, por donde el Sol levanta los días 19 de febrero y 23 de octubre. De todo el adoratorio, sólo el muro sur está parcialmente preservado. No obstante, el deterioro de lo que parece una burda construcción (mampostería) por la ausencia de mortero y estucos, es posible percibir la intención geométrica de su construcción, pues se trata de un cuadrilátero rectangular, ya que sus cuatro lados forman ángulos rectos de 90º, así que los lados opuestos son paralelos y de la misma longitud como se aprecia en el modelo digital de superficie sombreado, donde se destaca el ángulo recto de la esquina NE denotado con el punto "C". La propuesta geométrica de los constructores del adoratorio se demuestra al comparar la longitud de los lados que es de ~ 9 × 6 m, así pues, mediante el cociente que se obtiene dividiendo una cantidad entre otra, en este caso 9 ÷ 6 resulta 1.5; el valor 1.5 expresa cuantas veces está contenido el divisor en el dividendo. El dato es relevante porque demuestra que la *razón*, que es la comparación de dos números guarda una proporción simplificada de 3:2 aplicable a cual fuere la unidad de longitud prehispánica. Según la mónada mexica denominada *cemmatl* que corresponde a 1.5 m, que es una fracción ($^{3}/_{5}$) del *tlalquahuitl*, resultando entonces el adoratorio con la medida de 6 × 4 *cem-*

matl, resultando en un perímetro de 20 *cemmatl*, valor excepcionalmente importante en cuestiones calendáricas.



ARRIBA

Modelo digital de superficie sombreado del sitio Nahualac IZ-05 destacando los rumbos de su trazo.

4.4.5 Modelo monumentos para visado

Un punto de visado es un lugar específico, es un espacio que está bien delimitado y ubicado, un sitio desde el cual se realizan las lecturas astronómicas teniendo como referencia el horizonte conspicuo; también es el espacio donde se alza un gnomon y se registra el paso cenital de los cuerpos celestes. Sea un gnomon, una estela, una torre emblema o una cruz punteada, su ubicación depende de los criterios culturales de cada civilización, por lo tanto, responde a criterios contextuales. De manera general es un recinto de control para las observaciones astronómicas, un lugar donde se hace conmensurable la cosmovisión: la observación del cielo y la tierra. El punto de visado es el sector específico donde se concatena el conocimiento de la naturaleza. Es como estación geodésica, pero propia de la antigüedad, a la manera de un punto geográfico de referencia que permite la asimilación del espacio y el tiempo.



ARRIBA

Reproducción de la "Estela de los Dos Glifos", instalada en la plaza homónima de Xochicalco, se denotan como los dos glifos las fechas calendáricas 10 Caña y 9 Ojo de Réptil, estudios recientes de arqueoacústica demuestran condiciones singulares en la plaza que permitieron la transmisión adecuada de mensajes orales y musicales, fotografía del autor, 2015.

ABAJO

"Torre Emblema" que se levanta en el sitio arqueológico de El Tabasqueño, fotografía del autor, 2023.



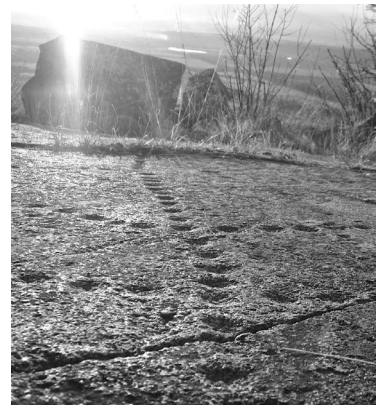
4.4.5.1 Tipo Q. Estelas

En la literatura arqueológica mesoamericana se denomina estela a un cipo o a un monumento monolítico de carácter conmemorativo que a la manera de una losa vertical se insertaba en el piso. Por su importancia simbólica se levantaban en lugares distintivos dentro de una urbe o en espacios naturales, en todos los casos corresponde a emplazamientos rituales significativos. Para denotar la importancia de su levantamiento muchas de ellas presentan inscripciones en sus laterales destacando una compleja iconografía al bajorrelieve, como las estelas 12 y 13 de Monte Albán, que muestran el calendario de 260 días más antiguo en Mesoamérica (*cfr*. p. 26). Algunas de ellas se levantan como imagen de veneración frente a un altar o templo. En el caso de las estelas mayas, estos monumentos no solo marcaban un período de tiempo de manera calendárica, sino que encarnaban físicamente ese período de tiempo. En nuestro caso sirven como en el caso de la Estela del Nevado de Toluca para señalar el sitio de observación para el levante del Sol para los días del paso cenital entre los picos Heilprin Norte y Sur (véanse las pp. 162 y ss.); también es ejemplificativo el caso de la Estela de los Dos Glifos que marca el eje de simetría con criterios astronómicos de la plaza homónima en Xochicalco (pág. 25).

4.4.5.2 Tipo R. Torres

Las denominadas "Torre Emblema", son construcciones aisladas que aparentan no tener una utilidad específica, pues carecen de habitaciones y de entradas, están perforadas en la parte alta y algunas son de base redonda y otras cuadradas, ocasionalmente se encuentran vestigios de estuco con pintura roja en su base, por todo esto son un enigma. Estas esbeltas construcciones de piedra se levantan aisladas, en altura no sobrepasan los 10 metros, por el remate de su crestería elevada corresponden al estilo Chenes, que prosperó en el Área Maya durante el período Clásico tardío, llama la atención que se encuentran alineadas casi en la misma longitud λ -89° 55´. Posiblemente operaron como gnomon como lo supone Franz Tichy [cit. por Broda, 2004: 32] quien llegó a la conclusión de que la distancia entre las torres estuvo determinada por la observación de los pasos cenitales del Sol (véase pág. 266). Estas construcciones me recuerdan a las

enigmáticas torres de Xucabun[116] sobre el cauce del río Jinsha en el Tíbet, que tuve la oportunidad de conocer y apreciar cuando visité el Tíbet, en el año 2011 por invitación del Gobierno de China.



ARRIBA

Detalle de una cruz punteada donde se aprecian los puntos esculpidos sobre una roca lisa de manera sistemática con intenciones matemáticas y geométricas, posiblemente se trata de petrograbados con fines geodésicos, Cerro Chapín, Zacatecas, fotografía del autor, 2006.

4.4.5.3 Tipo S. Cruces punteadas

Las cruces punteadas son esculturas al bajo relieve sobre grandes bloques de piedra de origen ígneo, presentan una superficie alisada previamente preparada para grabar gran cantidad de orificios en un orden de círculos concéntricos, que en ocasiones son reemplazados por cuadrados concéntricos, en ambos casos circular o cuadrado, manifiestan un par de ejes ortogonales. Se les encuentra también plasmados en pisos estucados o en afloramientos rocosos, su temporalidad apunta al período Clásico, su análisis revela el significado calendárico-astronómico potencial de los arreglos de agujeros y ejes que conforma esta iconografía que nos recuerda a la portada del *tonalámatl* del *Códice Fejérváry-Mayer* (véase pág. 15). Estas cruces punteadas parecen haber sido una aportación teotihuacana y su difusión a otros sitios mesoamericanos se ha interpretado como vestigio de esa presencia, por tal motivo se les denomina "marcadores teotihuacanos". Algunos especialistas consideran que estos monumentos fueron instrumentos dirigidos para orientar los edificios y espacios con exactitud, para otros se trata de puntos geodésicos para determinar fechas calendáricas señalando la posición del Sol al amanecer sobre el horizonte como se registró en Alta Vista [véase Montero, 2013b: 113-115]. Para Broda [2004] las cruces son una manifestación peculiar de conocimientos calendáricos teotihuacanos. Una característica que comparten muchas, aunque no todas, es que frecuentemente indican direcciones o alineamientos calendáricos y muchas de ellas consisten en 260 unidades.

116 Se trata de 250 torres de piedra distribuidas por el Tíbet, se construyeron a partir de una combinación de piedra cortada, ladrillo y madera con una técnica asombrosa antisísmica, presentan diversas formas: cuadradas, poligonales y en forma de estrella. No existe documentación sobre su creación o su función, muchas de ellas están sin techo. Su papel en la historia es un misterio, se supone fueron erigidas entre los años 200 y el 1400 d. C.

5
Etnoastronomía

5.1 Concepto

La etnohistoria es la especialidad antropológica que estudia a las comunidades originarias de una región, en esta entrega atenderemos únicamente al caso de Mesoamérica; cuando la etnohistoria se relaciona con el conocimiento y el quehacer astronómico ya sea en el presente o el pasado, se asume el término etnoastronomía. La etnoastronomía como disciplina se ocupa de los calendarios, los mitos y las leyendas que se tenían respecto a los cielos; además del culto y ritos que guardaban a los dioses que suponían estaban manifiestos en los cuerpos celestes.

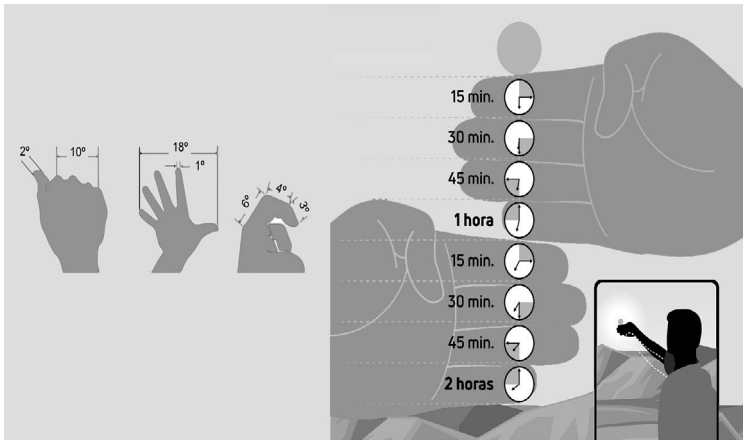
La articulación entre etnología y astronomía permite esclarecer el mundo como lo entiende el "otro"; independientemente de que éste se encuentre en el pasado o en el presente, se trate de un grupo marginado o dominante, posea o no escritura como forma comunicativa. Para su estudio, se emplean herramientas documentales como los escritos o fuentes primarias que en el caso de Mesoamérica corresponden a la escritura jeroglífica, la iconografía, los códices, las crónicas y las cartas de relación; por su parte los escritos o fuentes secundarias incluyen los textos y documentos que han generado otros investigadores. Así que la etnohistoria es la especialidad antropológica encargada del estudio histórico-cultural de los diferentes pueblos, mediante la reconstrucción de la cultura y las formas de vida antiguas y presentes a través de fuentes documentales.

ENFRENTE

El cielo mixteco estratificado con Quetzalcóatl en la parte superior donde se representa en medio de la pareja 1 Venado, por debajo le siguen ocho niveles ocupados por estrellas, en el nivel más bajo la Luna y el Sol, sumando 9 niveles, los cielos aparecen desgarrados por el centro para que descienda a la Tierra Quetzalcóatl como Nueve Viento. Primera página del *Rollo Selden*, recientemente renombrado "Rollo del Fuego Nuevo", no confundir con el *Códice Selden* [véase Díaz, 2011: 128].

En el caso de Mesoamérica, los antiguos eruditos que observaban el cielo se dieron a la tarea de anotar sus observaciones empíricas en estelas, edificios y códices. El hecho de que hayan decidido establecer los períodos canónicos convencionales para los ciclos cósmicos, lejos de reflejar un desinterés por la observación de las verdades de la naturaleza del mundo circundante supone que habían llegado a un grado de abstracción notable. Esta desviación de la naturaleza no significa que no se interesaran en los movimientos reales de los astros y en sus duraciones precisas. Todo lo contrario, perfectamente conscientes de la incapacidad de definir sus períodos de manera definitiva se dieron a la tarea de anotar los resultados de sus observaciones empíricas con la ayuda de una regla absoluta abstracta, dejando los siglos y los milenios venideros para delimitar el error acumulado. El querer refutar el carácter científico de los sistemas precolombinos en América bajo el pretexto de que estuvieron íntimamente ligados a la organización del ritual y revestidos de supersticiones de orden adivinatorio, no serían más serio que ignorar las tres maravillosas leyes de Kepler, porque estas determinaban también los horóscopos [Lebeuf, 1995: 221].

Los astrónomos eran reverenciados con el nombre de *ilhuicac-matini* por los nahuas del siglo XVI, se referían al sabio conocedor de los cielos, la palabra está compuesta de dos vocablos *ilhuicac*, "el lugar del cielo", y *matini*, "que conoce". Se alude al conocimiento de los astros "que avanzan por los caminos celestes", pormenorizada es la descripción que se da de los astrónomos nahuas en el libro de los *Colloquios*, AP I, 10, líneas 14 y 15, de fray Bernardino de Sahagún [1986] donde se afirma que son ellos "los que ven, los que se dedican a observar el curso y el proceder ordenado del cielo, cómo se divide la noche"; en la edición de *La filosofía náhuatl*, estudiada en sus fuentes de Miguel León Portilla [1993], que estudia estos *Colloquios* en el apéndice II, del vocabulario filosófico náhuatl, llama la atención la palabra *iohtlatoquiliz*, el avance por los caminos del cielo, voz compuesta del prefijo *i* 'de él', *in ilhuicatl* 'del cielo', *oh* de *ohtli* 'camino' y finalmente *tlatoquiliz*(*tli*) 'avance o corrimiento', así en un solo término, *ioh-tlatoquiliz*, se señala uno de los objetivos fundamentales de los astrónomos nahuas: observar el avance de los astros, con el fin de medir sus mutaciones, como claramente lo indica la idea expresada por *matacacholiz* (colocación de la mano sobre el "huir" de los cielos), ya que a modo de sextante medían con la mano el avance de los astros, como aún en la actualidad lo podemos hacer considerando los dedos y la mano para realizar medidas angulares en el cielo.



IZQUIERDA

Utilización de la mano y los dedos para realizar medidas angulares en el cielo y de tiempo, como pudo haberse realizado en la antigüedad asumiendo el termino nahua *matacacholiz* [véase León Portilla, 1993: 383].

Antes de cerrar este apartado, es necesario apuntar, que los cielos, además de conformar una cosmovisión, también significaron para los pueblos antiguos una filosofía y una poesía, como leemos en el siguiente fragmento del *Chilam Balam de Chumayel*, capítulo 111, "El final del tiempo antiguo":

> Toda Luna, todo año, todo día, todo viento, camina y pasa también [...]. Medido estaba el tiempo en que pudieran elevar sus plegarias. Medido estaba el tiempo en que pudieran recordar los días venturosos. Medido estaba el tiempo en que mirara sobre ellos la celosía de las estrellas, de donde, velando por ellos, los contemplaban sus dioses, los dioses que están prisioneros en las estrellas.

5.2 Cosmovisión[117]

A diferencia de la religión, la cosmovisión es un entendimiento, una percepción y una contemplación del mundo. La cosmovisión no da sentido a la vida de los hombres como lo hace la religión, porque solamente alcanza una categoría cognitiva donde las imágenes del mundo encuentran un significado, un modelo de representación. La cosmovisión es una teoría del universo cultural, en tanto la religión es la verdad de los dioses que busca ser verificada en los mitos y comprobada en los ritos. Es así como la cosmovisión comprende la estructura del universo y la clasificación de este como pensamiento mítico. Es un instrumento que tiene la sociedad para reflexionar sobre la organización del cosmos que se presenta en un aparente caos universal.

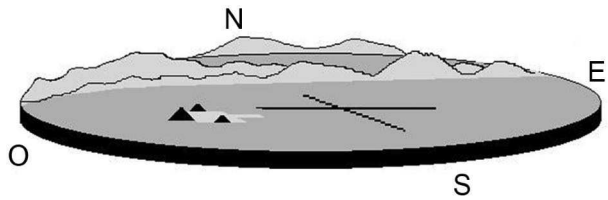
117 Algunos de los conceptos sobre cosmovisión presentados en este apartado ya fueron publicados por el autor [Montero, 2011d: 162-173].

El pensamiento antiguo da razón, lugar y orden a los elementos que lo rodean: astros, montañas, ríos, cavernas, aguas, etcétera. Sin embargo, no es fácil encontrar una clara diferencia entre la cosmovisión y la religión en Mesoamérica.

No sólo en el Área Maya, sino en toda Mesoamérica concebían la forma de la Tierra geométricamente como una lámina plana de forma circular o cuadrada. En el preámbulo del *Popol Vuh* aparece descrita como una gran superficie circular.

DERECHA

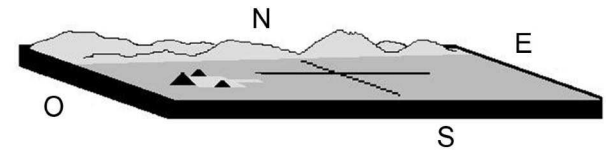
En el preambulo del *Popol Vuh* se dice:
Aquí se inician las antiguas historias de este lugar llamado Quiche. Haremos la publicación de lo que estaba oculto, de lo que hicieron Tzacol [...] Ah Raxa Lac [el 'Señor del plato verde' (la Tierra)].



Es de forma rectangular como se describe en el *Códice Madrid* o *Códice Tro-Cortesiano* [cit. por Montoliú, 1983].

DERECHA

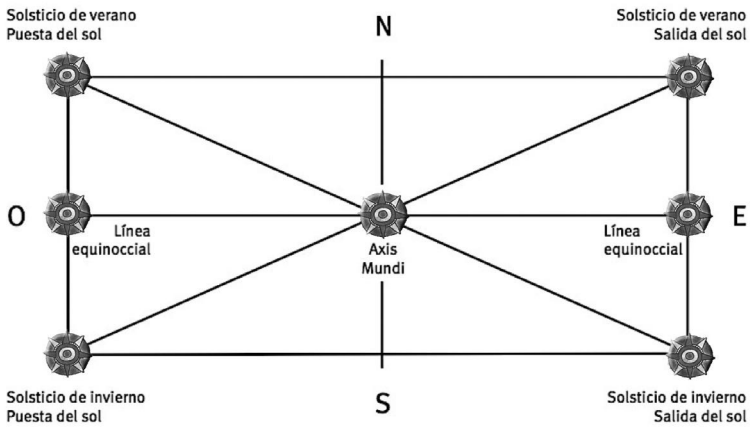
La Tierra como rectángulo



De manera general, la propuesta que asemeja la Tierra con una placa rectangular fue la más adoptada; a este rectángulo se le asigna por cada lado una dirección cardinal: este, oeste, norte y sur. Una expresión arqueológica de este cosmograma,[118] es el que se reproduce en Chichén Itzá considerando a la pirámide de El Castillo como centro o *axis mundi* para marcar los rumbos cardinales con los cenotes Holtún, Sagrado, Xtoloc y Kanjuyum (véase pág. 179 y ss). Es así como la pirámide al centro y los cuatro cenotes a los extremos conforman un quincunce, que como disposición geométrica está presente desde el Preclásico con la cultura olmeca, hasta el Posclásico con los mexicas en una elaborada expresión simbólica mesoamericana, que también está perfectamente representada en la primera página del *Códice Feyérváry-Mayer*, donde se representa al centro a Xiuhtecuhtli, dios del fuego y del año, rodeado por 8 deidades asociadas con 4 árboles que marcan las 4 direcciones cardinales (véase ilustración en la pag. 15), la complejidad iconográfica del documento añade los signos del calendario adivinatorio de 260 días que trataremos en el siguiente aparatado sobre el calendario.

118 No se hace referencia a un ejercicio propio de la astronomía, sino a la representación del cosmos en un plano como representación simbólica de la realidad geográfica.

Mas allá del quincunce, la propuesta de Villa Rojas [1985b: 230 y ss.], me parece acertada, pues se plantea trazar líneas desde el centro del rectángulo a las esquinas, los vértices resultantes estarán determinados en su orientación por la dirección por la que sale y se pone el Sol durante los solsticios de invierno y verano respectivamente, dejando un eje central en medio que corresponde a los equinoccios. De esta manera, estarían marcados los rumbos del universo por la posición del Sol en su aparente movimiento sobre el plano terrestre durante el año trópico.



IZQUIERDA

Ideograma cósmico a partir del curso solar y su ciclo anual.

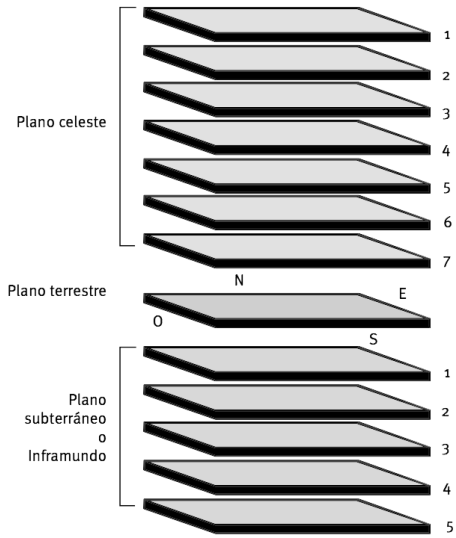
La estructura hipotética del plano terrestre o *tlalticpa* puede ampliarse si se contempla además de los 4 rumbos cardinales, a las 4 posiciones extremas del Sol que son los solsticios, más el centro obtenemos al número 9, este emblemático número en lengua náhuatl se dice *chicnahui*, vocablo que nos recuerda al Chicnauhtécatl, el reverenciado volcán hoy denominado Nevado de Toluca, montaña que es un cosmograma al tener por nombre ancestral al número 9, es "El Señor Nueve" que completa su trascendencia simbólica con nueve planos superiores el *chicnauhtopan* y con nueve inferiores el *chicnauhmictlan*, véase Montero [2012d].

Por encima de la Tierra creían que había distintos cielos sobrepuestos, de tal forma que el plano terrestre era un plano intermedio entre los cielos como elemento superior y el mundo subterráneo denominado inframundo como elemento inferior.

Los cielos eran considerados como estratos independientes sostenidos por columnas de piedra. A estas columnas se les denomina *pahuatun* en algunos grupos mayas. Son cuatro, uno a cada esquina del rectángulo; a cada rumbo le corresponde un color y diferente elemento ritual. Los *bacabe* eran los dioses de los cuatro rumbos que sostenían el cielo según el *Chilam Balam de Chumayel*.

ABAJO

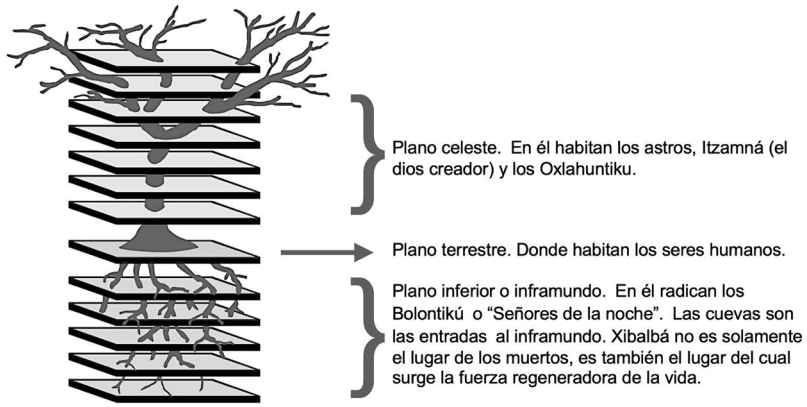
La estructura cósmica se entendía como una superposición de planos superiores que son los cielos; e inferiores, como el inframundo; unidos por el plano terrestre que es el mundo.



En otras fuentes, la sustentación del plano celeste obedece a una gran ceiba que es el centro del universo, como aparece en el *Códice Madrid* o *Códice Tro-Cortesiano*. La ceiba sustenta y comunica con sus ramas al cielo, e imaginemos que con sus raíces a los estratos del inframundo; es entonces el *axis mundi* ideal.

DERECHA

La ceiba como el gran árbol que sustenta y une todos los niveles cósmicos.



En los documentos del *Chilam Balam*, el *Chilam Balam de Tizimín*, el *Códice Pérez* y el *Ritual de los Bacabes* se mencionan cinco columnas, una por cada extremo y otra al centro. Por otra parte, entre los mayas hay una homología entre la columna o árbol (ceiba) del centro del mundo y la planta de maíz [Montoliú, 1983:13]. A este árbol los lacandones de Chiapas hoy lo denominan el Manché. En el *Códice Tudela*, pág. 97r, los símbolos acuáticos como caracoles sangrantes representan las aguas que brotan de los árboles cósmicos y del inframundo. En suma, el árbol es el sostén del universo.

Ya en su oportunidad López Austin [1994:19-20] presenta un esquema con las raíces del árbol como el inframundo, pero completa su modelo con el tronco como *tlaltipac*, en la superficie de la Tierra. Por los troncos corrían las esencias divinas que comunicaban al cosmos superior e inferior, con lo cual se proponía una partición del cosmos entre lo masculino y femenino.

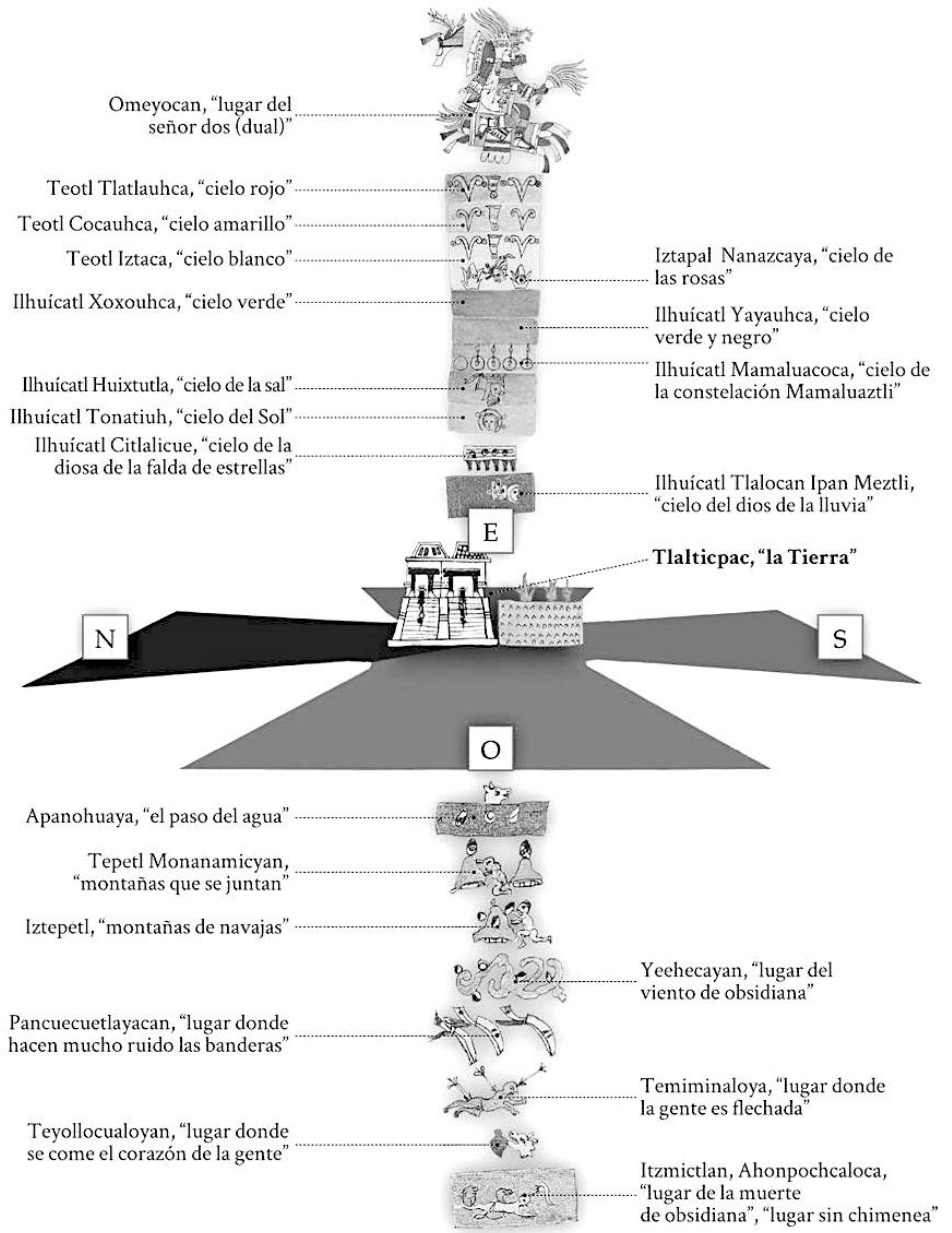
Pasemos ahora a los cielos inferiores que en algunas fuentes son nueve y que, en conjunto, comprenden al inframundo:

> La mitad superior del mundo es la inversión de la mitad inferior, la primera es para la vida y la segunda para morir; cuando el Sol se encuentra en la bóveda celeste hay vida, pero cuando está en el inframundo los hombres duermen, que es como morir. Por eso el cielo nocturno es el cielo del inframundo, el que debe atravesar el Sol por la noche hasta reaparecer brillante y abrasador al alba [Rivera, 1987: 1128].

Respecto al número de cielos superiores e inferiores existentes en la cosmovisión indígena se presenta una compleja y diversa información, pues el número de éstos varía para los cielos superiores de tres a trece según la fuente. Por ejemplo, según el *Libro de los Espíritus del Chilam Balam* es de nueve y están determinados por estratos, por lo que adquieren cada uno un elemento astronómico distinto: el primer cielo es la Luna; el segundo es Mercurio; el tercero es Venus; el cuarto es el Sol; el quinto es Marte; el sexto es Júpiter; el séptimo corresponde a Saturno; el octavo está conformado por las constelaciones; y el último y noveno cielo, el más relevante y místico de todos, es el cielo cristalino, donde radica dios. En el *Chilam Balam de Tizimín* se presentan trece cielos superiores Oxlahuntikú, 'Trece deidad' y nueve inferiores Bolontiku, 'Nueve deidad'.

ABAJO

La mayoría de los pueblos nahuas del Altiplano creían que había 13 cielos y 9 inframundos dispuestos en un gran eje. La Tierra, *tlalticpac*, la mitad del universo era al mismo tiempo uno de los cielos y uno de los inframundos. Valiéndose del *Códice Vaticano* A [3738, f. 1v] Viesca y Ramos [2014] ensayan con esta ilustración.

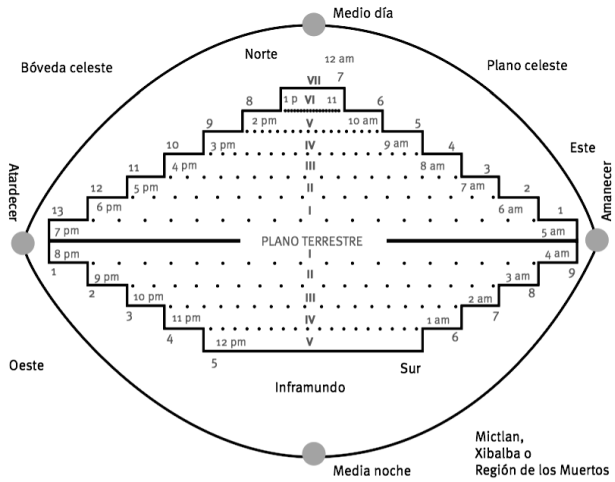


En otros casos sólo nueve son los cielos superiores y nueve los cielos inferiores. Para ambos niveles se forma una gran pirámide, en donde cada cielo responde a un escalón o estrato; la base entonces de ambas pirámides es el plano terrestre.

En fuentes etnográficas del siglo pasado como las investigaciones de Holland entre 1960 y 1970 con los lacandones se presenta la idea de trece cielos superiores, el quinto es el más importante; para Villa Rojas [1968], la dimensión vertical del universo comprende trece cielos y nueve planos inferiores. En este caso los trece cielos se forman a partir de siete estratos, presentándose así una pirámide en donde la cúspide es el cenit, a cada escalón corresponde entonces una hora del día.

DERECHA

Los estratos cósmicos son ahora propuestos como una pirámide, donde valores y correlaciones míticas se ligan a los escalones y estratos, de lo que se obtiene una propuesta armónica.



Como ya apuntamos, el número de los cielos varía de tres a trece según la fuente, el período o el grupo étnico referido. Frente a esta diversidad recurramos a la versión tzotzil contemporánea expuesta por Holland [1963:70] para ilustrar de una manera sintética la cosmovisión maya, pues me parece acertado cómo representa al universo como dos grandes pirámides: la primera corresponde al plano celeste en donde cada cielo responde a un escalón, la base entonces de la pirámide está en la Tierra -plano terrestre- y la parte terminal, en el cenit. La otra pirámide está invertida y corresponde al inframundo, pero parte de la misma base, el plano terrestre.

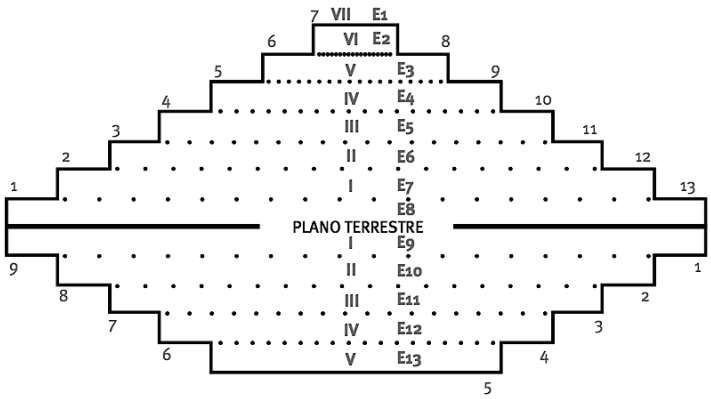
La discusión sobre la desigualdad del número de cielos del mundo mesoamericano antiguo y contemporáneo puede asumirse de una manera diferente valiéndose de esta propuesta tzotzil, pues se trata de siete estratos con trece escalones. Observemos algunas fuentes: en el *Chilam Balam de Tizimín* se presentan trece cielos superiores con el nombre Oxlahuntikú 'Trece deidad' y nueve inferiores Bolontiku 'Nueve deidad'. En el *Chi-*

lam Balam de Chumayel se habla de una gran columna que sostenía siete cielos. Por otra parte, Montoliu [1983: 23] apunta:

> En una versión del Chumayel, en la que Tozzer (1907) de Valladolid y en una de Villa Rojas de Quintana Roo, los pisos celestes son siete. Pero en el propio Chumayel, en otros Chilames y en el Ritual se habla de trece lugares celestes y de trece dioses solares. Seler habla de trece capas de nubes que se representan en la iconografía mediante el Ave Moan cuyo coeficiente consiste en dicho número. Thompson (1975) retomando algunos conceptos de Seler, menciona la posibilidad de que los mayas consideraran el universo como una pirámide escalonada. Los cielos son siete pero se formaban seis escalones ascendentes, el decimotercero es el cenit, y seis escalones descendentes. Cada mañana el Sol recorría una trayectoria hasta desaparecer por el horizonte occidental. El mundo inferior, por lo tanto, se constituía por cinco pisos.

Ahora bien, ya tomada la propuesta de la forma del universo en donde se representan dos pirámides, asignemos valores a cada una. Sin tomar en cuenta el plano terrestre tenemos siete niveles superiores con trece escalones: seis ascendentes, seis descendentes y uno para la cúspide que es el cenit. Respecto al inframundo, de igual manera, cinco niveles y nueve escalones: cuatro descendentes, cuatro ascendentes y uno para el extremo distal o nadir.

Aplicando los valores al mapa del universo, tenemos primero los estratos denotados con la letra "E". En forma descendente suman 13, contando con ello el plano terrestre. Al multiplicar 13 por los cuatro rumbos del universo, o sea, los cuatro puntos cardinales en que se divide el plano terrestre, obtenemos 52, que es el número de años que ya se ha comentado su importancia en el capítulo anterior con la familia 52. Si esto lo multiplicamos por dos, que corresponde, uno al plano celeste y otro al inframundo, obtenemos el valor de 104, que es el número de años que completa un "gran siglo prehispánico".



IZQUIERDA

Articulación de valores matemáticos, míticos y cosmológicos.

Ahora, otorguemos a la cifra 52 la categoría de una constante por la cual se multipliquen el número de estratos de cada plano. Para el inframundo es 52 × 5 = 260, este valor corresponde al número de días del calendario ritual indígena denominado *tzolkin*. De la misma forma al multiplicar 52 por el número de estratos del plano celeste, que son siete (denotados en la figura con números romanos) obtenemos el valor de 364, que es una aproximación a los días del año solar o *haab*. De esta forma obtenemos los dos calendarios a partir de los valores del plano universal prehispánico. El calendario del año trópico para la parte superior, o celeste, y el calendario ritual para el estrato inferior, o inframundo [Montero, 2011d: 172].

Con referencia al inframundo, es necesario mencionar que en los mitos antiguos también está relacionado con el lugar de nacimiento y, por tanto, es arquetipo de matriz. Así pues, el valor de 260 días que compone el ciclo ritual indígena se puede relacionar con el período de gestación del ser humano; además, sus nueve estratos corresponden a las nueve lunaciones en que se gesta la especie humana, articulándose así perfectamente el criterio que tenían de la cueva con el cosmos y la vida.

Por otra parte, el número trece, que corresponde a los escalones del plano celeste, responde también al número de apariciones de la Luna en un año trópico; la relación parte de que este calendario está asociado en este diagrama al plano celeste y al calendario del año trópico. En otra relación, el número trece es divisor de períodos de eclipses, de los valores de la lunación y de períodos siderales de la Luna y Venus [Maupomé, 1982:32].

Muchas más pueden ser las relaciones que puedan partir de esta propuesta, pues los valores fundamentales 4, 9, 13, y 52 están aquí presentes. Eric Thompson [cit. por Quiñones, 1988:59] demostró que el factor común más elevado en las cifras es 819, número que se descompone en los productos: 9 × 91, 7 × 117, 3 × 273 y 7 × 9 × 13, destacando los números 7, 9 y 13 como de gran importancia mística. Por su parte, Maupomé [1982:49] describe:

> En el Códice de Dresde hay tablas de múltiplos de 260, 364, 584, 78, 780, y los valores de los ciclos sinódicos de Mercurio, Júpiter y Saturno. Existía entre los mayas el periodo de 819 días que es 117 × 7 = 91 × 9 = 7 × 13 × 9, los 9 señores de la noche, los siete señores de la tierra, los trece señores de los días.

Por último, la propuesta respecto a los numerales 4, 9 y 13 como elementos relevantes para la descripción cosmogónica del uni-

verso encuentra un elemento de cohesión interesante desde la perspectiva de López Austin [1983: 76], quien así describe el concepto de fusión y fisión de los dioses:

> Esta particularidad de los panteones mesoamericanos no es novedosa, y como casos típicos se han venido mencionando los de Oxlahuntikú y Bolontikú en el mundo maya, y el de Nappatecuhtli en el Altiplano Central de México, personajes divinos que respectivamente son producto de la fusión de trece, nueve y cuatro dioses. Son los casos más claros; pero no los únicos.

El ejercicio anterior demuestra el ingenio y la imaginación de aquellos hombres por explicar la realidad. A lo que hay que agregar que por fuera de los bordes de esta lámina pétrea -circular o cuadrada- entendían que existía un espacio sagrado y acuático caótico. En otras fuentes, la forma de la Tierra no es geométrica, sino zoomorfa, a manera de un gran saurio que en el "comienzo de los tiempos" fue fecundado, gracias a lo cual empezó a crecer la vida en la Tierra. Este monstruo acuático es llamado *cipactli* en el mito nahua, y denotado de varias formas en Mesoamérica: en Monte Albán, por ejemplo, se encuentra en la cuarta sección de un pectoral de oro hallado al interior de la Tumba 7 como una figura con la boca muy abierta; en los manuscritos y en otras esculturas zapotecas aparece como una figura fantástica de sapo, con la boca armada de dientes y las manos y los pies con garras, que eventualmente se asocia al glifo de caverna [Caso, 1969:96 98]; para los mayas es Itzam Cab con el glifo *mix* [Montolíu, 1984:65 67]; también se le conoce como un gran cocodrilo o lagarto que en ocasiones puede ser confundido con una iguana. En el *Chilam Balam de Chumayel* se menciona [Mediz Bolio, 1979, p. 64]:

> A esa hora, Uuc-cheknal, vino de la Séptima capa del cielo. Cuando bajó piso las espaldas de Itzám-cab-Aim ["Brujo-del-agua- tierra-cocodrilo"] el así llamado. Bajó mientras se limpiaban la tierra y el cielo.

Las aguas circundaban a la Tierra, porque ésta había sido creada a partir del Monstruo Acuático, o bien, porque el Monstruo de la Tierra era una isla rectangular u ovalada llamada *cemanahuac* como la denominaban los mexicas, "el lugar rodeado por agua". La Tierra era un monstruo porque al atardecer se tragaba al Sol por entre sus fauces, y era acuático por estar rodeado por el mar. Así que el espacio debajo de la Tierra estaba lleno de agua y era

la residencia de las deidades de este elemento. Suponían que existía una conexión subterránea entre las grandes cuevas y el agua. La pirámide misma era considerada como un cerro sagrado que cubría las aguas subterráneas. Si bien es cierto que esta propuesta de Broda [1987] corresponde más a la tradición prehispánica del Altiplano, es necesario apuntar que contamos con representaciones de Tláloc en vasijas y esculturas al interior de cenotes y cuevas alrededor de Chichén Itzá, como es el caso de la cueva de Balankanché y el cenote de Holtún[119] expuesto en el capítulo anterior.

5.3 Calendario

Ya se ha expuesto en el capítulo *4 Arqueoastronomía*, cómo la intención de los arquitectos en determinados sitios de Mesoamérica fue otorgar un sentido simbólico al trazo de sus urbes siguiendo esencialmente las alineaciones que dictaban el orden del tiempo. Esto resulta trascendental porque la atención no se fijó necesariamente en los fenómenos del cielo, sino en diferentes fechas que daban sentido a la organización social, por eso un apartado sobre el *calendario* se integra a esta entrega.

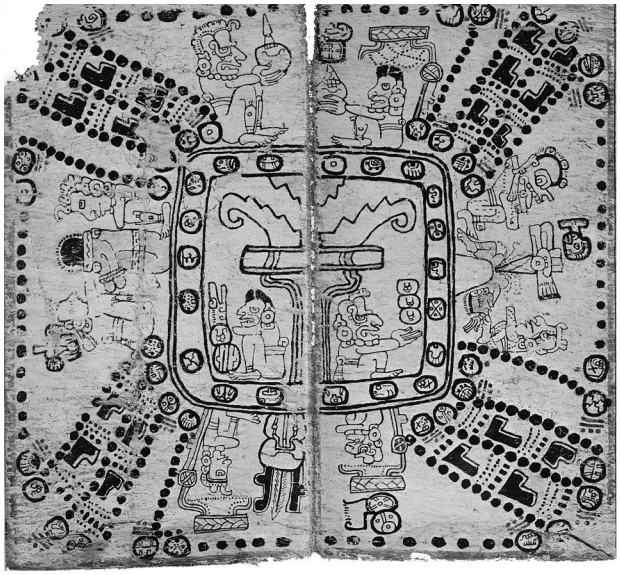
Edmonson [2000], considera que, a inicios del siglo XVI, estaban en uso al menos 38 calendarios diferentes en Mesoamérica. Por tal motivo, es difícil sostener una sincronización mesoamericana del tiempo. No obstante, la evidente ausencia de homogeneidad calendárica, se percibe una convención regional en la que coexisten dos sistemas esenciales para el cómputo del tiempo: el primero es un calendario solar de 365 días; y el segundo constituido por un ciclo de 260 días, a la manera de un almanaque ritual. Ambos sistemas estaban expresados en diversos contextos: en las alineaciones de los edificios con respecto al Sol; en tallados en las rocas; en la cerámica; en la pintura mural; en los códices y sobre todo en los marcadores de horizonte donde la cuenta de los días se realizaba a la manera de un ábaco a través de un perfil orográfico $^{y}/_{o}$ arquitectónico.

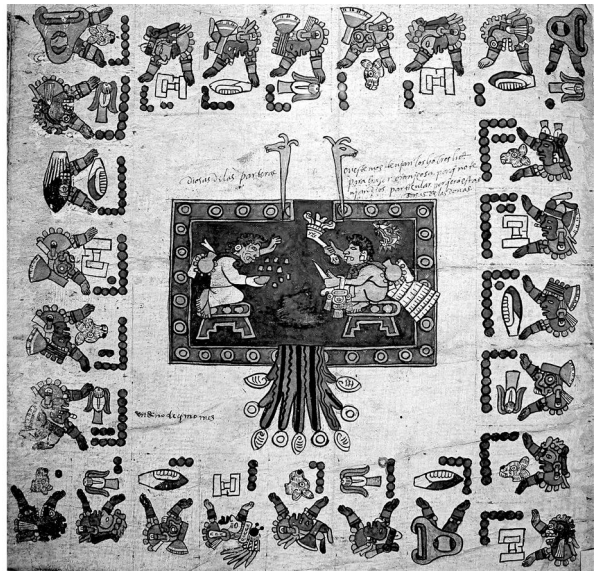
Entre los conceptos culturales esenciales para Mesoamérica compartidos con sus propias variantes regionales está el mito de la creación del Universo, en esta narración se le atribuye a una pareja primigenia constituida por un par de ancianos eruditos el establecimiento del calendario, eran conocidos entre los nahuas

119 Que de alguna forma nos hace recordar el Santuario de Santa Cristina, un pozo que fue utilizado como observatorio lunar desde el siglo XI a. C., se encuentra en la isla de Cerdeña.

como Cipactónal y Oxomoco; entre los mixtecos como Señor 1 Venado y Señora 1 Venado; e Itzamná e Ix Chebel Yax entre los mayas. Una cita de Sahagún [1985: libro IV, capítulo I] ilustra lo anterior:

> [...] esta astrología o nigromancia fué tomada y hubo origen de una mujer que se llamaba Oxomoco, y de un hombre que se llamaba Cipactónal; y los maestros de esta astrología o nigromancia que contaban estos signos, que se llamaban Tonalpouhque, pintaban a esta mujer Oxomoco y a este hombre Cipactónal, y los ponían en medio de los libros donde estaban escritos todos los caracteres de cada día, porque decían que eran señores de esta astrología o nigromancia, como principales astrólogos, porque la inventaron e hicieron esta cuenta de todos los caracteres.





Esta visión cosmogónica que revela el origen del calendario y el subsecuente ordenamiento del tiempo y el espacio estuvo estrechamente vinculada con la religión y la cosmovisión. De tal suerte que el sistema calendárico mesoamericano es una aportación que distingue a las civilizaciones de esta región del mundo, pues es uno de sus más grandes logros intelectuales; su funcionamiento, vinculado a las creencias religiosas, regulaba toda clase de actividades económicas y sociales, muchas de las cuales eran sancionadas mediante un estricto ritual ceremonial. Todos los calendarios mesoamericanos tienen una base común, muy posiblemente establecida por los olmecas, sólo que con algunos ajustes propios de cada época y región, cambiando por ejemplo los nombres de los días y las veintenas que algunos gustan denominar "meses" indígenas. Sin embargo, el calendario

ARRIBA

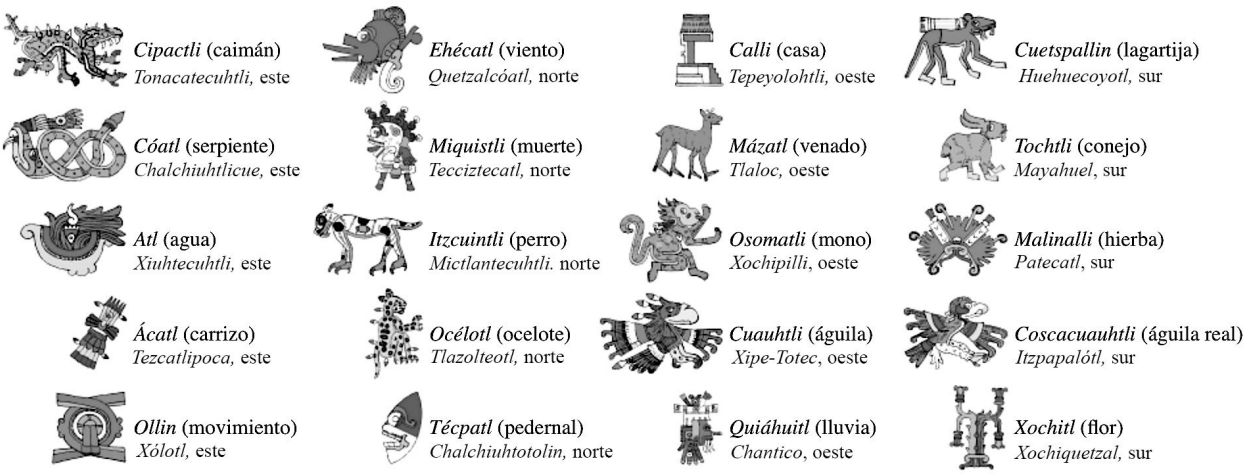
Los ancianos adivinos se encargaron de dividir el día, la noche y los años. Las páginas 75 y 76 del *Códice Madrid* a la izquierda muestran los cuatro sectores cósmicos, y en el centro a la pareja creadora de Itzamná e Ix Chebel Yax sentada a los lados del gran árbol que funciona como el *axis mundi* del mundo maya; de igual forma a la derecha para el Altiplano Central un concepto similar con los ancestros Cipactónal y Oxomoco en el *Códice Borbónico*, página 21.

en Mesoamérica alcanzó su máximo refinamiento con el sistema de la cuenta larga de los mayas del período Clásico. En el caso del Altiplano, los sabios mexicas, que debieron heredar de los toltecas el sistema calendárico, tenían como ya se apuntó dos cuentas distintas: una ritual denominada "cuenta de los días y los destinos" conocida como *tonalpohualli*, constituido por veinte trecenas (20 × 13 = 260), y la del año solar denominado *xiuhpohualli* del náhuatl, *xihuitl*, año y *pohualli*, cuenta: "cuenta del año" que estaba conformado por 18 veintenas, más cinco días (18 × 20 = 360 + 5). Son equivalentes respectivamente, al *tzolkin* y al *haab* de los mayas; y al *piye* e *yza* de los zapotecas.

La cuenta de los días que corresponde al calendario adivinatorio *tonalpohualli*, es un período de 260 días nombrados de forma consecutiva sin referencia alguna al año solar. Todo día recibe un nombre que consta de dos elementos combinados: un número y un signo; los numerales van del 1 al 13, y los signos, que son 20, están representados por las figuras de animales, objetos o situaciones. Ambos elementos se conjugan en todas las combinaciones posibles de 13 y 20, hasta llegar a 260. Ahora bien, cada uno de los 20 signos se encuentra bajo la protección de un dios tutelar, y está asociado a un punto cardinal determinado.

ABAJO

Los veinte signos para los días del *tonalpohualli*, con ortografía diferente en algunos casos, para Tecuciztecatl por Tecciztecatl; Ozomantli u Ozomatli por Osomatli; y Cozcacuauhtli o Cozcacuauhtl por Coscacuauhtli.



El año solar cuenta 365 días reunidos en 18 grupos de 20 días, más cinco días llamados *nemontemi* o *uayeb* en maya. Este es el *xiuhpohualli*, un calendario de 360 días, que estaba compuesto de dieciocho veintenas, a las que sumaban los *nemontemi* para completar un año vago de 365 días. Estos días que se "agregaban" al registro eran considerados aciagos, desamparados, vacíos y abismales; que si bien no contaban (*itech pohui*), sí se registraban (*tlapohua*) en términos del cómputo del tiempo. Los mayas denominaban a los días aciagos *uayeb* y al año solar *haab*.

símbolo	veintena	Sahagún	Tena	Durán
	atlcahualo	12 febrero - 3 marzo	26 febrero - 17 marzo	11 marzo - 30 marzo
	tlacaxipehualiztli	4 marzo - 23 marzo	18 marzo - 6 abril	31 marzo - 19 abril
	tozoztontli	24 marzo - 12 abril	7 abril - 26 abril	20 abril - 9 mayo
	huey tozoztli	13 abril - 2 mayo	27 abril - 16 mayo	10 mayo - 29 mayo
	tóxcatl	3 mayo - 22 mayo	17 mayo - 5 junio	30 mayo - 18 junio
	etzalcualiztli	23 mayo - 11 junio	6 junio - 25 junio	19 junio - 8 julio
	tecuilhuitontli	12 junio - 1 julio	26 junio - 15 julio	9 julio - 28 julio
	huey tecuílhuitl	2 julio - 21 julio	16 julio – 4 agosto	29 julio - 17 agosto
	tlaxochimaco	22 julio - 10 agosto	5 agosto - 24 agosto	18 agosto - 6 septiembre
	xócotl huetzi	11 agosto - 30 agosto	25 agosto - 13 septiembre	7 septiembre - 26 septiembre
	ochpaniztli	31 agosto - 19 septiembre	14 septiembre - 3 octubre	27 septiembre - 16 octubre
	teotleco	20 septiembre - 9 octubre	4 octubre - 23 octubre	17 octubre - 5 noviembre
	tepeílhuitl	10 octubre - 29 octubre	24 octubre - 12 noviembre	6 noviembre - 25 noviembre
	quecholli	30 octubre - 18 noviembre	13 noviembre - 2 diciembre	26 noviembre - 15 diciembre
	panquetzaliztli	19 noviembre - 8 diciembre	3 diciembre - 22 diciembre	16 diciembre - 4 enero
	atemoztli	9 diciembre -28 diciembre	23 diciembre - 11 enero	5 enero - 24 enero
	títitl	29 diciembre - 17 enero	12 enero - 31 enero	25 enero - 13 febrero
	izcalli	18 enero - 6 febrero	1 febrero - 20 febrero	14 febrero - 5 marzo
	nemontemi	7 febrero - 11 febrero	21 febrero - 25 febrero	6 marzo - 10 marzo

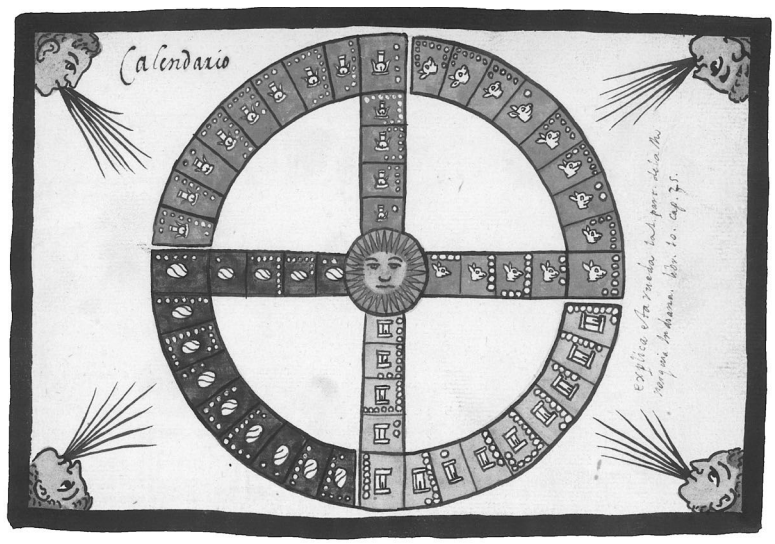
ARRIBA

Las dieciocho veintenas o "meses" del calendario mexica en su correlación gregoriana (st.n.) según diferentes fuentes destacando las fechas astronómicas registradas en orientaciones de edificios y marcadores de horizonte del capítulo *4 Arqueoastronomía*.

Las veintenas se denominaban en náhuatl con la misma palabra para designar a la Luna, *metztli*, en cierto modo equivalente al término contemporáneo de "mes", con la diferencia de que todos los meses eran de igual duración. El seguimiento de las fases de Luna llena año tras año en un sistema de veintenas es

relevante, pues atendiendo a la deriva anual de la Luna que oscila entre 10 y 11 días, es posible seguirla por un ciclo solar anual de la siguiente forma: cae al final de una veintena cualquiera, a la siguiente caerá a mediados, y a la siguiente al principio de esta o al final de la que le antecede. Al graficar todas las lunas llenas sobre el ciclo anual subdividido en veintenas, se observa que, si en el primer año la Luna llena queda al principio de la primera veintena, la siguiente ocurrirá a la mitad de la segunda veintena, y la tercera al final de la veintena que sigue, y así sucesivamente.

Ahora pasemos a las denominaciones de los años. Cuatro días del *xiuhpohualli* se combinaban para otorgar a cada año de un nombre propio; este nombre respondía a la composición de 13 numerales por "cuatro portadores de año", los portadores eran los días: conejo, *tochtli*; caña, *acatl*; pedernal, *tecpatl*; y casa, *calli*. Cada año se relacionaba con un rumbo del universo, con un lugar y con un color. Al avanzar los numerales de uno en uno, se utilizaban 13 numerales; de este modo, el total de nombres de los años resultaba de la combinación de 4 × 13, resultando 52 denominaciones. El período de 52 años se denominaba "atadura de los años" o *xiuhmolpilli*, constituyéndose así un ciclo del sistema calendárico que algunos denominan "siglo mesoamericano".



ARRIBA

El *xiuhmolpilli* mexica según el *Códice Tovar*, con el Sol en el centro de la rueda calendárica que conforma un ciclo.

ángulo superior izquierdo:	*ácatl* (caña);	rumbo, este;	lugar, *tlapcopa* (lugar de la luz);	color, rojo.
ángulo superior derecho:	*tochtli* (conejo);	rumbo, sur;	lugar, *huitztlampa* (lugar de las espinas);	color, azul.
ángulo inferior izquierdo:	*técpatl* (pedernal);	rumbo, norte;	lugar, *mictlampa* (lugar de la muerte);	color, negro.
ángulo inferior derecho:	*calli* (casa);	rumbo, oeste;	lugar, *cihuatlampa* (lugar de las mujeres);	color, blanco.

Cada ciclo de 52 años se cumplía al llegar el año 2 Ácatl, se creía habrían de ocurrir grandes cataclismos incluso podría suceder el fin del mundo: el fin del Quinto Sol mexica. A la llegada del año 2 Ácatl se celebraba una fastuosa ceremonia denominada Fuego Nuevo, que al parecer se conmemoraba durante el mes *panquetzaliztli*; tiempo después, al llegar el mes, *tititl*, se enterraba una gavilla o atadura de varas que representaba al ciclo concluido. Sin embargo, en otra representación del *xiuhmolpilli* hallada en la Ciudad de México por Mohedano en 1951, la fecha anotada para esta celebración es 1 Ácatl, lo que indica que la fecha de la ceremonia del Fuego Nuevo variaba. De hecho, un exhaustivo análisis de las fuentes disponibles ha revelado que las fechas en las que era celebrada la ceremonia del Fuego Nuevo dependían de una serie de factores muy diversos, y podían ser cambiadas para coincidir con actividades de la realeza y pospuestas en momentos de dificultades sociales, incluyendo hambrunas y derrotas militares. Un análisis más amplio sobre este tema entre los mexicas puede consultarse en Helmke y Montero [2015 y 2019: 110] y en las páginas 342 y ss.



IZQUIERDA

Escultura en basalto de la cultura mexica que representa un *xiuhmolpilli* o "atadura de los años" con la fecha 2 *acatl* que conmemora el Fuego Nuevo de 1507 d. C., asociada con el nombre de Moctezuma II, fotografía cortesía de M. Zabé.

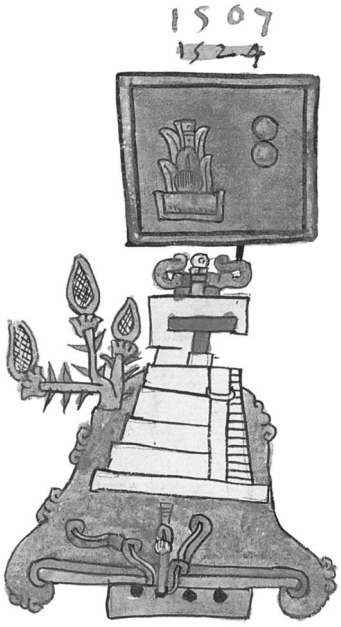
La ceremonia del Fuego Nuevo consistía en encender fuego con un *mamalhuaztli*, el *mamalhuaztli* consistía en una broca que friccionaba una tablita con la cual se encendía el fuego. El fuego era encendido en el pecho de una víctima sacrificial. En la *Historia general de las cosas de Nueva España* de fray Bernardino de Sahagún, en el libro VII, que trata del Sol, la Luna y las estrellas, y del año del jubileo, se relata que los fuegos eran extinguidos en toda la tierra y la población era reducida a un estado primitivo y liminal: sin fuego para calentarse, protegerse o alimentarse. Los sacerdotes del fuego se vestían en representación del *Xihucóatl*, la sagrada 'Serpiente del Fuego', ascendían a la cumbre del Cerro de la Estrella en una larga procesión desde el recinto ceremonial de Tenochtitlan. Tan pronto como la Tie-

rra se hundía en la oscuridad, los sacerdotes alcanzaban la cima en medio de la noche, y comenzaban el ritual. El *mamalhuaztli* era montado sobre la víctima sacrificial, cuyo pecho había sido llenado con un bulto de tela que contenía yesca y leña. Ahí, los sacerdotes se detenían en largo suspenso, esperando la llegada de una agrupación particular de estrellas, lo que algunas fuentes llaman Tianquiztli, "El Mercado" que puede tratarse de los asterismos de las Pléyades en la constelación de Tauro, o el mismo Mamalhuaztli, "Los Palos de Fuego" que corresponde a la constelación de Orión [Broda, 2002]. La llegada de estas estrellas marcaba el momento preciso para el inicio del Fuego Nuevo y debido a sus esfuerzos eran capaces de canalizar la luz estelar a través de la broca y materializarla a través de este sagrado nexo, en la Tierra. Si tenían éxito, se predecían buenos augurios para la nueva era. El fuego que ardía en el Cerro de la Estrella era visible desde todos los asentamientos cercanos, una señal que venía con un gran signo de alivio para la ansiedad de la población, quienes ofrecían su sangre como muestra de agradecimiento. El fuego era usado para iluminar la gran antorcha, corredores en manojos traían el Fuego Nuevo al recinto ceremonial, especialmente al brasero de Xiuhtecuhtli, 'El Señor del Fuego' y Huitzilopochtli, 'El Colibrí del Sur' o 'El Colibrí Zurdo', deidad patronal de los mexicas. A partir de ese momento, el fuego era distribuido a otros templos y altares de los barrios, y de estos a hogares particulares. De esta manera, los sacerdotes ayudaban a su gobernante a distribuir la luz estelar investida con el poder de la *xiuhcóatl* al resto de la población, promoviendo así la identidad de grupo, además de establecer relaciones de reciprocidad con el gobernante.

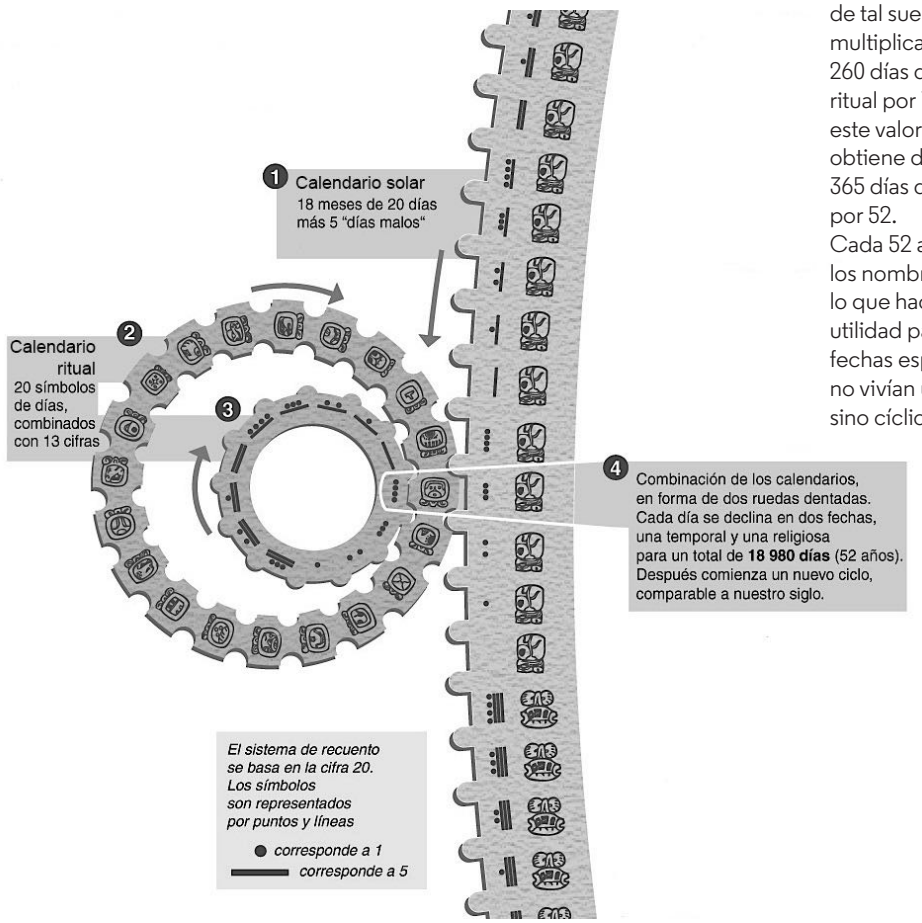
Cada 52 años con el Fuego Nuevo se sincronizaban los calendarios solar y ritual, pues al multiplicar el número de días del año ritual de 260 días por 73 resulta 18,980; este valor también resulta de multiplicar el número de días de un año solar por 52. Es interesante considerar que en un calendario de 360 días como lo utilizaban los mayas en la cuenta larga, al multiplicarlo por 52 resulte 18,720 si a este valor le agregamos 260 resulta la cifra base de 18,980 días nominales. Es así como se completaba un ciclo que garantizaba la continuación del tiempo. Las reproducciones en piedra de los *xiuhmolpilli* hacían tangible lo efímero, lo que fue destruido y reducido a cenizas durante la ceremonia del Fuego Nuevo y de esta manera conmemoran el paso del tiempo mismo. Mientras que la mayoría de las esculturas en piedra del *xiuhmolpilli* pertenecen a la cultura mexica del Postclásico tardío, hay ejemplos de dichos manojos en Teotihua-

ABAJO

Detalle del *Códice Telleriano-Remensis*, fol. 42r, que representa la ceremonia del Fuego Nuevo de 1507 d. C. que corresponde al año 2 Caña celebrada en el Huizachtépetl, hoy Cerro de la Estrella en Iztapalapa, Ciudad de México.



cán [Rivas Castro, 2002] confirmándose la continuidad de esta práctica en un curso de al menos mil años [Helmke y Montero, 2015]. Cuando se cumplían dos ciclos de 52 años se constituía un *huehuetiliztli* o "una vejez", considerado como la edad más avanzada que podía alcanzar una persona, y de ahí su nombre para este período de 104 años. Pero lo más relevante de este gran período es que sus 37,960 días hacen conmensurable el período sinódico de Venus que es de 584 días, de tal suerte que: 37,960 ÷ 584 = 65, el valor de 65 nos recuerda al *cocijo*. Entre los zapotecos del período Posclásico, las cuatro divisiones de 65 días del calendario de 260 días fueron nombrados *cocijo*, lo que implica que hubo un *cocijo* diferente asociado a cada punto cardinal.



IZQUIERDA

La rueda calendárica mesoamericana se sincroniza cada 52 años, de tal suerte que al multiplicar el número de 260 días del calendario ritual por 73 resulta 18,980, este valor también se obtiene de multiplicar los 365 días del año trópico por 52.
Cada 52 años se repetían los nombres de los años lo que hace confuso su utilidad para determinar fechas específicas, pues no vivían un tiempo lineal sino cíclico.

La rueda calendárica permite asignar un nominativo para cada fecha del calendario al ajustar el ciclo ritual de 260 días con el año trópico de 365 días conjuntando sus respectivos símbolos y numerales. Con la intención de ejemplificar esta propuesta atendamos la fecha: jueves 13 de agosto del año 2015. En el criterio moderno como en el mesoamericano se conjugan diferentes estructuras para distinguir un día, en nuestro caso tenemos

la semana, con siete nominativos que evocan los cuerpos celestes más relevantes del cielo, por ejemplo, jueves es Júpiter, más los numerales del 1 al 31 para el mes, a lo que agregamos uno de los doce grupos de días denominados meses y finalmente un número consecutivo para el año a partir de una era. Esta misma fecha en notación mexica sería: día 9 movimiento (obtenido del *tonalpohualli*); y tercer día de la veintena *xócotl huetzi* (obtenido del *xiuhpohualli*); del año 3 Ácatl (obtenido del *xiuhmolpilli*). En la siguiente ilustración, el mes de agosto de 2015 con su correspondiente calendario mexica según la correlación de Sahagún para el *xiuhpohualli* de Rafael Tena [2015].



ARRIBA

Segmento del mes de agosto del año 2015 para ejemplificar el calendario mexica. Se destacan tres veintenas o "meses" del *tonalpohualli: tlaxochimaco, xócotl huetzi* y *ochpaniztli*; por otra parte, apreciamos las trecenas del *xiuhpohualli* expresadas con sus símbolos y numerales tradicionales.

Como vemos en el ejemplo calendárico para agosto de 2015, cada día del *tonalpohualli* tiene su denominativo propio, corresponde de cierto modo a una semana nuestra, pero con la salvedad de que había 260 denominaciones diferentes para los días y 28 trecenas en un año solar, por su parte cada trecena está identificada con un nombre y una secuencia como lo vemos en la siguiente tabla[120]

120 Con diferencia de 5 días a la propuesta de Tena [2015] para el año 2015, por tratarse de una "rueda" calendárica según el autor cada año las fechas para cada trecena son diferentes así que no son útiles para el cálculo en astronomía posicional.

trecena	nombre	fecha
1	ce cipactli o 1 cocodrilo	4 de enero al 16 de enero
2	ce océlolt o 1 jaguar	17 de enero al 29 de enero
3	ce mázatl o 1 venado	30 de enero al 11 de febrero
4	ce xóchitl o 1 flor	12 de febrero al 24 de febrero
5	ce ácatl o 1 caña	25 de febrero al 9 de marzo
6	ce miquiztli o 1 muerte	10 de marzo al 22 de marzo
7	ce quiáhuitl o 1 lluvia	23 de marzo al 4 de abril
8	ce malinalli o 1 hierba	5 de abril al 17 de abril
9	ce cóatl o 1 serpiente	18 de abril al 30 de abril
10	ce técpatl o 1 pedernal	1 de mayo al 13 de mayo
11	ce ozomatli o 1 mono	14 de mayo al 26 de mayo
12	ce cuetzpalin 0 1 lagartija	27 mayo al 8 de junio
13	ce olin o 1 movimiento	9 de junio al 21 de junio
14	ce itzcuintli o 1 perro	22 de junio al 4 de julio
15	ce calli o 1 casa	5 de julio al 17 de julio
16	ce cozcacuahtli o 1 zopilote	18 de julio al 30 de julio
17	ce atl o 1 agua	31 de julio al 12 de agosto
18	ce ehécatl o 1 viento	13 de agosto al 25 de agosto
19	ce cuauhtli o 1 águila	26 de agosto al 7 de septiembre
20	ce tochtli o 1 conejo	8 al 20 de septiembre
1	ce cipactli o 1 cocodrilo	21 septiembre al 3 de octubre
2	ce océlolt o 1 jaguar	4 de octubre al 16 de octubre
3	ce mázatl o 1 venado	17 de octubre al 29 de octubre
4	ce xóchitl o 1 flor	30 de octubre al 11 de noviembre
5	ce ácatl o 1 caña	12 al 24 de noviembre
6	ce miquiztli o 1 muerte	25 noviembre al 7 de diciembre
7	ce quiáhuitl o 1 lluvia	8 al 21 de diciembre
8	ce malinalli o 1 hierba	22 de diciembre al 3 de enero

La expresión pictográfica de las trecenas se denomina *tonalámatl*, se traduce al español como "página de los días". EL *tonalámatl* conforma un almanaque adivinatorio con una connotación mágica que podía resultar positiva o negativa según las actividades que se deseasen emprender, así había días propicios para la guerra, el matrimonio, el comercio u otras actividades importantes. También regía la vida de los individuos; los niños eran nombrados con el día de su nacimiento, pues según

aquellas creencias éste determinaba su carácter, sus virtudes y su destino. Por su carácter mágico adivinatorio, este período de tiempo trazaba las pautas de la vida ceremonial al tiempo que determinaba la vida cotidiana (véase pág. 20).

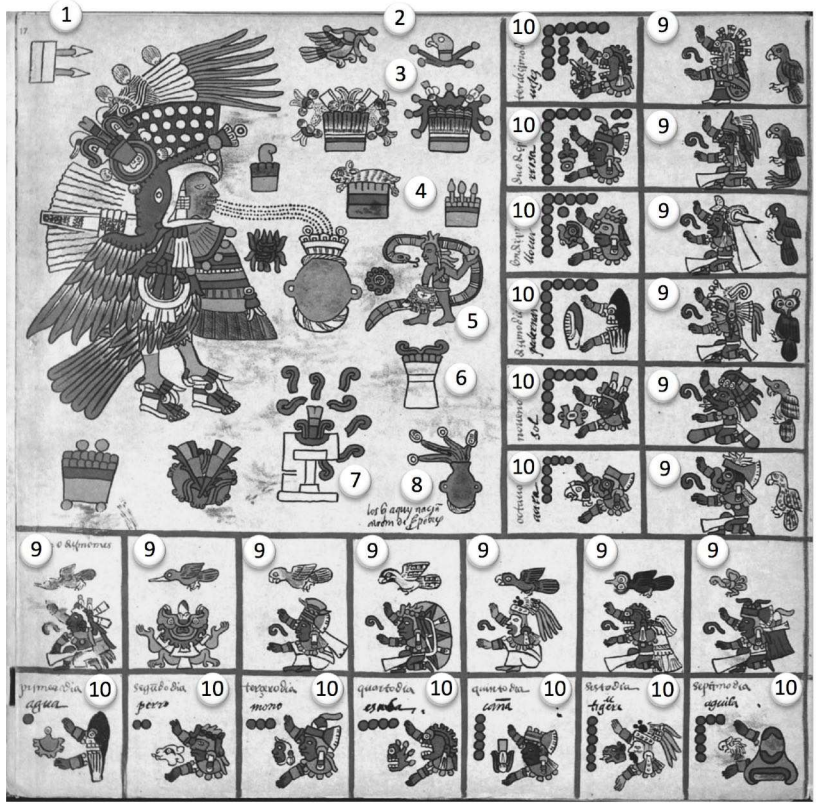
Fray Bernardino de Sahagún en su *Historia general de las cosas de Nueva España*, libro IV, capítulos XXXIX al XL, dice a la letra:

> Con esto se ha dicho de las cualidades y condiciones de todos los signos, de cada día: cuales son bien afortunados y cuales son infelices. Las días se andan mudando de un lugar a otro, conforme a sus números, cada uno figura en el principio una vez, llevando tras sí a los otros, alguna vez bien afortunado, y alguna vez es mal afortunado y alguna vez es indiferente, conforme a sus números. Los que nacían en buenos signos eran bañados luego, y para los que nacían en infelices signos se esperaban a buen signo para bañarlos [...]. Los signos vienen ordenados y se repiten en una secuencia fija, como piedras preciosas ensartadas en un collar o brazalete.

El *tonalámatl* del *Códice Borbónico* es un buen ejemplo. Según Graulich [2008a] el *Códice Borbónico* es originario de Colhuacan por su proximidad con el Cerro de la Estrella dada su importancia para la ceremonai del Fuego Nuevo de 1507. La realización de este manuscrito al parecer fue encargada por Motecuhzoma II para dejar constancia de dos reformas importantes: una que introdujo el cambio de la fecha de la gran fiesta secular del Fuego Nuevo, y otra que preparaba con los sabios de Colhuacan la

ABAJO

Tonalámatl del *Códice Borbónico*, página 17, muestra la trecena 1 Atl, es el decimoséptimo signo. Se decía que los que nacían en esta trecena habían de ser pobres, era signo malo, y también se decía que era variable, de aspectos diferentes, ya totalmente bueno, ya completamente malo. En la imagen apreciamos a un personaje ataviado de Pavo Precioso, Chalchiuhtotolin, es el nahual de Tezcatlipoca. El guajolote como animal doméstico, rodea la casa: así el dios nos rodea en forma misteriosas, está cerca y alrededor de nosotros. El personaje bebe pulque de una olla preciosa: la embriaguez perjudica y causa daños.



Comentarios para algunos elementos iconográficos de esta trecena

1. Flechas que salen del cielo blanco: malas influencias.
2. Tiempo para decapitar pájaros.
3. El *cuauhxicalli* es consagrado y sacrificado; el *cuauhxicalli*, abundante es flechado.
4. Una jícara con un conejo y otra con vegetales.
5. Hombre rodeado por una serpiente coralillo: está envuelto en vicios, chismes y peligros. Su mano tiene estiércol, signo de suciedad y engaños.
6. El brasero arde.
7. La casa se quema y humea: conquista, derrota o destrucción del hogar.
8. El agua brinca de la olla: inestabilidad e inquietud.
9. Las trece aves y señores de los números.
10. Los trece días y señores de las noches.

introducción de un bisiesto en el calendario del año solar y la celebración de la fiesta del Fuego Nuevo en *panquetzaliztli*.

Con referencia a la cuenta de 260 días, es posible que su origen corresponda a algún sitio con una latitud cercana a los 15°, pues sólo en esta latitud el tiempo que transcurre entre dos pasos cenitales es de 260 días. En Copán, Honduras, uno de los pasos del Sol por el cenit es el 13 de agosto, fecha de gran importancia para las culturas mesoamericanas. Esta coincidencia sitúa a Copán como el posible sitio donde se concibió este calendario; sin embargo, existe otra posibilidad con Izapa, en Chiapas [Galindo, 1994: 50], con una latitud geográfica similar. Izapa es un sitio con una larga ocupación, desde 1500 a. C. hasta el 1200 d. C., año en que fue abandonada definitivamente, pero su período de apogeo fue del 650 a. C. al 100 d. C., cuando se erigieron las estelas y edificios que la sitúan como la raíz del calendario ritual.

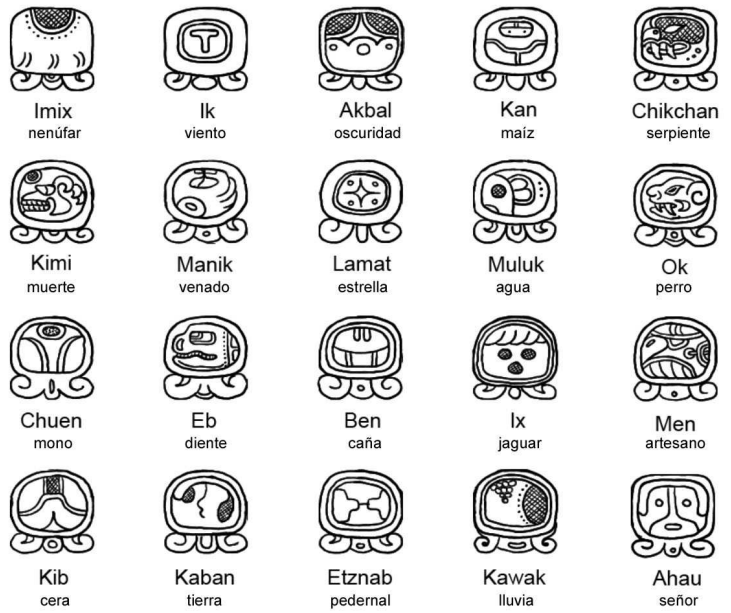
Existen otras explicaciones acerca del origen del calendario ritual. Algunos investigadores aseguran que deriva del período de gestación humana en el que pueden contabilizarse nueve ciclos lunares de 29 días; en este sentido resulta también sugerente notar que el intervalo de visibilidad de Venus como lucero matutino y estrella vespertina es de 263 días en promedio, y el ciclo sinódico de Marte es exactamente tres períodos de 260 días [Aveni, 1991: 172]. Sea cual sea el origen de esta cuenta calendárica, no se sabe de ninguna otra civilización en el mundo que haya diseñado un calendario similar.

Para Šprajc [2000b:140], considerando la correspondencia entre los calendarios documentados en regiones tan alejadas una de la otra como el Altiplano Central y el Área Maya, resulta probable que a inicios del siglo XVI, el ciclo de 260 días estaba sincronizado en Mesoamérica. En cambio, los años de 365 días comenzaban en distintas áreas con meses diferentes, pero parece significativo que éstos estaban aproximadamente correlacionados con discrepancias que al parecer no rebasaban siete días. En este sentido, para Šprajc [ibidem] la incompatibilidad en los calendarios es resultado de reconstrucciones erradas hechas *a posteriori*, con base en conocimientos deficientes sobre el calendario prehispánico o por tratar de ajustarlo al calendario cristiano [Prem 1991, cit. por Šprajc, ibidem, pág. 139].

En el caso del calendario maya coexisten tres cuentas de tiempo: a) el calendario ritual denominado *tzolkin*, de 260 días; b) el calendario civil conocido como *haab*, de 365 días; y c) la cuenta larga que fijaba su atención en el tiempo completado o transcurrido, no como los dos primeros, que atienden al tiempo corriente o en curso.

DERECHA

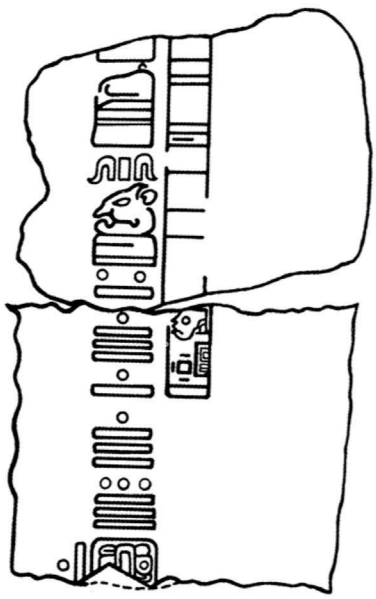
Los veinte signos para los días del *tzolkin*.



Adicionalmente los mayas mantuvieron un conteo de días de tipo lineal y continuo que comenzaban a partir de una "fecha era", es decir, desde el momento de un acontecimiento cósmico que daba inicio a una nueva época. A este registro del tiempo se le conoce como la cuenta larga y se utilizaba para fijar un suceso significativo en la historia de alguna dinastía.

ABAJO

Reconstrucción de la cuenta larga en la Estela C de Tres Zapotes, Veracruz.



Actualmente no existe evidencia arqueológica que sustente a la cuenta larga como una invención maya, aunque se les reconoce el mérito de su perfeccionamiento y aplicación. Los registros más tempranos se le atribuyen a grupos que habitaron en las actuales regiones de Veracruz, Tabasco y el suroeste de Chiapas, según lo demuestra la Estela C de Tres Zapotes, que contiene inscripciones correspondientes a la fecha 7.16.6.16.18, que en la notación de la cuenta larga corresponde al año 32 a. C., fecha relativamente temprana si la comparamos con la más antiguas registradas por la cultura maya en el Altar 1 de Polol, Petén, Guatemala con una fecha que posiblemente comienza en el año 30 d. C., así como la Estela 1 de El Baúl que responde al año 37 d.C.

La cuenta larga es un sistema de notación posicional vigesimal en la que cada glifo corresponde a un intervalo de tiempo que se lee en el siguiente orden: *baktun*, *tun*, *uinal* y *kin*. El sistema parte de la unidad *kin*, un día; al segundo orden de unidades se le dio el nombre de *uinal*, compuesto por 20 *kines*; de acuerdo con el sistema de numeración vigesimal, el siguiente intervalo de tiempo debería ser de 400 *kines*, sin embargo, en este punto se introdujo una variante para cálculos calendáricos, en la que

20 *kines* es multiplicado por 18 para dar lugar a un período solar aproximado que es un *tun* [Morley, 1991: 253]. A partir de este orden, los siguientes intervalos de tiempo son exponenciales de 20, como se aprecia en la tabla siguiente:

La cuenta larga		
Intervalo de tiempo	**Equivalencia en periodos mayas**	**Equivalencia en días**
kin	1 día	1 día
uinal	20 *kines*	20 días
tun	18 *uinales*	360 días
katun	20 *tunes*	7,200 días
baktun	20 *katunes*	144,000 días
pictun	20 *baktunes*	2,880,000 días
calabtun	20 *pictunes*	57,600,000 días
kinchiltun	20 *calabtunes*	1,152,000,000 días
alautun	20 *kinchiltunes*	23,040,000,000 días

Existen numerosas propuestas para establecer una correlación entre la cuenta larga y el calendario juliano y gregoriano prolépticos (extrapolados hacia fechas muy anteriores a su implementación). Se les ha buscado sustentar mediante datos etnohistóricos, astronómicos y, en ocasiones, evidencias directas con las inscripciones glíficas. Hoy en día la más aceptada es la correlación Goodman-Martínez-Thompson modificada (GMT+2), también conocida como "correlación astronómica", la cual considera una constante de 584,285 días transcurridos desde el llamado día cero calculado para el 13 de agosto de 3114 a. C., fecha mítica, para algunos días de la creación según la Estela C de Quiriguá, establecida en 4 *ajaw* 8 *kumku*, que corresponde al último día del ciclo de 5,125.36 años –13 *baktunes*– anterior al que transcurre en la actualidad. Los recientes descubrimientos en el templo de Xultún, Guatemala, cuyos murales contienen una serie de cálculos que corresponden al ciclo lunar, junto con los ciclos sinódicos de Marte, Mercurio y Venus, revelan que la cuenta larga contiene 17 *baktunes* y no 13 como se creía hasta hace poco, con lo cual se desmiente la teoría del "fin del mundo" que se estimaba para el año 2012. A pesar de este descubrimiento, la lógica matemática maya, apoyada en un sistema vigesimal, indica que el siguiente intervalo de tiempo correspondería a veinte *baktunes*, equivalente a un *pictun*, y un *pictun* multiplicado por veinte correspondería a un *calabtun*; multiplicando de veinte en veinte obtendríamos una cuenta infinita del tiempo.

El sistema calendárico maya de la cuenta larga para algunos retornó a cero, con fecha del 21 de diciembre del 2012, para así reiniciar su ciclo de 13 Baktun, una "era" de 1,872,000 días

ABAJO

El inicio de la fecha juliana o JDN (por sus siglas en inglés: *julian day number*) corresponde al mediodía del uno de enero del año 4713 a. C. (4712 a. C. pues lo romanos no contaban el 0) fecha propuesta por José Scaliger de Leiden en 1582 para crear una escala continua de tiempo para el calendario juliano proléptico que fue ideado para contar días anteriores al año 4 d. C. Este sistema se basa en contar los días solares sucesivamente. La diferencia de días entre el inicio de la fecha juliana del 1 de enero de 4712 a. C. y el inicio de la cuenta larga maya del 13 de agosto de 3114 a. C. es de 584,285 días según la correlación de la GMT+2 (GMT más dos días) también denominada astronómica. En la literatura especializada hay al menos una veintena de propuestas de correlación entre ambas cuentas calendáricas, se presentan en la ilustración las más aceptadas.

394483 - Bowditch
489138 - Makesom
489384 - Spinden
584281 - Martinéz-Hernando
584283 - GMT
✓ 584285 - Astronomical
660208 - Wells, Fuls

(5,125.36 años). Al acercarse esa fecha, proliferaron en los medios, la prensa, Internet y hasta en películas las profecías asociadas al fin del mundo. Ridículos alarmistas anunciaban: hay un agujero negro en el centro de nuestra galaxia que atrae energía, materia y tiempo, al abrirse por primera vez en 26,000 años. Fantásticamente suponían que se rompería el equilibrio del Sistema Solar debido a una singular alineación del Sol con el plano de la Vía Láctea, afirmaban que los mayas predijeron un cataclismo [véase Aveni, 2010, p. 52-57].

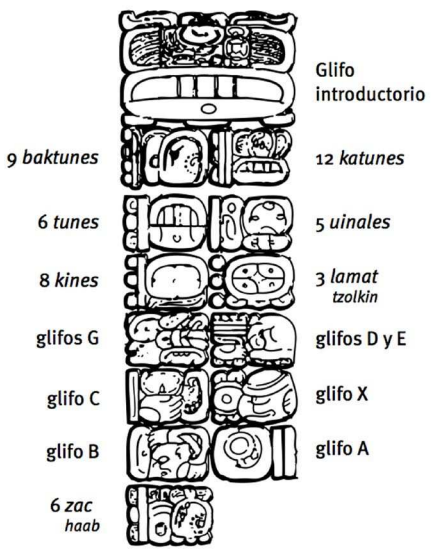
DERECHA

La mítica fecha para "el fin del mundo" expresada en la Cuenta Larga como 13 Baktun.



ABAJO

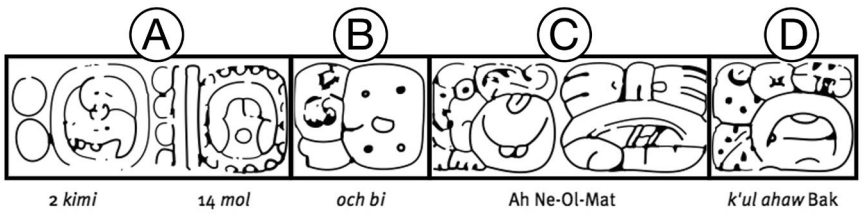
Ejemplo de una fecha maya.



La escritura de una fecha se completaba después de los glifos propios de la cuenta larga de una fecha del *tzolkin*; posteriormente del glifo de la deidad regente, la fecha del *haab*, y finalmente un registro de la fase lunar correspondiente (véase pág. 277). Con el uso simultáneo de estas cuentas calendáricas, los mayas lograron una notable precisión en el cómputo del tiempo.

La escritura maya se compone de un complejo conjunto de glifos que laboriosamente se pintaban en cerámica, muros o códices; se tallaba en madera o piedra, destacan los trabajos en las estelas e interiores de ciertos edificios o se moldeaba en estuco. Los glifos tallados y moldeados también se pintaban. Esta escritura era un sistema logosilábico. Los símbolos individuales (glifos) podían representar bien una palabra (normalmente un morfema) o una sílaba. Los glifos mayas eran básicamente logográficos, es decir, cada símbolo representaba un ente o concepto. En general, los glifos utilizan elementos fonéticos, que fueron en su origen logogramas correspondientes a objetos cuyas voces

asociadas en lenguaje hablado eran monosílabos terminados en una vocal, en una consonante débil o en una oclusiva glotal.



ARRIBA

El 11 de agosto de 612 d. C. entró en el camino (murió) Ah Ne-Ol-Matt, señor del linaje de Palenque.

Ejemplo de escritura maya tomado de un fragmento del sarcófago de Hanab Pakal en el Templo de las Inscripciones, Palenque. Según Ayala [2001: 56], dentro del cuadro con la letra "A" está la fecha; en el cuadro con la letra "B" el verbo; enmarcado con la letra "C" el sujeto y finalmente dentro del cuadro con la letra "D" está el glifo emblema.

Actualmente como el caso del presente texto, todas las palabras están formadas por varias combinaciones de solamente 26 signos que enlistan todas las letras que llamamos alfabeto. Por contraste, todas las palabras mayas son formadas por varias combinaciones de cerca de 200 signos, y cada signo representa una sílaba; esa lista de signos es llamada silabario, no alfabeto [Montgomey, 2002].

Ya sea el calendario maya, el nahua del Altiplano o los propios de otras regiones de Mesoamérica, la unidad para todos es el día. El día, es una construcción cultural que cada sociedad concibe: mañana, mediodía, tarde, noche y media noche, son enunciados para dividir la unidad del tiempo que es el día. En náhuatl, la palabra *ilhuitl* da sentido al día completo incluyendo la parte diurna y nocturna, también la voz *cemihuitl*, pero esta última hace referencia a la parte diurna únicamente, en tanto *yohuacalli* sólo a la nocturna. Según Thouvenot [2015:111], el vocablo *ilhuitl* contiene una riqueza semántica porque también corresponde al tiempo cualitativo de una veintena, teniendo así la palabra un sentido ceremonial. Atendiendo que las orientaciones para la astronomía posicional en Mesoamérica apuntan al levante y el ocaso para un día específico, es oportuno conocer el término en náhuatl para esos momentos en que la noción del tiempo estaba vinculada a la trayectoria en el cielo del Sol y las estrellas:

palabra	momento del día	actividad
tlahuizcalehua	cuando el alba esta	sahumar
yohuatzinco	saliendo el Sol	sahumar, saludar al Sol
ohualquiz tonatiuh	cuando el Sol está ya fuera	sahumar
nepantla tonatiuh	la hora del mediodía	sahumar
oncalaqui tonatiuh	la puesta del Sol	sahumar
oya tonatiuh	se fue el Sol	sahumar, saludar al Señor de la Noche

Este es el viaje diurno del Sol por el cielo, de manera poética los nahuas imaginaban este trayecto como un sendero sembra-

do de especies florales, *in nepanpan xochitl*, que comparten la particularidad de florecer durante la temporada de secas y de desprender perfumes agradables. La concepción del cielo como un mundo florido también está confirmada en varios grupos yuto-aztecas de Mesoamérica y del Suroeste de Estados Unidos, y pervivió en los cantos cristianos del siglo XVI donde convergió con la representación del paraíso en la tradición cristiana. En el período Clásico maya, el astro y el dios solar se relacionaban estrechamente con las flores y su perfume: el signo solar k'in se representaba como una flor de cuatro pétalos, mientras que el dios Sol llevaba volutas en las comisuras de la boca que acaso figuraban su aliento fragante [Dupey, 2015: 29].

Tenemos cuatro períodos principales: 1) desde la salida del Sol al mediodía, 2) desde el mediodía hasta el ocaso, 3) desde el ocaso a la media noche y 4) desde la media noche al orto solar. Los tres primeros momentos correspondían a la posición relativa del Sol, la medianoche se determinaba por la culminación de algunas estrellas o asterismos, las cuales variaban según la estación del año. Por cierto, según Sahagún en su *Historia general*, libro VI, capítulo XXXVI, el día iniciaba a la medianoche, no como un momento tajante, sino como una transición gradual [Montero, 2020a: 71]. Sin embargo, al revisar la obra de fray Juan de Córdoba [1578: 212] encontramos que el año iniciaba a medio día: "Y contauaſe el día del medio día, haſta orro medio día".

La división temporal de la noche también se hace presente en los rituales que dividen el tiempo de un ciclo diario en secuencias, los sacerdotes hacían cotidianamente cuatro ofrendas de incienso diurnas y cinco nocturnas en honor del sol.

DERECHA

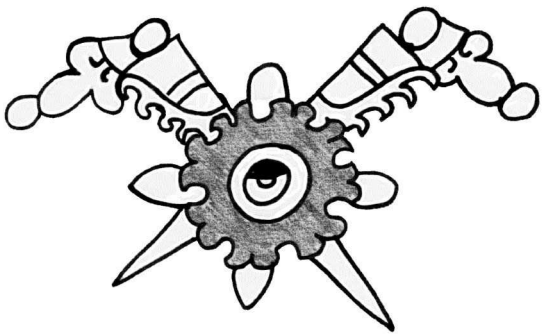
La noche según la plancha 63 r del *Códice Mendocino*: un semicírculo gris obscuro adosado de círculos bicolores de rojo y blanco que destacan el centro con otro círculo para representar a las estrellas, a este contexto Seler denominó "ojos de la muerte" u "ojos estelares".



Interesante resulta el artículo de Nathalie Ragot [2016] sobre los ritos nocturnos y el nacimiento del Sol entre los mexicas, de su trabajo se desprende la siguiente tabla:

palabra	momento de la noche	actividad
tlapoyahua	el Sol se oculta	
netetequizpan	hora de acostarse	los sacerdotes descansaban antes de iniciar los rituales nocturnos
tlatlapitzaliztli	antes de medianoche	se escuchan flautas y caracolas que anuncian el inicio de las penitencias y ritos, en especial el autosacrificio para ofrecer sangre
yohualnepantla	media noche	
tlathuinahuac	alba	Sahumar y decapitar codornices

Para Ragot [2016], *yohualnepantla* era el momento crucial de la división temporal nocturna, porque los antiguos mexicas pensaban que el Sol renacía en medio de la noche. Los mitos nahuas y mayas posclásicos de la creación del Sol y la Luna son explícitos al respecto. En efecto, la medianoche era el momento cuando los dioses Nanahuatzin y Tecuciztécatl, en la versión del Altiplano Central, y los gemelos Hunahpú y Xbalanqué, en el relato maya quiché, se arrojaron al fuego para reaparecer como astros. En la narrativa, el Sol renacía cotidianamente a medio recorrido de su viaje por el inframundo, es decir, a mitad de la noche. La voz *xelihui yohualli* 'cuando se divide la noche', expresa la idea de que el Sol y el día comienzan en medio de la noche. Por lo demás, Cristóbal del Castillo 1908: 100] informaba que los nueve señores de la noche del calendario de la adivinación que velaban sobre las horas nocturnas reinaban desde la mitad de la noche, "cuando se hiende la noche", la "medianoche", hasta la mitad del día, el "mediodía", y que recibían su cargo de manos de los señores de las horas del día, que gobernaban desde el mediodía hasta la medianoche.



IZQUIERDA

En el *Códice Borbónico* láminas 4, 10, 13 y 16 se representa un ojo estelar entre dos espinas de autosacrificio. Lo cual nos hace recordar la transcripción del *Códice Florentino*, vol. II, f. 205: "Esto hacían a la media noche, cuando solían sacar sangre de las orejas para ofrecer a los dioses, lo cual siempre hacían a la media noche".

Pasando a otro aspecto del calendario, el lector habrá notado páginas atrás la discrecionalidad de los mexicas para determinar el inicio del *xiuhmolpilli* que podía suceder en un año 1 o 2 Ácatl, otra situación en Mesoamérica que resulta confusa resolver es determinar si el cómputo anual del tiempo con el *xihuitl*

corresponde a un año vago de 365 días o a un año trópico de 365.2422, la diferencia entre uno y otro repercute en el desfase significativo del calendario, situación que también aquejaba a Europa en el siglo XVI.

A la llegada de Occidente a Mesoamérica, a principios del siglo XVI, los europeos que arribaron a estas tierras se regían por un calendario que habían adoptado desde el año 325 d. C. durante el *Primer Concilio de Nicea*. Utilizaban el calendario juliano, un sistema arcaico que se venía utilizado desde que Julio César lo instaurara en el año 46 a. C. en Roma, que a decir verdad, era básicamente primigenio, pues era una copia del calendario solar egipcio[121] que establecía la duración del año en 365.25 días, con el paso del tiempo este calendario se desfasó porque provenía de un cómputo inexacto para el número de días que cuenta el año trópico; según el calendario juliano se instituyó un año bisiesto cada cuatro, asumiendo como ya se apuntó una duración de 365.25 días, mientras que la cifra correcta es de 365.242189, esto es: 365 días, 5 horas, 48 minutos y 45.16 segundos, así que hay al menos 11 minutos de diferencia, que acumulados por siglos sumaban para el mediados del siglo XVI un error de 10 días que se habían contado de más.

Es hasta 1582, que Europa se pone al corriente, por así decirlo, con el *tiempo*. Para el papa Gregorio XIII, no fue fácil resolver este paradigma que cuestionaba diferentes hechos teológicos y sociales que repercutieron con altercados. *Inter Gravissimas* fue la bula papal que actualizaba la cuenta de los años, cómputo que con el paso del tiempo pasó a denominarse calendario gregoriano, el cual por cierto rige al mundo en la actualidad. Para implantarlo se constituyó la "Comisión del Calendario", en la que destacaron los astrónomos Cristóbal Clavio y Luis Lilio, fue así como al jueves juliano del 4 de octubre de 1582 le sucedió el viernes gregoriano del 15 de octubre de 1582. Esta propuesta se originó de una disertación académica en 1515 en la Universidad de Salamanca y una posterior en 1578. Los primeros países en adoptar esta reforma de cómputo fueron las posesiones territoriales dependientes de la Monarquía Hispánica en todo el mundo y los Estados Pontificios. Sin embargo, otros como el Reino

121 El calendario egipcio y el *xihuitl* tienen una estructura regular y fija. El año egipcio constaba de 12 unidades esquemáticas de 30 días cada una, más 5 días adicionales (epagómenos) denominados *heru repenet* similares a los *nemontemi* mesoamericanos. Los 12 meses egipcios se derivaban de un calendario lunar en relación con las estaciones del año: los meses fueron asociados a los períodos de la inundación, la germinación y la cosecha. A pesar de sus vínculos con las estaciones del año, el año civil egipcio se desfasaba del año natural [Iwaniszewski, 2019: 132].

de Gran Bretaña y sus colonias americanas no lo hicieron hasta 1752, poco a poco se fueron sumando los habitantes del orbe a este sistema, hasta que la última nación en adoptarlo fue China en 1949. Al final de cuentas, el calendario gregoriano consiste en agregar un día en todos los años que sean divisibles por cuatro, que son los bisiestos. Se exceptúan aquellos años seculares, o de final de siglo, que no sean divisibles por cuatrocientos. Los años 1800, 1900 y 2100 no son años bisiestos, en cambio 1600 y 2000 sí lo son.

El lector deberá tener la precaución de considerar que las primeras crónicas europeas del siglo XVI sobre Mesoamérica se fecharon con el calendario juliano, y para finales de ese mismo siglo con el gregoriano. Por ejemplo, a la Virgen de Guadalupe que celebramos el 12 de diciembre le corresponde de manera correcta el 22 de diciembre que es solsticio de invierno, véase Galindo y Montero [2000]. Así que, una vez introducido el calendario gregoriano, hasta su generalización, hubo un período de confusión en las fechas, circunstancia que obligó a distinguir los dos sistemas de datación en todo tipo de documentos para evitar errores de interpretación. Concretamente, en el ámbito latino se distinguen los tipos de calendario añadiendo habitualmente a las fechas las siglas *stili veteris* o *stilo vetere*, abreviados *st.v.* que significan respectivamente '(de) estilo antiguo' o '(en) estilo antiguo'; y en consecuencia *stili novi* o *stilo novo*, abreviado *st.n.* que significa '(de/en) el nuevo estilo'.

Según Michel Graulich [2008a] una situación de desfase del calendario también sucedió en Mesoamérica con los mexicas y mayas, porque no adoptaron el año bisiesto en su cuenta del tiempo. Graulich al igual que Alfonso Caso y Eric Thompson, consideran que no hubo bisiesto ni adaptación del calendario al año real pues dejaron deliberadamente que su calendario se desfasara a fin de no afectar su concordancia con el calendario de 260 días y con los ciclos venusinos. Según el análisis de Graulich, los nombres de las veintenas que aluden a épocas precisas del año serían concordantes para el siglo VII de nuestra era, de tal suerte que 800 años después entrando al siglo XVI el desfase contaría 209 días, pues en 836 años hay 209 años bisiestos.

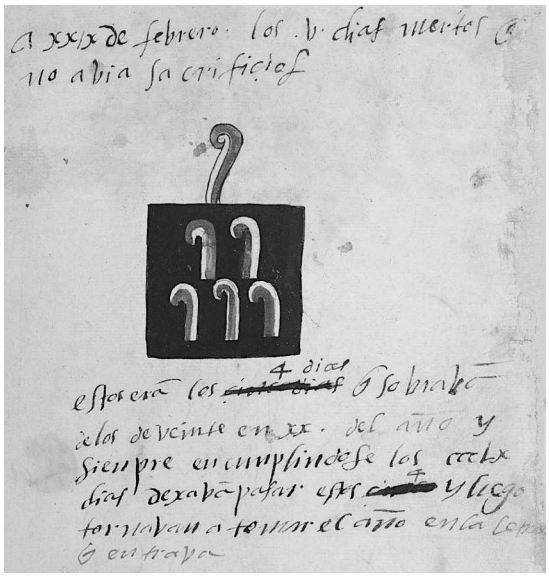
En sentido opuesto a la propuesta de Graulich, hay quienes sostienen que, si se tomaba en cuenta el año bisiesto en Mesoamérica, el primer argumento es que realizaban ajustes mediante el reduplicado de un día cada cuatro años, llamado por tal razón *mohuechihua* 'hecho doble', y por el comienzo retroactivo en cuatro días cada 52 años. El tema ha dado lugar a diversas interpretaciones pues se ha dicho que es posible que esta

explicación tenga una influencia de la visión occidental, por ser la manera que los europeos tenían de corregir su año. Al parecer los mayas como los nahuas conocieron con bastante aproximación la duración exacta del año trópico; por eso es muy probable que computaran la diferencia entre esta duración calculada y la del año vago de 365 días, y que hayan efectuado un ajuste periódico análogo al bisiesto europeo. Respecto a los mayas del Posclásico, fray Diego de Landa anotó: "Tenían su año perfecto como el nuestro, de 365 días y 6 horas. De estas 6 horas se hacía cada cuatro años un día, y así tenían de cuatro en cuatro años el año de 366 días". Y por lo que se refiere a los mexicas, fray Bernardino de Sahagún escribió: "En lo que dice (el religioso anónimo) que faltaron en el bisiesto, es falso; porque en la cuenta que llaman calendario verdadero cuentan 365 días, y cada cuatro años contaban 366 días" [Tena, 2000]. Otro ejemplo del conocimiento del año bisiesto le tenemos en la siguiente cita:

> Hay entre estos indios algunos astronómicos, de grande conocimiento de estrellas, y por ellas del cómputo de sus años, que aprenden desde mozos en algunos linajes, y toman de memoria los nombres de todos los días del año, que son con tanta diferencia, que con un signo particular los señalan. Reparten una edad perfecta de la vida, en cincuenta y dos años, dando trece de ellos a cada una de las cuatro partes del mundo, Oriente, Aquilón, Poniente, y Mediodía, y conforme a la parte que aplican aquellos trece años se prometen la salud, y temporales; a los años del oriente deseaban por fértiles y saludables; a los del norte tenían por varios; a los del poniente, buenos para la generación, y multiplico de los hombres, y remisos para los frutos; al sur tenían por nocivo de excesivos, y secos calores, y observan que desde su gentilidad en los trece años del sur, les habían venido todos sus trabajos de hambres, pestes, y guerras, y le pintaban como la boca de un dragón echando llamas, y pasados los 13 años del sur, empezaban de nuevo la edad por el oriente, y su año a doce de marzo, invariable por la cercanía del equinoccio, y día del glorioso doctor san Gregorio, dábanle diez y ocho meses de a 20 días, y otro más de cinco, y éste al cabo de cuatro años como nuestro bisiesto lo variaban a seis días, por las seis horas que sobran cada año, que multiplicadas por cuatro años hacen 24 horas que es un día cabal, que sobra a los 365 días del año usual, y entonces llamaban en su lengua a aquellos seis días, mes menguado, errático. Y en este mes habían de sembrar algunas sementeras para ver por ellas como acá nuestras cabañuelas, la fertilidad del año, y cierto que tienen algunos tan regulado

> este conocimiento, que las más veces previenen la abundancia de aguas, o sequedad de vientos que ha de seguirse.
>
> Fray Francisco de Burgoa, Yanhuitlán, Oaxaca, 1674 [1989: 288-289]

Resulta interesante lo que Chavero [1884: 156] interpreta del folio 7 del *Códice Telleriano-Remensis*: "de los símbolos de las diez y ocho veintenas o meses, hay un cuadrado con cinco vírgulas dentro, que significan los *nemontemi*, y encima, por la parte exterior, otra que corresponde al día bisiesto o complementario. Esto nos da a entender con bastante claridad que la intercalación se hacía después de los *nemontemi* y de un solo día; lo cual corresponde a verificarla cada cuatro años, puesto que el retraso era de un cuarto de día por año".



IZQUIERDA

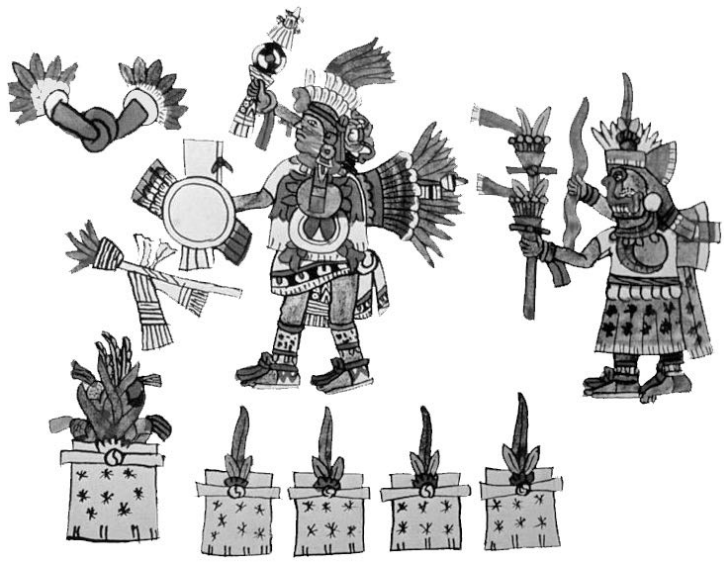
Códice Telleriano-Remensis, folio 7, se representan los cinco días del *nemontemi* acompañados de un día suplementario para el bisiesto.

Interesante resulta sin duda el análisis de diversos autores que realiza Šprajc [2000b:135] respecto al año bisiesto. Asumiendo que la duración media del año calendárico indígena era de 365.25 días, mientras que el registro era de tan sólo 365, diferentes autores han propuesto soluciones. Una de ellas considera que, a partir de algunos datos en documentos escritos como alusiones a correcciones cuatrienales del año calendárico mexica, cada cuatro años se agregaba, al final del último mes de 20 días, un día sin nombre, por lo que la secuencia de portadores del año quedaba inalterada [Castillo, 1971]. Tena [1987: 74, 85] elaboró otra variante de la misma hipótesis, sosteniendo que cada cuatro años se añadía el sexto día *nemontemi* que llevaba el nombre del día anterior. Flores [1995], en cambio, propuso

que cada año indígena tenía la duración de 365 días y 6 horas, por lo que los años sucesivos empezaban a mediodía, al siguiente año al anochecer, posteriormente a medianoche y finalmente al amanecer, de tal suerte que era posible intercalar un día adicional para hacer coincidir la fecha del año solar con el ritmo de las estaciones.[122] Esta propuesta no es nueva, está documentada con anterioridad por Meza [2018] y por Meza y Wood [2002] quienes se sustentan en lo dicho por fray Bernardino de Sahagún [apéndice del libro IV, cap. XI] que a la letra dice: *celebraban sus fiestas y ceremonias de Año Nuevo como unas al mediodía y otras a la medianoche.* Consideración que tambien atendió en su momento León y Gama [1832].

DERECHA

Días quinto y "biquinto" de *nemontemi*, para representar el bisiesto en el *Códice Magliabecchiano*, f. 92r.



La discusión respecto del año bisiesto persiste en el medio académico, no hay acuerdo entre los especialistas, como tampoco para el día en que daba inicio el año, porque la estructura del calendario es una adaptación contextual a las necesidades ideológicas y políticas del Estado.

Según Fábrega, los antiguos mexicanos añadían 13 días cada 52 años para ajustar el año bisiesto a la rueda calendárica, en su estudio del *Códice Borgia* el fraile jesuita llegó a la conclusión que varias láminas de este códice (1-8, 49-53 y 71) ilustraban un período de tiempo correspondiente a 1040 años, al final del cual los antiguos mexicanos suprimían 8 días, para empatar de manera más precisa su año civil a la verdadera duración del año trópico, que no es de 365.25 días, sino aproximadamente 365.2422 días [cit. por Kenrick, 2019].

122 Si el lector desea ahondar más sobra la discusión del año bisiesto y el ciclo sotíaco, véase Iwaniszewski [2019] y Kenrick [2019].

El mismo inicio del año es un paradigma para resolver. Reflexionemos el caso maya al norte de la península de Yucatán, tenemos la propuesta de Malmström [1991], quien consideraba el inicio del año *haab* por informaciones ofrecidas en 1841 a John Lloyd Sthephens [2008, p. 280] por don Juan Pío Pérez, jefe político de Peto; y fuentes de fray Diego de Landa para el siglo XVI, que el inicio del año era el 26 de julio *st.n.*, fecha calibrada por el paso cenital del Sol en un lugar específico como Edzná, en coincidencia con el día 1 Pop del calendario secular maya; asimismo la siguiente cita nos revela cómo el paso cenital del Sol era relevante en la cronología y el cómputo del tiempo para los antiguos mayas:

> Hasta el día de hoy los indios llaman al año Jaab o Haab y, mientras eran paganos, comenzaron el 16 de julio (*st.v.*). Es digno de mención que sus progenitores, habiendo buscado hacerlo partir desde el preciso día en que el sol regresa al cenit de esta península en su camino hacia las regiones del sur, pero estando desprovistos de instrumentos para sus observaciones astronómicas, y guiados sólo a simple vista, se equivocó sólo cuarenta y ocho horas antes. Esa pequeña diferencia prueba que se esforzaron por determinar, con la máxima exactitud posible, el día en que la luminaria pasó por el punto más culminante de nuestra esfera, y que no ignoraron el uso del gnomon en los días más tempestuosos de la temporada de lluvias.

Así también lo considera Geraldine Patrick (comunicación oral 2013), propone que las veintenas del calendario *haab* en Chichén Itzá iniciaban en fechas solares prominentes como el paso cenital del Sol, así que el paso del 19 de julio corresponde a 0 Kumk'u y el 23 de mayo a 3 Muwan.

Para el Altiplano Central, Graulich [2008a] asume que el inicio del año sucedía entre el 3 y el 22 de abril, pero con el desfase que él argumenta de 209 días, el inicio del año para 1519, corresponde a un momento entre el 1 y el 20 de septiembre, pues en su concepción original, el año empezaba al principio de la veintena de Ochpaniztli, nombre que significa "barrido" que corresponde a la temporada seca, después del equinoccio, cuando la vegetación renacía y era el principio de la temporada de lluvias. Pero, si asumimos la cronología mexica el año iniciaba en el mes de Atlcahualo, que para fray Diego Durán en su *Historia de las Indias de Nueva España y islas de Tierra Firme*, iniciaba el 1 de marzo *st.v.*, que incurre al 11 de marzo *st.n.*, en el día 1 Cipactli. Sin embargo, para fray Bernardino de Sahagún, como

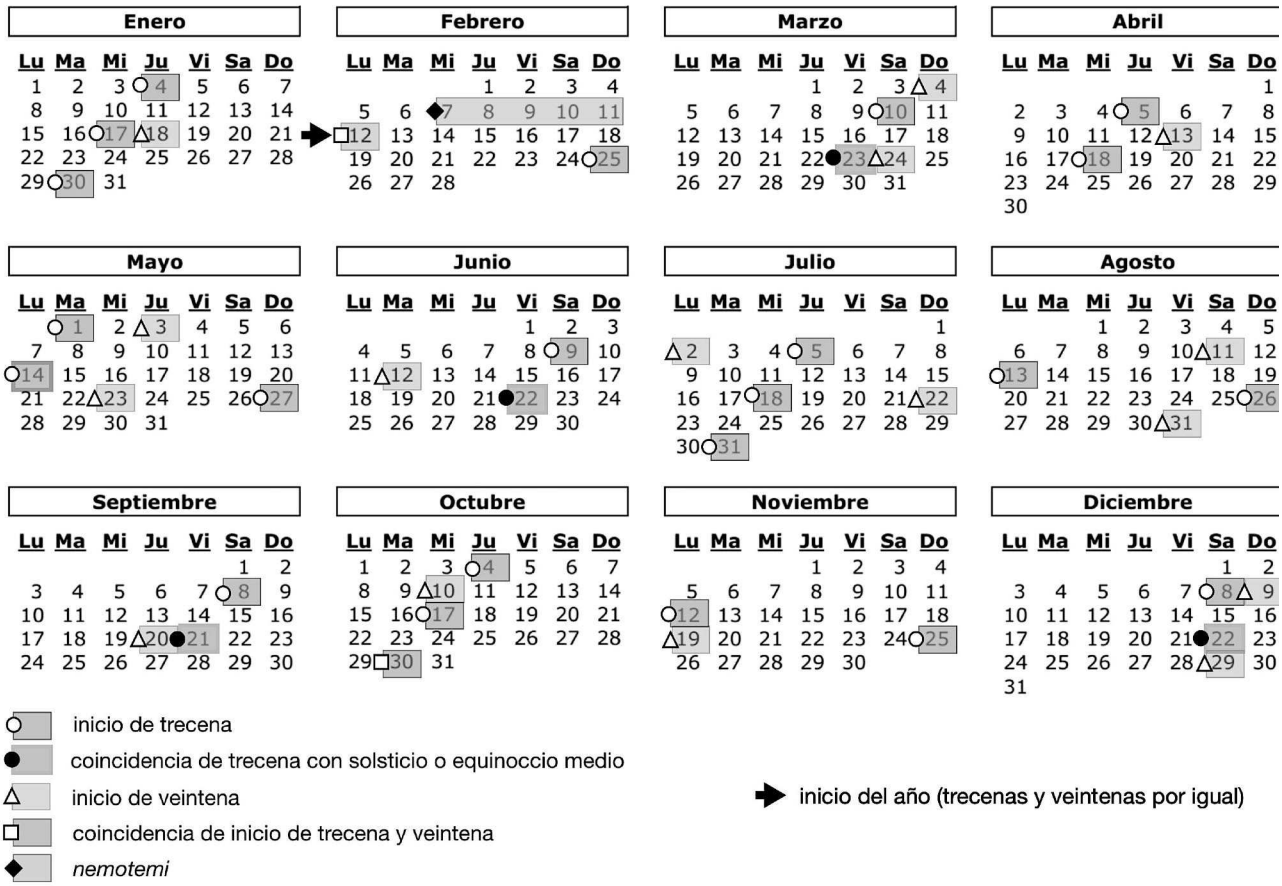
se establece en el libro II de su *Historia General* "Que trata del calendario, fiestas y ceremonias…", acepta que el primer día de *atlcahualo* corresponde al día de la Candelaria, 2 de febrero *st.v.* que recae en el 12 de febrero *st.n.*, más adelante, en el libro VII, "Que trata de la astrología natural, que alcanzaron estos naturales de esta Nueva España," escribe respecto al inicio del año:

> En el Tlatilulco junté muchos viejos, los más diestros que yo pude haber, y juntamente con los más hábiles de los colegiales se altercó esta materia por muchos días, y todos ellos concluyeron que comenzaba el año el segundo día de febrero.

El 12 de febrero me parece la fecha acertada, pues tenemos evidencia arqueológica con alineaciones en edificios para esta fecha por toda Mesoamérica, pues corresponde a la familia 52, esto es 52 días después del solsticio de invierno, las irregularidades planteadas en el calendario nos obligan a centrar nuestra atención en la evidencia tangible determinada por los procesos productivos, pues de no ser así, sufrirían una merma en la producción agrícola, pues como menciona fray Diego Durán, estaban obligados a dirigirse a los sacerdotes para saber en qué momento debían proceder a la siembra o a la cosecha.

El capítulo anterior se demuestra cómo la arquitectura prehispánica estaba ajustada a fechas fijas en el horizonte con las familias de 73, 65 y 52 días antes o después de los solsticios; además de otras construcciones ajustadas al paso cenital, con el cual se superaban los altercados de los desfases porque se ajustaban anualmente el año trópico con el registro del Sol por el cenit.

Recientemente propuse un modelo calendárico sobre un anuario señalando fechas fijas y no movibles para articular las cuentas prehispánicas de 13 y 20 días [Montero, 2020a: 72-73], pues no puedo conformarme con un calendario ritual movible, simplemente porque los muros de los adoratorios señalan a posiciones fijas del Sol en el horizonte. Así que he tomado como fecha pivote el 12 de febrero, 52 días después del solsticio de invierno, fecha a la que se orientan numerosas urbes de Mesoamérica como lo es Teotihuacán, y que además es citado por fuentes históricas que lo señalan como prominente para el calendario mexica revelado por fray Bernardino de Sahagún [1985: 77]. Iniciemos el 12 de febrero la cuenta del tiempo sumando trecenas y veintenas como se aprecia en la siguiente figura.



ARRIBA

La cuenta prehispánica de los días en trecenas y veintenas sobre el calendario del año 2018.

Es necesario advertir al lector que las fechas propuestas para el anuario 2018 pueden variar en un día para cualquier otro año, esto es aceptable porque en un calendario de 365.255936 días, no siempre aparece el Sol sobre el mismo lugar en horizonte, pues hay una oscilación anual de 20 minutos, o sea $^{2}/_{3}$ del disco solar. A simple vista $^{1}/_{3}$ de disco solar es perceptible como una "luneta", porque menos de 10 minutos de arco es difícil de apreciar.

Para concluir este apartado hay que apuntar que el calendario en Mesoamérica fungió como un instrumento de control que ordenaba la vida social dividiendo los ciclos de vida en porciones conmemorativas y fases económicas, a manera de un registro histórico que evocaba un orden cósmico ideal. Su importancia radicaba más como un instrumento de sincronización del pensamiento humano que como una medida de tiempo o como un eficiente sistema de cálculo matemático, pues según entendemos las divergencias señaladas para determinar su fecha de inicio, extensión y calibración lo hacían irregular. Así que cada cultura en Mesoamérica desarrolló una forma específica para idear su concepto de tiempo y una forma particular de ordenar-

lo a partir de las necesidades ideológicas y políticas del Estado a partir de dos sistemas esenciales para el cómputo del tiempo, un sistema de 260 días y otro de 365. Fue así como cada sociedad mesoamericana se caracterizó por su modelo cronotípico particular, a través del cual el tiempo adquirió un significado específico, práctico y conceptual. El calendario en Mesoamérica representa en realidad un amplio sistema compuesto de un conjunto de ciclos distintos, aunque íntimamente entrelazados, cada uno con sus propios propósitos rituales, astronómicos y agrícolas. El calendario no puede considerarse como un ente homogéneo, pues durante sus largos siglos de historia no estuvo exento a todo tipo de reformas, innovaciones, variaciones e idiosincrasias emanadas de las distintas tradiciones regionales. Sin embargo, presenta una esencia de similitudes conceptuales que se acompañan de variantes locales.

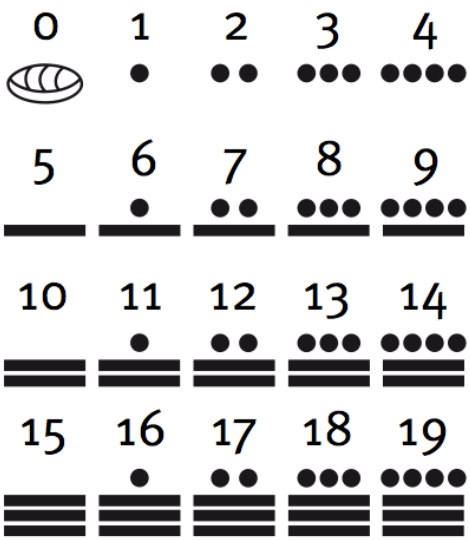
5.4 Las matemáticas celestes

Para considerar el sistema numérico mesoamericano tomemos con punto de partida la numeración maya. Es un sistema vigesimal porque las cantidades se agrupan de 20 en 20. Los tres símbolos básicos son el punto, cuyo valor es 1; la raya, cuyo valor es 5; y el caracol con valor de 0, cabe mencionar que este último signo surgió durante Postclásico, sustituyó a una media cruz maltesa, así como a otros signos que se utilizaban para designarlo durante el Clásico.

Para escribir un número mayor de veinte se usan los mismos símbolos, pero cambian su valor dependiendo de la posición en la que se pongan. Los números mayas se escriben de abajo hacia

DERECHA

Numeración maya



arriba: en el primer orden (el inferior) se escriben las unidades de 0 al 19; en el segundo nivel se representan grupos de 20 elementos, es decir, cada signo tiene un valor equivalente a multiplicar por 20 su propio valor (20 × 1); del mismo modo, en el tercer nivel cada signo tiene un valor equivalente a multiplicar por 400 su propio valor (20 × 20 × 1); en el cuarto nivel, un punto equivaldrá a 20 × 20 × 20 × 1, es decir, 8000. Este sistema es aditivo, porque se suman los valores de los símbolos para conocer un número. El punto no se repite más de 4 veces. Si se necesitan 5 puntos, entonces se sustituyen por una raya. La raya no aparece más de 3 veces. Si se necesitan 4 rayas, entonces quiere decir que se quiere escribir un número igual o mayor que 20. Por ejemplo, veamos la anotación de la cifras 145 y 10,000 en la tabla siguiente:

cuarto nivel				
tercer nivel				
segundo nivel	20 por el valor indicado		7 × 20 = 140	140
primer nivel	valor de 0 a 19		5	5
				145

cuarto nivel	(20×20×20) 8000 por el valor indicado		1 × 8000	8000
tercer nivel	(20×20) 400 por el valor indicado		5 × 400	2000
segundo nivel	20 por el valor indicado		0 × 20 = 0	0
primer nivel	valor de 0 a 19		0	0
				10,000

Hay que advertir que el sistema de numeración presenta una irregularidad cuando se utiliza para indicar fechas. En este caso, los símbolos que se escriben en el tercer nivel valen 18 × 20 × 1; esto quiere decir que cada punto vale 360 unidades y la raya, por tanto, equivaldría a 360 × 5 = 1800. Esta irregularidad tiene que ver con el hecho de que los años mayas están formados por 360 días; el múltiplo de 20 más cercano a 365. En resumen, para el cómputo de fechas el punto en el tercer nivel vale 360.

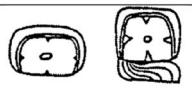
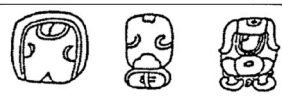
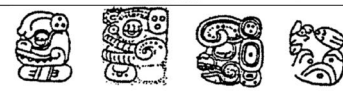
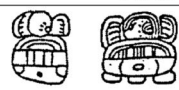
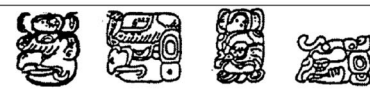
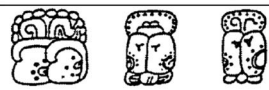
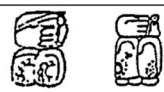
Es conveniente señalar que el cuarto nivel es prácticamente inusitado, teniendo en cuenta que el sistema de numeración maya se vinculaba básicamente con el cómputo del tiempo; así, los números del primer orden con los días (*kines*), los del segundo orden con los meses (*uinales*) y los del tercer orden con los años (*tunes*). Aunque los conocimientos astronómicos y de otro tipo fueron notables, no desarrollaron una matemática astronómica propiamente dicha más allá de la necesaria para el calendario. A continuación, se expone una tabla donde están

representados ejemplos de distintos períodos de días utilizados por los mayas:

Además de los puntos, las barras, los caracoles o la media cruz de malta, los mayas contaban con las llamadas "variantes de cabeza", utilizadas como otra forma de representar gráficamente a los números. Estas constituyen retratos de las deidades y de los números que representan. Citemos el caso del número "13" relacionado con la cabeza de un ave que se representaba con un pico superior colgado, el cual a su vez presenta una vírgula o protuberancia en su parte superior y que en algunos casos posee dientes. A este respecto, el concepto del ave dentada aparece en el *Popol Vuh* y corresponde al pasaje en el que *Junajpu* le tira con su cerbatana al guacamayo *Wuqub Kaqix*, quien al caer de un árbol se le aflojan los dientes [Barriga, 2004: 35-37]. A este Pájaro Celestial también se le vinculaba con el *Wakaj Chan*, el árbol cósmico que se concebía como el *axis mundi* maya, un espacio al que a su vez se le adjudicaban 13 niveles celestiales.

ABAJO

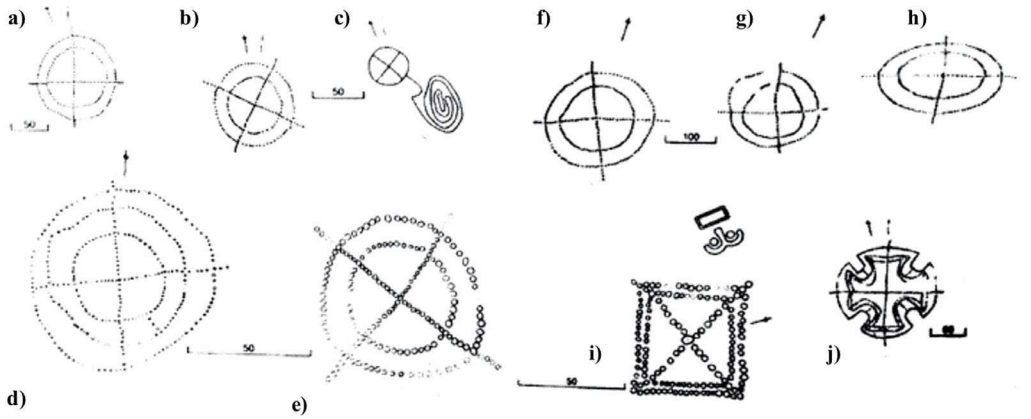
Glifos de diferentes períodos de días reconocidos entre los mayas.

	PERIODO	ESTELA	CÓDICE	VARIANTES DE CABEZA
1 día	K`in (Kin)			
20 días 20 kin	Winal (Uinal)			
360 días 18 uinal 0.9 años	Tun (Tun)			
7200 días 20 tun 19.7 años	K`tun (Katun)			
144,000 días 20 katun 394.3 años	Bak`tun ("Baktun")			
2,880,000 días 20 baktun 7885 años	Piktun ("Pictun")			
57,600,000 días 20 pictun 157,704 años	Kalabtun ("Calabtun")			
1,152,000,000 días 20 calabtun 3,154,071 años	K`inchiltun ("Kinchiltun")			

Otra manifestación de que los pueblos prehispánicos percibían el mundo y el espacio en intervalos numéricos de 13, 20, 52, 104[123] y 260, se evidencia en la configuración de las llama-

123 Resulta interesante que el número de días que corresponde a 104 años

das “cruces punteadas”, las cuales son petrograbados compuestos por puntos que conforman un círculo, estos se esculpieron en sitios ceremoniales ya sea en el piso de alguna estructura o en rocas situadas en algún cerro sagrado. Aunque comúnmente se les atribuye un origen teotihuacano, están presentes en diferentes lugares de Mesoamérica que tuvieron ocupación desde el período Clásico.



ARRIBA

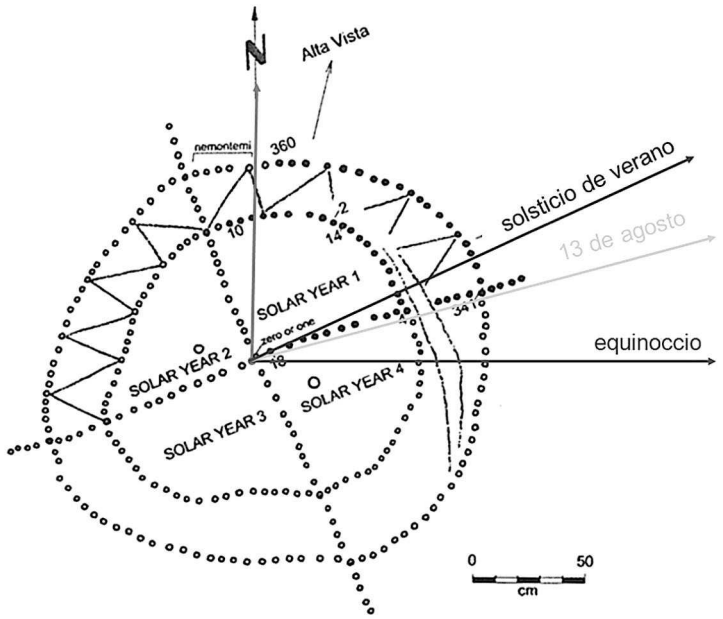
Las cruces punteadas fueron esculpidas en diferentes sitios de Mesoamérica según Aveni [1991]: a) Grupo Viking, Teotihuacán; b) Cerro Colorado, Teotihuacán; c) Cerro Gordo, Teotihuacán; d) Petroglifo Número 1, Tepeapulco; e) Petroglifo Número 2, Tepeapulco; f) Cruz Número 1, Cerro El Chapín, Alta Vista; g) Cruz Número 2, Cerro El Chapín, Alta Vista; h) cruz en el piso, Estructura A-V, Uaxactún; i) petrograbado cuadrado, La Pedrera, Tlalancaleca; j) Cruz de Malta, Teotihuacán.

Las cruces punteadas se han asociado como puntos geodésicos para determinar fechas calendáricas señalando la posición del Sol al amanecer sobre el horizonte como se registró en Alta Vista [véase Montero, 2013b: 113-115]. Para Broda [2004] las cruces son una manifestación peculiar de conocimientos calendáricos teotihuacanos, se trata de petrograbados en forma de círculos compuestos de puntos esculpidos en el piso de estructuras o en rocas en el paisaje. Una característica que comparten muchas, aunque no todas las cruces punteadas, es que frecuentemente indican direcciones o alineamientos calendáricos y muchas de ellas consisten en 260 unidades. Parecen haber sido una aportación teotihuacana y su difusión a otros sitios mesoamericanos se ha interpretado como vestigio de la presencia teotihuacana en estos lugares. Según Iwaniszewski [2018], las cruces punteadas también denominadas “marcadores teotihuacanos” consisten en un par de círculos concéntricos en ocasiones reemplazados por los cuadrados concéntricos, que presentan un par de ejes ortogonales, plasmados en pisos estucados o en afloramientos rocosos durante el período Clásico en Mesoamérica, su análisis revela el significado calendárico-astronómico potencial de los arreglos de agujeros y ejes que conforman esas figuras.

(104 × 365 = 37,960) resulte similar a 65 períodos de Venus y 146 *tzolkin*. De igual manera 8 años que son 2920 años equivale a 100 meses lunares de 29.2 días. En ambos casos no se toman en cuenta los años bisiestos.

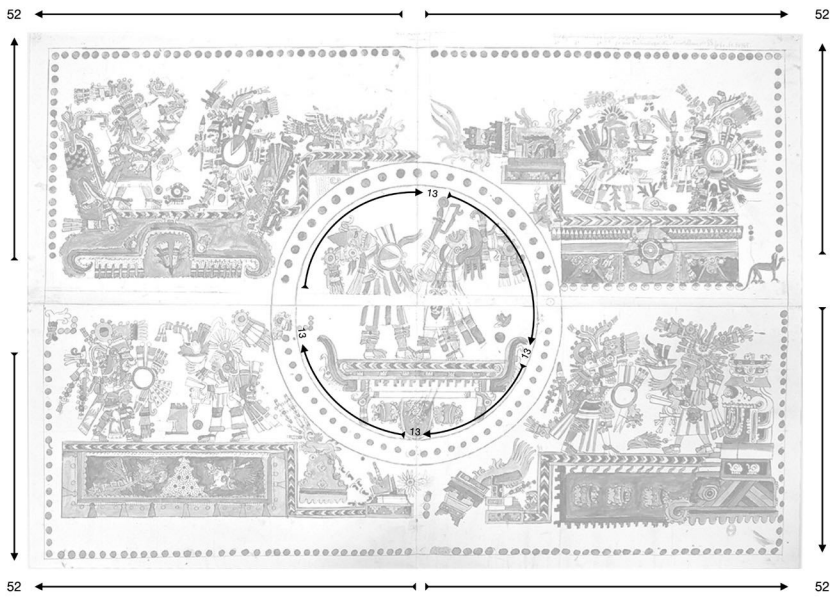
DERECHA

Adaptación de Montero [2013b: 114] a la ilustración de J. Charles Kelley y Ellen Abbott Kelley [2000:192] de la cruz punteada del Cerro El Chapin en Alta Vista, resaltando los alineamientos correspondientes al solsticio de verano y al 13 de agosto con azimut de 75° 03'.



El ordenamiento del tiempo y el espacio mediante un conteo de rotación en intervalos numéricos de 13, 20, 52, 104 y 260, también se puede rastrear en los códices adivinatorios del Postclásico tardío, un buen ejemplo es el *Códice Aubin*, el cual inicia con la explicación del ciclo calendárico tradicional de 52 años, dividido en cuatro secciones, cada una con trece numerales y los cuatro cargadores de año (caña, pedernal, casa y conejo), los cuales se vuelven a representar en el centro, junto a un Sol con las deidad solar femenina denominada *cihuateteo*.

La pintura plasmada sobre el Ms. 20 del *Códice Aubin*, consta de cinco escenas, cuatro de las cuales están colocadas en los cuartos del documento, y una muy borrosa al centro. Alrededor de estas escenas, es decir, en los bordes del documento y alrededor de la escena central, hay un marco de círculos rojos. Estos círculos forman hileras de 51 puntos, separadas por cinco fechas, pero hay que señalar que tanto estas fechas como los fragmentos de hileras de círculos están en parte borradas, con lo cual esto se puede aseverar después de la reconstrucción de elementos faltantes. Dado que las representaciones de los círculos son un conocido recurso para representar días consecutivos sin necesidad de plasmar sus fechas, estos marcos en conjunto representan 5 períodos de 52 días (una fecha específica más 51 días sin precisar) dando en total 260 días; o sea, el ciclo calendárico básico conocido en náhuatl como *tonalpohualli*. En las escenas de los cuartos del documento se representan cuatro parejas, cada una parada sobre un espacio particular [Mikulska, 2018].



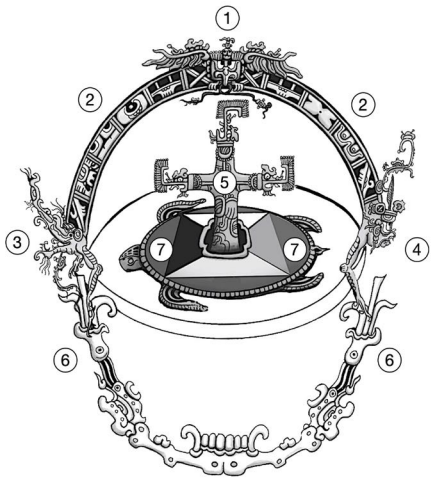
IZQUIERDA

Copia de Pichardo de la página central del *Códice Aubin* (Ms. 20), destacando la cuenta de los días en cuatro trecenas al centro que resultan en 52 días, que al multiplicarse por 5 resultan en 260 días que corresponde a 20 trecenas.

Los cuatro rumbos de la tierra se complementan con un centro, se conforma así un quincunce, metáfora ancestral del espacio mesoamericano que también se aprecia en la primera página del *Códice Feyérváry-Mayer* (véase pág. 15) donde se manifiesta con la cuenta del tiempo vinculada al espacio, pues los 260 días del calendario *tzolkin* están dispuestos en un orden que se incrementa en grupos de 13 días. Este modelo, similar a una "cruz de Malta", también se aprecia en el *Códice Madrid*, páginas 75 y 76 (véase pág. 219). En ambos documentos es evidente la asociación de la rueda calendárica con las direcciones del mundo. Para Paxton [2008: 86], este diagrama espacio temporal sigue la premisa del movimiento aparente del Sol como una migración desde su salida y puesta por los horizontes oriental y occidental para los solsticios. Si consideramos el centro, obtenemos un registro de cinco sectores.

5.5 El cielo, su movimiento y otros fenómenos

El Sol, la Luna, los planetas y las constelaciones entre otros cuerpos celestes que se presentan en las siguientes páginas están citados en distintos documentos históricos, desde códices y crónicas, hasta en monumentos e inscripciones dispersos por las zonas arqueológicas del país. Las representaciones simbólicas de los cuerpos celestes cambian conforme el período y la cultura, así pues, el Sol puede adoptar una forma humana cuando



ARRIBA

Los mayas representaban a la eclíptica como una serpiente bicéfala, que permitía a las deidades el ascenso al plano celeste por el este y el descenso por el oeste, cruzando el cielo a través de su cuerpo serpentino, adaptación del autor a imagen exhibida en el Museo Arqueológico de Campeche:

1. Itzamná como ave celeste
2. Eclíptica
3. Cabeza de serpiente del oeste
4. Cabeza de serpiente del este
5. Árbol cósmico como el *axis mundi*
6. Fauces del inframundo
7. Superficie terrestre como el cuerpo de una gran tortuga en un océano, destacando los rumbos cardinales.

se confunde con un rey, o felina cuando es nocturno, o de ave como quetzal o guacamaya entre los mayas cuando es diurno. A menudo, el cielo forma una bóveda o un arco: es una serpiente, un monstruo-reptil, a veces bicéfalo, cuyo cuerpo puede sustituirse por una franja celeste, una serie abstracta de signos referentes al cielo y a los astros. Debido a sus múltiples funciones, las imágenes de la Tierra son las más numerosas y las más variadas en ocasiones como una tortuga. La Tierra abre sus mandíbulas para dar paso al nuevo Sol por joven rey, y para engullir al fatigado Sol y al difunto rey. Es fuente de vida, pero también se alimenta de cadáveres y de sacrificios; guarda las aguas subterráneas, pero alberga al Sol nocturno y al inframundo. Todos estos aspectos pueden tratarse en conjunto o por separado. Todo esto nos conduce a dosificar los atributos de cada figura según las necesidades de expresión de cada momento [Baudez, 2007: 38].

Para algunos investigadores la orientación del tradicional y omnipresente juego de pelota en la arquitectura de las grandes urbes de Mesoamérica con su forma de "I" latina con orientación este-oeste responde a la escenificación del movimiento astral donde se destaca la trayectoria seguida por el Sol, la Luna y los planetas a través de la eclíptica. Para Mercedes de la Garza [1980: 315-316] el juego representaba esencialmente contradicciones naturales, como la oposición de puntos cardinales, los momentos de desaparición y reaparición de un astro y, particularmente, la lucha de las fuerzas luminosas contra las fuerzas oscuras, encamadas en los astros, que son seres divinos. El campo de juego simboliza el cielo, sobre todo el nocturno, donde los anillos de piedra son los sitios de salida y puesta de los astros en el horizonte;[124] la pelota, el astro, y el acto del juego, el movimiento del astro. Los juegos de pelota son tan antiguos como el de Teopantecuanitlan, de la cultura olmeca donde cuatro monolitos con rasgos de jaguar proyectan el día del equinoccio por la mañana, una sombra que poco a poco se desplaza hasta llegar al punto medio de la cancha del juego de pelota, en el centro de la plaza, es así como en las siguientes páginas se presenta un esbozo somero del complejo simbolismo ancestral del cielo y sus actores. Las fuentes históricas por su volumen y diversidad son un acervo difícil de conocer en su totalidad, es un asunto complejo que no se intenta agotar en este volumen.

124 Algunos de los anillos del juego de pelota denominados *tlachtemalacatl* estaban decorados con relieves asociados a los astros.

5.5.1 El Sol

El Sol es el cuerpo astronómico más brillante y dominante del cielo. Es la estrella próxima, el eje central de nuestro Sistema Solar, principio de energía, fuente de luz y de calor, regulador de los ciclos de la vida. El Sol fue concebido en Mesoamérica como divinidad y como el mismo tiempo, fue el cuerpo celeste reverenciado por excelencia, su importancia residió en que los pueblos agrícolas lo relacionaban con los ciclos reguladores del tiempo, formando a través de sus movimientos la base del calendario, también representaba el espacio al fijar en sus extremos solsticiales los puntos que marcaban las esquinas del mundo; además, fue el rumbo para orientarse, justamente por donde levanta, a diferencia del moderno mundo occidental que se orienta por el norte. En la escritura ideográfica del Centro de México se utilizaba frecuentemente la imagen solar para denotar lo divino: *in teotl quitoznequi tonatiuh*, que se traduce como "Dios quiere decir Sol". El Sol es también una autoridad que dicta el destino de los dioses y los hombres como leemos en la siguiente cita:

> [...] y los dichos nigrománticos tornaron á preguntar á Quetzalcóatl, ¿á donde os vais? y él les respondió diciendo, yo me voy hasta *Tlapallan*: ¿á qué os vais allá dijeron los nigrománticos? y respondió, vinieron á llamarme, y llámame el Sol [...].
>
> Fray Bernardino de Sahagún [1985], libro III, capítulo XIII

Quetzalcóatl, según León Portilla [1993: 93], encontró en su meditación a Ometéotl, el sostén de la Tierra, vio a Ometéotl vestido de negro y de rojo, identificándolo con la noche y el día. Descubrió en el cielo estrellado el faldellín luminoso con que se cubre el aspecto femenino de Ometéotl y en el astro que de día hace resplandecer a las cosas encontró el rostro masculino del Sol, el símbolo maravilloso de la potencia generativa. El mundo, el Sol y las estrellas reciben su ser de Ometéotl; en última instancia todo depende de él.

El Sol es omnipresente en los mitos de creación donde se le reconoce como el dador de vida. Lo encontramos como protagonista en las múltiples recopilaciones sobre la creación, donde el mito lo vincula a las eras del tiempo mítico refiriéndose a los soles que conforman cuatro lapsus temporales antes de la creación del Quinto Sol, que es la era en la que vivimos.

La iconografía cosmogónica es compleja en Mesoamérica, parte de cientos de años de memoria multiétnica con registros tan antiguos como la Estela 5 de Izapa para el Preclásico o la pintura mural maya de San Bartolo en Guatemala fechada 200 años a. C. Cientos de años después el mito se desborda en un discurso diferente para el siglo XVIII con el fantástico relato del *Popol Vuh*. La narrativa mesoamericana respecto a las eras o soles de la creación, es en todos y cada uno de los contenidos es distinta;[125] sin embargo, prevalecen ciertas normas en la mayoría de los relatos: a) la secuencia evolutiva de una creación a otra; b) cuatro eras que corresponden cada una a un punto cardinal, presentando el centro como un quincunce que concierne a la era en que vivimos; c) la duración de cada era siempre es un múltiplo de 52 años, con lo cual inicia y termina el mismo día en cada caso; d) cada era es inherentemente inestable, pues los dioses que la protagonizan se presentan en conflicto constante. León Portilla [1993: 100], por su parte apunta cinco analogías más: a) la necesidad lógica de fundamentación universal; b) la temporalización del mundo en edades o ciclos; c) la idea de elementos primordiales; d) la división del universo por rumbos o cuadrantes, y e) el concepto de lucha como molde para pensar el acaecer cósmico. Es así como personajes, deidades, temporalidades y demás elementos compositivos del discurso difieren unos de otros, para el mismo León Portilla [ibídem] son al menos diez las crónicas y anales donde se encuentra esta narración cosmogónica con sus respectivas discrepancias. Atendamos a manera de ejemplo la *Historia de los mexicanos por sus pinturas*,[126] según se refiere en el texto citado por Moreno de los Arcos [1967: 189]:

> Tezcatlipoca se hizo sol para alumbrar y los otros dioses crearon a los gigantes, hombres muy fuertes, que comían bellotas de encinas. Éstos habitaron el mundo durante 676 años. Cuando Tezcatlipoca dejó de ser sol, todos los gigantes murieron comidos por tigres y no quedó ninguno. Tezcatlipoca dejó de ser sol porque Quetzalcóatl lo golpeó con un gran bastón y lo derribó en el agua, de donde salió convertido en tigre[127] a comer a los gigantes. Quetzalcóatl fue, pues, el sol de la segunda edad, habitada ya por macehuales, que se alimentaban de piñones.

125 Véase por ejemplo la publicación de Mercedes de la Garza [1983] respecto a las diferencias entre la *Historia de los mexicanos por sus pinturas* y la *Leyenda de los soles*.

126 Texto anónimo del siglo XVI. El manuscrito probablemente fue compilado por fray Andrés de Olmos en 1530 o 1533.

127 En la transcripción de Garibay [1996: 30-31] Tezcatlipoca convertido en Jaguar se atestigua en el cielo en la constelación de la Osa Mayor.

> Quetzalcóatl duró siendo sol trece veces cincuenta y dos años (676), hasta que Tezcatlipoca lo derribó de una coz, y levantó un fuerte viento que se llevó a Quetzalcóatl y los macehuales. Algunos de éstos quedaron en el aire y se volvieron "monos y simios". Tlalocatecutli, "dios del infierno", quedó por sol y duró siete veces cincuenta y dos años (364). Durante esta edad los macehuales comían *acicintli* "simiente como de trigo que nace en el agua". Pero Quetzalcóatl hizo llover fuego del cielo y quitó a Tlalocatecutli y lo sustituyó por su mujer Chalchiuhtlicue. Chalchiuhtlicue duró 312 años alumbrando a los macehuales, que en ese tiempo comían *cincocopi*, simiente como maíz. El último año que fue sol Chalchiuhtlicue llovió tal cantidad de agua que se cayeron los cielos y los macehuales fueron llevados por las aguas y se convirtieron en todos los géneros de peces que hay. El sacrificio de los dioses permitió un quinto sol, que perecería, según los viejos, cuando Tezcatlipoca se robase al sol.

Tenemos entonces que la *Historia de los mexicanos por sus pinturas*, presenta a los soles o eras en el siguiente orden: I, Sol de Tierra; II, Sol de Viento; III, Sol de Fuego; y IV, Sol de Agua. Pero en la *Leyenda de los Soles*, es diferente: I, Sol 4 Jaguar; II, Sol 4 Viento; III, Sol 4 Lluvia; y IV, Sol 4 Agua. Según esta última relación, vivimos en el Quinto Sol, que es el Sol 4 Movimiento, interesante es como se describe el inicio esta era según una traducción del siglo XVI del náhuatl al español que se atribuye a Feliciano Velázquez [Martínez, 1988: 13]:

> El nombre de este Sol es *naollin* (4 Movimiento). Éste ya es de nosotros, de los que hoy vivimos. Esta es su señal, la que aquí está, porque cayó en el fuego el Sol en el horno divino de Teotihuacán. Fue el mismo Sol de Topiltzin de Tollan, de Quetzalcóhuatl. Antes de ser este Sol, fue su nombre Nanáhuatl, que era de Tamoanchan. Águila, tigre, gavilán, lobo; *chicuacen écatl* (6 Viento), *chicuacen xóchitl* (6 Flor); ambos a dos son nombres del Sol. Lo que aquí está se nombra *teotexcalli* (horno divino), que cuatro años estuvo ardiendo. Tonacateuctli (el Señor de nuestra carne) y Xiuhteuctli (el Señor del año) llamaron a Nanáhuatl y le dijeron: "Ahora tú guardarás el cielo y la tierra." Mucho se entristeció él y dijo: "¿Qué están diciendo los dioses? Yo soy un pobre enfermo." También llaman allá a Nahuitécpatl; éste es la Luna. A éste lo citó Tlalocanteuctli (el Señor del paraíso), y asimismo Napateuctli (cuatro veces Señor). Luego ayunó Nanáhuatl. Tomó sus espinas, y sus ramos de laurel y silvestre (*acxoyatl*); consigue que la Luna le provea de espinas. Primeramente

> Nanáhuatl se sacó sangre en sacrificio. Después se sacrificó la Luna: sus ramos de laurel son plumas ricas (*quetzalli*); y sus espinas, chalchihuites, que inciensa. Cuando pasaron cuatro días, barnizaron de blanco y emplumaron a Nanáhuatl; luego fue a caer en el fuego. Nahuitécpatl en tanto le da música con el tiritón de frío. Nanáhuatl cayó en el fuego, y la Luna inmediatamente fue a caer sólo en la ceniza. Cuando aquél fue, pudo el águila asirle y llevarle. El tigre no pudo llevarle, sino que le saltó y se paró en el fuego, por lo que se manchó; después ahí se ahumó el gavilán y después se chamuscó el lobo: estos tres no pudieron llevarle. Así que llegó al cielo, le hicieron al punto mercedes Tonacateuctli y Tonacacíhuatl: le sentaron en un trono de plumas de *quecholli* y le liaron la cabeza con una banda roja. Luego se detuvo cuatro días en el cielo; vino a pararse en el (signo) *naollin*; cuatro días no se movió; se estuvo quieto. Dijeron los dioses: "¿Por qué no se mueve?" Enviaron luego a Itztlotli (el gavilán de obsidiana), que fue a hablar y preguntar al Sol. Le habla: "Dicen los dioses: pregúntale por qué no se mueve." Respondió el Sol: "Porque pido su sangre y su reino." Se consultaron los dioses y se enojó Tlahuizcalpanteuctli (Venus), que dijo: "¿Por qué no le flecho? Ojalá no se detuviera." Le disparó y no le acertó. ¡Ah!, ¡ah! le dispara y flecha el Sol a Tlahuizcalpanteuctli con sus saetas de cañones de plumas; rojas, y enseguida le tapó la cara con los nueve cielos juntos. Porque Tlahuizcalpanteuctli es el hielo. Se hizo la junta por los dioses Titlacahuan y Huitzilopochtli y las mujeres Xochiquetzal, Yapaliicue y Nochpaliicue; e inmediatamente hubo mortandad de dioses ¡ah! ¡ah! en Teotihuacán. Cuando fue el Sol al cielo, fue luego la Luna, que solamente cayó en la ceniza, y no bien llegó a la orilla del cielo, vino Papáztac a quebrantarle la cara con una taza de figura de conejo.
>
> *Leyenda de los soles*, traducción de un manuscrito anónimo en náhuatl, 1558

El relato transcrito por fray Bernardino de Sahagún [lib. VII, cap. II] también procede del Altiplano Central para el mismo siglo XVI, pero presenta ciertas discrepancias con el anterior. Los informantes de Sahagún aluden a que los dioses decidieron crear el Quinto Sol en Teotihuacán, en una asamblea de dioses en la que consumaban ayunos y sacrificios, se preguntaron quién se haría cargo de iluminar el mundo. Un dios soberbio, llamado Tecuciztécatl (El originario del lugar del caracol marino), se ofreció para alumbrar la superficie de la Tierra. Nuevamente los dioses se preguntaron sobre quién sería el otro candidato para

iluminar el mundo, pero nadie se ofreció. Finalmente, observaron a un dios que no hablaba, sólo escuchaba. Su cuerpo estaba cubierto de llagas y tumores y le dijeron: "Sé tú el que ilumines, bubosito", el dios llamado Nanahuatzin aceptó la tarea. Durante cuatro días ambos hicieron penitencia y realizaron sacrificios sobre los dos promontorios de las pirámides del Sol y de la Luna. Todo lo que Tecuciztécatl ofrecía era precioso. En lugar de ramas y bolas de heno, él ofreció preciosas plumas de quetzal y bolas de filamento de oro para encajar en ellas las espinas de autosacrificio. Ofreció espinas hechas de piedras preciosas en lugar de espinas de maguey. Estas no estaban cubiertas con su sangre, como era la tradición, sino que eran espinas de coral rojo. Mientras que Nanahuatzin ofreció cañas verdes, bolas de heno y espinas de maguey cubiertas con su propia sangre. Cuatro días se mantuvo el fuego, a la medianoche del último día programado para la creación del nuevo Sol, los dioses se reunieron alrededor de una gran hoguera preparada para la próxima cremación de los dos dioses; la finalidad era transformarse en estrellas brillantes. Los dioses pidieron a Tecuciztécatl arrojarse primero. Tecuciztécatl intentó lanzarse a la hoguera cuatro veces y las cuatro se arrepintió. Entonces, como no era permitido realizar un quinto intento, los dioses le dijeron a Nanahuatzin que lo intentara, él inmediatamente cerró sus ojos, se arrojó al fuego y comenzó a quemarse. Tecuciztécatl al ver la valentía de su compañero, se arrojó también. Después de que ambos fueron consumidos por las llamas, los dioses se sentaron bajo el cielo enrojecido y esperaron el nacimiento del Sol. Los dioses no sabían en qué dirección saldría, sólo Quetzalcóatl y Tezcatlipoca, Xipe Totec, predijeron que Nanahuatzin convertido en Sol nacería por el oriente. Así fue, radiante y resplandeciente apareció en el oriente un imponente Sol que más tarde sería conocido como Tonatiuh. Por detrás salió Tecuciztécatl como la Luna, igual de brillante que el Sol; tanto que los dioses se preguntaron si sería conveniente para ellos tener dos astros que alumbraran con esa intensidad al mismo tiempo. Acordaron que el brillo de la Luna fuera disminuido, así que uno de ellos lanzó un conejo a Tecuciztécatl, atenuando su luz y dejando una mancha oscura en su cara, tal como la conocemos hasta el día de hoy (cita textual en la pág. 270). Según López Austin [2012] este mito es común entre mayas, zapotecos, mixtecos, huastecos y tarascos. Las líneas anteriores describen la creación del Quinto Sol, donde Nanahuatzin quien atrevidamente se arroja al fuego para convertirse en Sol, implica ya desde un principio la raíz más oculta del futuro misticismo mexica por el sacrificio, pues el Sol existe sólo por el sacrificio.



ARRIBA

Ehécatl-Quetzalcóatl en la lámina 19 del *Códice Borgia* porta disco solar en la nuca, pectoral de caracol marino, máscara con pico de ave y los instrumentos de autosacrificio en la mano izquierda, estos son sus atributos más relevantes.

Para Florescano [2008], diversas fuentes señalan que Ehécatl-Quetzalcóatl, el dios del aire, participó en la formación del Quinto Sol. A él se atribuye también la creación del calendario, las ciencias y las artes, la agricultura y el conjunto de los bienes civilizados. Ehécatl es el dios proveniente de los toltecas, el numen titular del reino de Tollán (Teotihuacán y no Tula) y el dios protector de Quetzalcóatl, el gobernante, todo poderoso.[128]

Como ya se apuntó, el Quinto Sol, en el cual vivimos es 4 Movimiento, el inicio de esta era tiene por fecha el año 2 Caña, que pudo acontecer en 1143 o 52 años después, en 1195 d. C. La tradición afirma que los dioses hicieron un sacrificio de *chalchiuatl*, la sangre, ese líquido precioso que según se profesaba hacía que el Sol se moviera. De esta manera se estableció la necesidad insaciable de sangre entre los mexicas; el Sol necesita alimentarse continuamente para mantenerse en movimiento con el preciado *chalchiuatl*, se alcanza un equilibrio que sólo podía romperse cada 52 años, de ahí la importancia de la ceremonia del Fuego Nuevo y el sacrificio humano para alimentar al Sol, una práctica necesaria para evitar el cataclismo final. Los mexicas obtenían esa energía vital para el Sol capturando enemigos, se abastecían de víctimas esencialmente durante la Guerra Florida, los individuos apresados al ser sacrificados fueron el medio principal para mantener la vida del Sol, fue así como la ocupación central del culto, el eje de vida de los gobernantes y sacerdotes respondía a la obsesión mística del sacrificio, en lo que León Portilla [1993: 126] denomina "visión Huitzilopóchtlica del mundo", que hizo de ellos el pueblo guerrero por excelencia, "el pueblo del Sol". Un pueblo que temía que su era terminara por un movimiento telúrico. Eso sí, como apunta Alfonso Caso [1978: 53], sucedería cuando la estrella Aldebarán, denominada Yohualtecuhtli, no hubiera pasado por en medio del firmamento la noche en que se celebraba el Fuego Nuevo. De no ser así, las estrellas y los planetas, los *tzitzimime*, bajarían a la tierra convertidos en fieras espantables devorarían a los hombres, antes que los terremotos arruinaran al Sol.

Los mexicas se consideraban el pueblo del Sol, porque asumían que su deber era hacer la guerra cósmica para dar al Sol su alimento. El bienestar y la supervivencia del mundo dependía del

128 En un delicado análisis de este mito, Flores Cano [1997: 59-63] considera que el simbolismo de los dioses Nanahuatzin y Tecuiciztécatl en la creación del Quinto Sol, establece una oposición entre las poblaciones sedentarias oriundas de la cuenca de México con Tecuiciztécatl, y los grupos norteños recién llegados identificados con Nanahuatzin en la instauración de un nuevo orden protagonizado por los mexicas, donde ellos son el pueblo elegido por los dioses para procurarle corazones al Sol.

chalchiuatl depositado en el *cuauhxicalli* o vasija del águila. Antes de salir al combate, los guerreros mexicas ofrecían sus armas al Sol llevando consigo los emblemas solares, de tal forma que eran designados *tonatiuhitlatocan* "Los señores del Sol". Varios textos nahuas hablan de que los guerreros al morir en combate se convertían en colibríes cuyo destino era acompañar al Sol del alba al cénit [León Portilla, 1993: 414]. Así que el diario camino del Sol por el cielo abarcaba asociaciones míticas con los guerreros caídos en batalla que lo acompañaban hasta mediodía; posteriormente las mujeres muertas en el parto lo escoltarían hasta el ocaso. Así el Sol era cuidado hasta el momento de ocultarse al introducirse en la boca de Tlaltecuhtli para ser devorado por este monstruo de la tierra y atravesar por el mundo de los muertos.

El Quinto Sol, el *nahui ollin*, no era solo un período de tiempo cósmico, era también un símbolo y una fecha calendárica específica, un día relevante ritualmente para los mexicas, según Chavero [1882: 3], citando a fray Bernardino de Sahagún, apunta que en el día *nahui ollin* mataban codornices, ponían lumbre e incienso delante de una estatua del Sol y le vestían de un plumaje que se llamaban *cuetzaltonamelutl*, y al mediodía mataban cautivos. Hacían fiesta al Sol una vez cada año, en el signo que se llama *nahui ollin*, y antes de la fiesta ayunaban 4 días como vigilia de la fiesta, y en ella ofrecían incienso y sangre de las orejas 4 veces: una saliendo el Sol, otra al mediodía, otra a la hora de vísperas y cuando se ponía el Sol. Igualmente, fray Diego Duran atiende la importancia de *nahui ollin* desde el aspecto militar para los guerreros mexicas.

El Quinto Sol que se representa espectacularmente en la Piedra del Sol.[129] La Piedra del Sol es sin duda alguna la pieza más conocida de la época prehispánica por su calidad estética y complejo simbolismo, además de sus dimensiones y delicada talla. Se ha sugerido que fue un *temalacatl*, la piedra sobre la que se realizaba el sacrificio gladiatorio, o un gran *cuauhxicalli*, el recipiente en el que se colocaban los corazones de los sacrificados. En su conjunto, los relieves se encuentran dispuestos en círculos concéntricos que refieren al ciclo solar y las eras por las que ha pasado el mundo y el calendario. Según Matos [2015] en la Piedra del Sol, se expresan tres momentos cotidianos del recorrido solar: primero, como Huitzilopochtli, el joven guerrero que se eleva por el cielo, el oriente representa el rumbo masculino del universo; segundo, al llegar al mediodía con el paso del Sol por

129 La escultura esta realizada en un basalto de olivino, materia prima que proveniente del sur de la cuenca de México (San Ángel o Xochimilco). Fue labrada alrededor del año 1512, por encargo de Moctezuma II.

el meridiano que emerge en la parte central del monumento con un cuchillo de sacrificios que sale de la boca como la lengua, es el cenit en contraparte con el nadir; tercero, el Sol del atardecer, descendente, es Tzontemoc (el Sol del ocaso), acompañado por mujeres guerreras muertas en el primer parto, indicadoras del rumbo femenino, por donde el Sol es devorado. Las tres fases establecen el continuo movimiento del astro. Además, de las cuatro edades o soles que representa en su iconografía, presenta un círculo que contiene los 20 días del calendario, debe leerse a la inversa de las manecillas del reloj. Rayos solares en forma de triángulos surgen del astro para alumbrar la tierra. Le sigue una banda con pequeños cuadros con la figura de quincunces, cinco elementos, que indican el centro. De ella también salen rayos solares. Finalmente, y rodeando completamente al Sol, están las dos serpientes de fuego que lo envuelven y que a su vez lo transportan por el firmamento del oriente hasta el poniente. En palabras del mismo Matos [ibidem], es el tiempo mismo, el tiempo petrificado que representa la cosmovisión de un pueblo adorador del Sol.

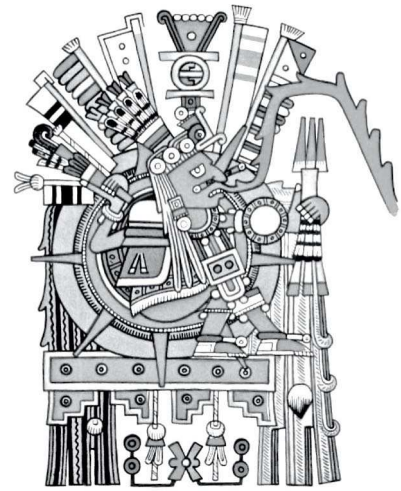
ABAJO

La Piedra del Sol es una escultura mexica realizada sobre basalto, alcanza 3.6 m de diámetro con un peso aproximado de 25 toneladas, es procedente de Tenochtitlan y se considera fue elaborada a principios del siglo XVI, iconográficamente se destaca: 1) rostro de Tonatiuh, el Sol, con adornos de jade y un cuchillo de sacrificios en la boca; 2) los cuatro soles o eras de la humanidad que son 2a, como el primer sol, 4 Jaguar; 2b, el segundo sol, 4 Viento; 2c, el tercer sol, 4 Lluvia; y 2d, el cuarto sol, 4 Agua; 3) los signos de los días que corresponden a una veintena conformando una banda circular; 4) círculo que contiene los cuatro rumbos del universo; 5) representación de rayo solar; 6) representación de púa sagrada; 7) cuerpo de dos serpientes de fuego o *xiuhcóatl*; 8) las cabezas de las dos serpientes se enfrentan como una alegoría en la parte inferior del monumento reiterando la dualidad [véase Matos y Solís, 2004].



El Sol en su cometido cósmico de águila asciende y crea el día y el calor. En la página 71 del *Códice Borgia*, se presenta una imagen de Tonatiuh, el Sol, enmarcado en tres lados, arriba, a la derecha y abajo, por los glifos de los trece volátiles que, con sus numerales, se considera connotan las horas o divisiones del día. Tonatiuh aparece circundado por el disco solar. Su atavío incluye un *xiuhtotocalli*, casquete de pájaro turquesa, propio del Dios del Fuego, Xiuhtecuhtli, con el que aquí se relaciona, pero enriquecido con cuatro tiras cubiertas con plumas de águila que corresponden a la deidad solar. Del disco del Sol salen, hacia arriba, una gran flor y cinco banderas que posiblemente corresponden a las cinco regiones del mundo. Tonatiuh aparece como un guerrero con un haz de dardos en una mano y un *atlatl* o lanzadera en la otra. De uno y otro lado fluyen dos corrientes, una de agua que lleva pequeños discos amarillos, y otra de plumas también amarillas con bolas de fino plumaje, evocación de *atl-tlachinolli*, la guerra. Debajo se contempla el glifo de 4 Ollin nombre calendárico del Quinto Sol, la edad cósmica actual [León Portilla, 1993: 414].

Al Sol también le son atribuidos animales volátiles que ocupan los espacios celestes, la mariposa *papalotl*, aparece con frecuencia como emblema de las entidades solares, la codorniz ave que era sacrificada al Sol pues estaba ligada a él por el *tonalpohualli*. Sin embargo, el animal solar por excelencia era el águila denominada *cuauhtli*, el ave que alcanza la máxima elevación de los cielos.



ARRIBA

El Sol como el dios Tonatiuh representado en el *Códice Borgia*, página 71, alimentado por la sangre de una codorniz sacrificada.

> Así servían al Sol a diversas horas del día y de la noche. Cada día, al salir el Sol, era hecho el sacrificio de codornices y ofrecimiento de copal. Y así se sacrificaba a las codornices, les cortaban el cuello, las levantaban en ofrenda al Sol, lo saludaban le decían:
>
> Ha salido el Sol, el que hace el calor, el niño precioso, águila que asciende. ¿Cómo seguirá su camino? ¿Cómo hará el día? ¿Acaso algo sucederá en nosotros, su cola, su ala?
>
> Le decían:
>
> Dígnate hacer tu oficio, cumple con tu misión, Señor Nuestro. Y esto se decía cada día, cuando salía el Sol.
>
> *Códice Matritense del Real Palacio*,
> "Primeros Memoriales", fol. 237v

La cita anterior nos muestra al águila como advocación solar que en el Templo Mayor de Tenochtitlan según Matos y Solís [2004:



ARRIBA

Escultura mexica del período Posclásico tardío realizada en basalto que representa en posición sedente a Tonatiuh, el Sol, el cual se distingue por portar en la espalda el disco solar.

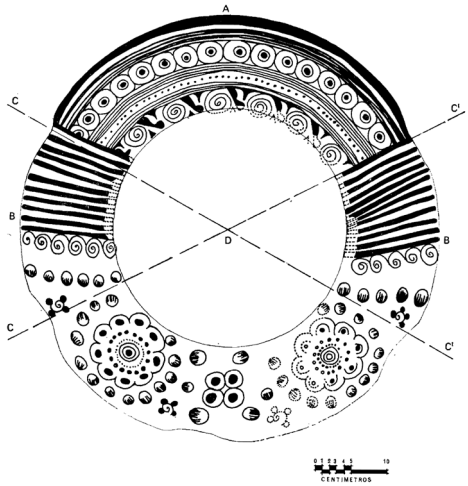
42] es el mismo Huitzilopochtli, el gran templo mexica muestra en su orientación el movimiento solar, al igual siglos antes la pirámide del Sol lo hacía en Teotihuacán; ambos edificios fueron considerados centro del universo, con la fachada principal viendo al poniente, por donde el Sol desciende para ser devorado por Tlaltecuhtli, Señor de la Tierra, y al día siguiente ser parido por Coatlicue, Diosa de la Tierra; de esta manera se confrontaba a los poderes de la noche representados por la Luna y las estrellas. Esto tomó forma en el mito de la lucha entre Huitzilopochtli, que simbolizaba al Sol contra Coyolxauhqui, la Luna, y los huitznahuas, que representan a las estrellas del sur. Al salir el astro por el oriente, portaba como arma el rayo solar, el *xiuhcóatl*, la serpiente de fuego, con la que disipaba las tinieblas de la noche. Esta lucha diaria tomaba proporciones trascendentales cuando ocurría un eclipse, pues era el enfrentamiento palpable entre ambos poderes, del que salía siempre triunfador el astro solar.

El Templo Mayor de Tenochtitlan, mostraba en su parte superior dos templos, uno dedicado a Tláloc, y el otro a Huitzilopochtli, la principal fiesta a Huitzilopochtli se realizaba durante la veintena de Panquetzaliztli cuando el Sol se encuentra en su declinación más al sur, durante el mes de diciembre para el solsticio de invierno, lo que significaba que Huitzilopochtli había ido a combatir a los sureños, a los huitznahuas, por eso es que Huitzilopochtli, el Colibrí Zurdo, regía el rumbo sur del universo representado con el color azul. Finalmente Huitzilopochtli se identificó con Tonatiuh y evolucionó en águila, en la lámina XI de la parte pictórica que ilustra al *Códice Ramírez*, el águila, que posa sobre el nopal como símbolo de la fundación de Tenochtitlan, tiene en una de sus garras un colibrí.

En el Postclásico tardío los pueblos del Altiplano Central asignaron la advocación de deidad solar a diferentes entidades sacras según sus intereses e historia particular, tal es el caso de los mexicas quienes reconocían en esta posición a Huitzilopochtli, mientras que en Azcapotzalco este papel se le atribuía a Tezcatlipoca, en Xochimilco a Xochipilli y entre los tlalmanalcas y chalcas a Mixcóatl. Múltiples eran entonces las ceremonias consagradas al Sol, durante el año en diferentes veintenas se le hacían sacrificios, así para la primera veintena del calendario denominada Tlacaxipehualiztli, según fray Bernardino de Sahagún [1985: 78] se sacrificaban cautivos para el culto a Xipe Totec, ofreciendo sus corazones al Sol. Otra conmemoración astral es la fiesta al Sol en mes de mayo, durante la veintena de Tóxcatl, que en la latitud de Tenochtitlan correspondía al paso cenital y antecede la llegada de las lluvias. Para Eduard Seler, Tóxcatl

implicaba un cambio de estación representado por la muerte y resurrección de Tezcatlipoca en su faceta de dios solar, evocaba la partida del Sol "seco" de invierno [Olivier, 2005: 350-352]. También tenemos el aspecto del Sol del ocaso como Tzontémoc, véase en la pág. 379.

Interesante resulta que la expresión astronómica del Sol se registre en la cerámica Azteca III, como lo propone Vega [1991] con el material proveniente del sitio El Volador en Tenochtitlan; se trata de vasijas ceremoniales recuperadas de una ofrenda realizada durante el último Fuego Nuevo celebrado en Tenochtitlan para el año 1507. La autora considera que el curso del Sol está expresado en glifos, como la espiral que denota el "camino heliaco", a esta interpretación iconográfica se suman los glifos de movimiento compuestos por los rumbos del universo donde se representan las posiciones extremas que marcan los solsticios a partir de un patrón básico de distribución en forma de cruz de san Andrés o *crux decussata*, también se destacan las representaciones de flores, espirales desdobladas, grecas escalonadas conocidas como *xicalcoliuhqui* de amplio simbolismo y el glifo de día, todos ellos asociados a fenómenos celestes.



El culto al Sol en Mesoamérica se extiende por todas las áreas culturales que hoy en día identificamos; ya sea al norte en Aridoamérica donde se destaca el culto astral del Gran Nayar o al sur en las tierras mayas donde fue muy venerado.

Entre los mayas, las principales fuerzas naturales, el Sol, la Luna, el cielo y sobre todo la Tierra, están muy presentes en la iconografía maya del Clásico. Sus representaciones no están predeterminadas, como en el caso de las divinidades del período Posclásico, y sus formas cambian conforme a lo que el artista quiere expresar y el contexto en que se encuentran. Así, el Sol



ARRIBA

Cautivo que representa a Tezcatlipoca es sacrificado durante la ceremonia de la veintena de Tóxcatl (mes de mayo) según el *Códice Florentino*, libro II, folio 30r. Esta ceremonia acontecía durante el primer paso del Sol por el cenit en Tenochtitlan, este evento astronómico antecedía la llegada de las lluvias a la región. En la ilustración se destaca al Sol a la izquierda del templo.

IZQUIERDA

Decoración de la vasija 11-539, procedente de Tenochtitlan, período Posclásico. Se observan dos zonas de glifos separados por bandas paralelas que Vega [1991: lámina 5] asocia con los extremos que alcanza el Sol durante los solsticios denotados por las líneas C-C^1 tomando como centro la intersección denotada como "D".



ARRIBA

Porta incensario del dios GI, del período Clásico tardío procedente del Templo de la Cruz, Palenque, medidas: 85.5 x 45 cm.

ABAJO

Mascaron maya de estuco modelado estilo Petén elaborado entre los años 250-600 d. C., representa a la deidad solar en su aspecto matutino, se caracteriza por su estrabismo, se encuentra en el Templo de los Mascarones, sitio arqueológico de Edzná, Campeche, fotografía del autor, 2023.



puede adoptar una forma humana cuando se confunde con el rey, o felina cuando es nocturno, o de ave (quetzal o guacamaya) cuando es diurno [Montero, 2013a: 67].

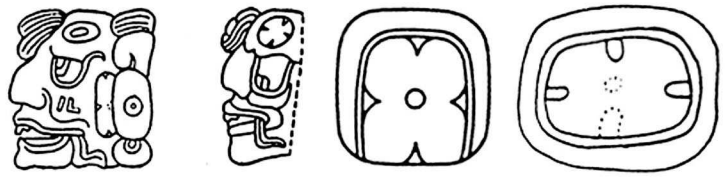
Paul Schellhas, a principios del siglo XX, identificó quince dioses mayas, a cada uno asignó una letra para distinguirlo, su clasificación va del carácter A a la P. El dios G, K'inich Ajaw, es la deidad solar, es considerado también el generador del tiempo, la luz, el calor y está asociado a los cuatro rumbos del universo; era tan importante como el mismo dios creador, pues se concebía como una de las manifestaciones de Itzamná. El símbolo más frecuente para nombrarlo fue la flor cuadripétala del glifo *k'in* (Sol, día, tiempo y fiesta), que hace alusión a los cuatro rumbos del cosmos, razón por la cual la cabeza de la deidad solar se utilizaba para representar el número cuatro (*chan* o *k'an*). Sus imágenes antropomorfas, como símbolo distintivo, frecuentemente muestran esta flor cuadripétala en el rostro o en el cuerpo. Entre sus atributos porta orejas de jaguar, barba como metáfora de los rayos solares, dientes superiores limados en forma de "T" o de diente de tiburón, nariz roma, una vírgula enrollada en forma de ocho en el entrecejo y grandes ojos cuadrados que muestran un fuerte estrabismo. Los gobernantes del período Clásico ostentaron, como parte de su nombre, el título de K'inich ('Ojo o Rostro del Sol'), distintivo que explica la costumbre de causar intencionalmente el estrabismo[130] entre algunos niños, quizá los destinados al gobierno y al sacerdocio. Por la tarde desciende al inframundo transformado en jaguar, señor del mundo subterráneo y Sol nocturno, como aparece en su versión del dios GIII Sol de inframundo [Montero, 2013a: 73].

Desde el punto de vista del calendario maya la "variante de cabeza" que representa el número 4, está vinculada con el Dios Sol, con frecuencia este glifo incorpora al signo *k'in* en su orejera o en la parte superior de la cabeza. El *k'in* es una flor cuadripétala que significa "Sol" o "día", para Barriga [2007: 16] este signo evoca los cuatro puntos cardinales y cuatro estaciones: dos equinoccios y dos solsticios, sus referencias contextuales son el cielo y el día.

Aún queda por investigar la combinación de los fenómenos solares con los estelares, particularmente con el orto heliaco de constelaciones o estrellas cuando éstas anunciaban el primer paso del Sol por el cenit o durante el equinoccio con Orión y

130 El Sol entre los mayas fue identificado como un viejo de grandes ojos con estrabismo, el estrabismo de suma utilidad para quien ve el Sol, pues los rayos no llegan directamente a la retina [comunicación oral, Antonio Quiroz, 2014].

con las Pléyades para el solsticio de verano, así como el periodo sinódico de la Luna como un tiempo recurrente que es inalterable y que sin duda tuvo sus equivalentes en la vida cotidiana.



IZQUIERDA

"Variantes cabeza" que evocan el número 4 procedentes de Palenque, *k'in* y flor cuadripétala de la estela de Copán.

5.5.2 El Sol cenital

La observación del primer paso del Sol por el cenit (véase conceptos de este fenómeno en la pág. 43 y 44) durante el mes de mayo alrededor de la latitud 19º norte establecía una vinculación con la llegada de las lluvias, e indirectamente también con las actividades sociales.[131] Los objetivos de este tipo de observaciones, hechas por los astrónomos durante una paciente labor de siglos, estaban íntimamente vinculados con la vida económica y con el cumplimiento de los ciclos agrícolas, de lo cual derivaba también la importancia del calendario para los pueblos ascios.[132] Al mismo tiempo, el calendario regulaba la vida social, y su dominio fue importante en la legitimación del poder de los sacerdotes que tenían funciones de gobierno.

Argumentos sobre la importancia del paso cenital de Sol en las culturas mesoamericanas han sido expuestos por diversos autores como Tichy [1991], Aveni [1991] y Šprajc [2001a: 79]. La propuesta de que el paso cenital del Sol servía para ajustar los calendarios en Mesoamérica no es una aportación reciente en la literatura especializada. Malmström [1973][133] formuló la hipótesis de que el origen del calendario de 260 días pudiera estar asociado a los pasajes del Sol por el cenit en la latitud 15º norte, por ello fijó su atención en Izapa como el sitio donde pudiera haberse definido por primera vez este ciclo calendárico. La importancia de la latitud de Izapa radica en que el período que

131 Grupos de la mexicanidad actualmente denominan a este fenómeno *tonalnepantla*, vocablo que gramaticalmente se traduce como "medio día": *tonal*, día y *nepantla*, en medio de. Más correcto sería *nepantla tonatiuh*, como se apunta en la página 233.

132 Ascio, dícese de la persona que vive en la zona tórrida, donde dos veces al año, a mediodía, cae verticalmente el Sol y los cuerpos no proyectan sombra lateral, entre los antiguos geógrafos se utilizaba el término latino *ascius*, de etimología griega con la palabra *askios*: *a*, privativo y *skia*, sombra.

133 Véase también Aveni [1991], los comentarios de Edmonson [1995] y Broda [2000a y b, y 2004].

separa a los pasos cenitales divide el año en dos partes: una de 260 y otra de 105 días, como se ha demostrado su importancia para la familia 52. Los días del paso cenital del Sol por Izapa son el 30 de abril y el 13 de agosto, esta última fecha es muy significativa porque se asocia a la fecha vinculada con el principio de la Cuenta Larga el 13 de agosto de 3114 a. C. que ha sido referida no sólo al sitio Preclásico tardío para Izapa, sino también para Copán pues comparten casi la misma latitud geográfica.

Para Morante [1990], el alineamiento entre el sitio arqueológico de Xochicalco y el volcán Popocatépetl durante el día de paso cenital del Sol servía para ajustar el calendario respecto a los años bisiestos. Por su parte Iwaniszewski [comunicación oral, 2002] considera que en un calendario de horizonte no se tomó en cuenta el año de 366 días o bisiesto, porque simplemente se promediaban las posiciones del Sol para calibrar el año tomando en consideración una fecha de inicio para la cuenta del tiempo. De tal suerte que en un calendario de horizonte se consigna que la duración promedio del año es de 365.25 días, por lo tanto, el observador asiduo encontrará que el Sol no se posiciona exactamente sobre el mismo punto conspicuo del horizonte para la misma fecha de un año a otro, apreciando que hay una ligera oscilación anual de 20 minutos. Si el lector desea consultar un caso de en particular de ajuste con el horizonte, puede ver Montero [2009a] respecto a la estela cenital del Nevado de Toluca en este volumen en el apartado *4.4.3.1 Tipo Ñ, En montañas, véase* pág. 161 y ss.

Mi experiencia en Chichén Itzá [véase Montero, 2013a y 2014b] respecto al paso cenital del Sol me permite sugerir que, si se verificaba antiguamente el año bisiesto registrando sistemáticamente el paso cenital del Sol, no por su posición en el horizonte, sino valiéndose de un gnomon[134] o un tubo de luz como instrumentos de precisión, pues la proyección de una sombra o un haz de luz en un espacio controlado es más eficiente que mirar el resplandor del Sol al amanecer contrapuesto a un horizonte. En la siguiente tabla se muestra la fecha en que acontece este fenómeno en el lapso de una década; el lector cuidadoso encontrará que, en los años 2010, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017 y 2018 se registra para el día 19 de julio; sin embargo, para los años, 2011, 2015 y 2019 corresponde al día 20 de julio. Esta variación de un día cada cuatro años obedece al desfase que existe entre la duración del año trópico de 365 días 5 horas 48

134 Prefiero el término gnomon, y no el de nomon, por ser el primero más apegado a la etimología latina y al uso en la astronomía antigua.

minutos y 45.25 segundos (365.242190402 días) con el año calendario de 365 días. Para el 23 de mayo la fecha se mantiene constante en la década analizada de 2010 a 2019.

	día	altura angular	hora
2010	23 de mayo	89°58´32.3"	12:51:01
	24 de mayo	89°50´19.1"	12:51:07
	19 de julio	89°55´09.5"	13:00:36
	20 de julio	89°53´37.6"	13:00:39
2011	23 de mayo	89°55´48.3"	12:51:00
	24 de mayo	89°52´57.9"	12:51:06
	19 de julio	89°52´28.6"	13:00:35
	20 de julio	89°56´23.6"	13:00:38
2012	23 de mayo	89°55´41.5"	12:51:04
	24 de mayo	89°44´44.9"	12:51:10
	19 de julio	89°59´06.4"	13:00:37
	20 de julio	89°47´42.5"	13:00:40
2013	23 de mayo	89°58´27.0"	12:51:02
	24 de mayo	89°47´24.4"	12:51:07
	19 de julio	89°58´09.4"	13:00:36
	20 de julio	89°50´32.2"	13:00:39
2014	23 de mayo	89°58´50.4"	12:51:01
	24 de mayo	89°50´01.6"	12:51:07
	19 de julio	89°55´30.3"	13:00:36
	20 de julio	89°53´15.9"	13:00:40
2015	23 de mayo	89°56´07.3"	12:51:01
	24 de mayo	89°52´39.5"	12:51:07
	19 de julio	89°52´51.5"	13:00:36
	20 de julio	89°55´59.8"	13:00:39
2016	23 de mayo	89°55´22.0"	12:51:05
	24 de mayo	89°44´25.2"	12:51:06
	19 de julio	89°58´46.7"	13:00:38
	20 de julio	89°47´22.8"	13:00:41
2017	23 de mayo	89°58´06.3"	12:51:04
	24 de mayo	89°47´04.0"	12:51:10
	19 de julio	89°58´33.6"	13:00:38
	20 de julio	89°50´06.9"	13:00:41
2018	23 de mayo	89°59´13.5"	12:51:04
	24 de mayo	89°49´39.3"	12:51:09
	19 de julio	89°55´55.0"	13:00:38
	20 de julio	89°52´50.7"	13:00:42
2019	23 de mayo	89°56´29.9"	12:51:04
	24 de mayo	89°52´18.0"	12:51:09
	19 de julio	89°53´16.8"	13:00:38
	20 de julio	89°55´34.1"	13:00:41

El gnomon para registrar el paso cenital del Sol bien puede ser una vara, una estela o un sofisticado poliedro similar al símbolo de año documentado por Digby [1974] como el que portan en la cabeza diferentes sacerdotes (v. p. 89). De la sombra de estos instrumentos se podría desprender un factor matemático a partir de la medición de la sombra para fechas extremas [Pérez-Enríquez, 2001]. Sin duda fueron múltiples las estrategias que siguieron.

Para Corona Núñez [1964:66], en la interpretación que hace del *Códice Vaticano 3738*, el símbolo de *ollin*[135] está relacionado con el paso cenital del Sol, alega que en la *Relación de Michoacán* un personaje mitológico que representa a Venus, como mensajero celeste, que va a buscar al Sol a sus cuatro casas para entregarle un mensaje, pero no lo encuentra sino en la quinta casa, en la mitad del cielo, donde el Sol hace sus grandes fiestas adornado con todas sus joyas. Es decir, en el cenit, donde muestra todo su esplendor sobre nuestras cabezas. Este mensajero, al buscar el Sol, hace un trayecto en forma de cruz de San Andrés, o signo de multiplicar, cruzándose las rayas o caminos, originados por este trayecto, en la casa central. Así también para Albores [2001:425], la figura de una cruz del tipo de San Andrés o equis: ×, se desprende de una representación espacio/temporal de las fechas que marcan los dos pasos cenitales del Sol en la latitud llamada comúnmente 15° norte que como vimos con anterioridad corresponde a la propuesta de Malmström para Izapa.

En la península de Yucatán, en el año de 1887, Teobert Maler reportó dos torres en la región de Chenes, desde su descubrimiento en el siglo XIX estas construcciones marcaron un enigma, pues las edificaciones parecen no tener un uso práctico. Actualmente se cuentan en cinco sitios arqueológicos, se les denomina "Torre Emblema", se ubican de sur a norte en: Puerto Rico, Hochob, Tabasqueño, Chenchan y Nocuchich, llama la atención que se encuentran alineadas casi en la misma longitud λ -89° 55', las torres son construcciones que datan del período Clásico tardío, no sobrepasan los 10 m de altura, carecen de habitaciones o entradas, están perforadas en la parte alta y rematan en una crestería elevada al estilo Chenes, algunas son de base redonda y otras cuadradas, ocasionalmente se encuentran vestigios de estuco con pintura roja en su base. Estas construcciones no tienen una aparente funcionalidad; sin embargo, llama la atención que a mediodía operan como gnomon y que en los

135 Para Corona Núñez, representaciones estilizadas de *ollin* encuentran un rostro en el centro o un ojo celeste y los brazos de la cruz se tornan en aspas.

días del paso del Sol por el cenit no proyectan sombra. Franz Tichy [cit. por Broda, 2004: 32] llegó a la conclusión de que la distancia entre las torres estuvo determinada por la observación de los pasos cenitales del Sol que ocurren en estos sitios en días consecutivos del 17 al 18 de mayo, y del 25 al 26 de julio. Las torres en su conjunto parecen haber funcionado como observatorios para determinar con precisión los días del paso cenital, lo cual les otorgaba la posibilidad de determinar la duración exacta del año solar y posiblemente les permitía conocer su latitud geográfica contando la diferencia de días que había entre el primer y segundo paso cenital del Sol. Recientemente en la huasteca hidalguense, Zaragoza y Dávila [2004] reportan una estructura similar de 8 m de altura y base rectangular a la que denominan La Torre de la Rosa.

El primer paso del Sol por el cenit a mediados del mes de mayo coincide con el período de invisibilidad de las Pléyades, en contraparte esta constelación pasa por el cenit a medianoche a mediados de noviembre, es decir, exactamente medio año después del cenit del Sol, fecha que corresponde al nadir [*cfr*. Broda, 2002]. Estos elementos implican el conocimiento del año solar y de los ciclos de Venus y de las Pléyades y no tanto de la Luna a diferencia de los mayas que tuvieron un conocimiento muy completo de los períodos lunares, porque en el centro de México no se conoce de algún registro de este tipo. Aunque podemos suponer que cierta familiaridad con estos cómputos existía en toda el área mesoamericana, en el Altiplano Central la cuenta lunar nunca fue integrada directamente en la estructura del calendario. Este era un sistema puramente solar.

La observación del Sol cenital parece que también se registró en Chapultepec en la antigüedad según cita de don Antonio de León y Gama [1832: 108]:

> La piedra de que tratamos, no solo daba a conocer los equinoccios y solsticios (pues el de invierno, o llegada del sol al trópico de capricornio, podía muy bien señalarse por medio de la sombra de alguno de los hilos, en un lugar, que por repetidas observaciones de años consecutivos hubieran determinado en la misma piedra, sin necesitar de observarlo en su compañera), y el paso del sol por el zenit; sino también les serbia de reloj solar, que a más de señalar el medio día por las sombras verticales, y paralelas, causadas por los gnómones de arriba x, z, señalaban igualmente las horas de las 9 de la mañana, y 3 de la tarde; tiempo que debían observar para sus ritos, y ceremonias.

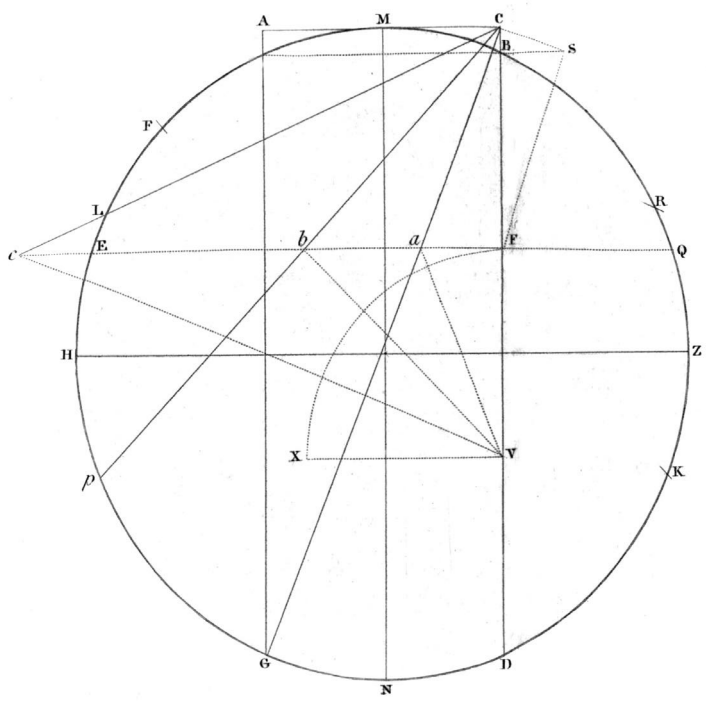


ARRIBA

Torre Emblema de Nocuchich, fotografía de 1887 publicada por Teobert Maler en la revista alemana *Globus* en 1895.

DERECHA

Croquis explicativo de don Antonio de León y Gama [1832: 91-94] para demostrar el funcionamiento del "Relox solar meridional que usaban los antiguos mexicanos" en Chapultepec. Sorprende que en la pág. 116 del texto referido se escriba: *de manera que todo el círculo contiene 16 divisiones*, lo cual concuerda con el hexadecágono regular de Chichén Itzá resultado de la investigación de quien suscribe para el paso cenital del Sol (véase pp. 184-185 de este volumen).



El petrograbado de Chapultepec[136] hoy perdido es descrito por Antonio de León y Gama [1832: 107-108]:

> Era ésta una de aquellas grandes peñas, de que se compone el cerro, y en ella estaba formado un plano horizontal, que tenía grabadas de relieve tres flechas, unas sobre otras, las cuales hacían en el medios ángulos iguales: las puntas de las tres miraban al oriente, donde señalaban las de los lados, los dos puntos solsticiales; y la de en medio, el equinoccial. En el comun concurso de las tres estaba tambien grabada una especie de cinta, que las ataba; y ésta formaba en su centro una pequeña línea, que de pronto no advertí lo que significaba, hasta que me lo hicieron conocer otras dos peña; que estaban á los lados del plano; la una de ellas entera, y la otra con varias quebraduras: la entera, que era la que miraba á la parte del sur, tenia un taladro bastante hondo ácia el extremo superior, cuyo diámetro era menor que el de un arbejon: la destrozada que estaba mirando al norte, tenia perdido el taladro; pero en una parte se veía aún un pedazo de surco de él. Habiéndole examinado, hallé, que correspondía al de la peña de enfrente, y que estaban exáctamente norte sur:

136 La relevancia arqueoastronómica de Chapultepec en 1998 *ca*, fue compartida por la arqueóloga Lourdes López Camacho a Jesús Galindo, quien en 2003 publicó sus observaciones respecto a la alineación de Chapultepec con el Monte Tláloc para los equinoccios, las aportaciones de López Camacho continuaron para 2013 en Radio INAH.

> de donde inferí, que en ellos fijaban un hilo que les servia de Meridiana.

Alfredo Chavero [1882, cap. XXV, p. 5] consideró en su momento que había cierta similitud entre la Piedra del Sol y el petrograbado de Chapultepec:

> [...] y estaba persuadido a que los cuatro movimientos del sol, qué significa la voz nahui ollin, hacían relación á los cuatro tiempos en que llegaba a los puntos equinocciales y solsticiales, sin pensar en que pudiera también incluirse en esta figura los dos días en que pasaba por nuestro zenit. No tenía duda en que pudieran conocer los puntos equinocciales y solsticiales, por haber hallado antes un antiquísimo monumento que lo comprobará, que es otra piedra que se descubrió en el cerro de Chapultepec, con ocasión de haberse limpiado de la broza que tenía en los contornos de su cumbre, coma para cierta excavación que por el año de 1775 hizo de ella D. Juan Eugenio Santelizes.

Resultan interesantes estas propuestas tan tempranas respecto al paso cenital del Sol, en esos tiempos en que no se pregonaba a la arqueoastronomía; sus avances y conjeturas en México desde el siglo XVII resultan extraordinarias y aleccionadoras, pues los que nos dedicamos al estudio del cielo debemos consultar con más ahínco a autores del pasado y no sólo quedarnos con las aportaciones recientes, académicas y extranjeras.

5.5.3 La Luna

En Mesoamérica la Luna dominaba el ámbito del cielo nocturno, para los astrónomos era significativo registrar sus fases y no necesariamente su posición, es decir, mientras al Sol se le posiciona respecto al horizonte para determinar una fecha calendárica, a la Luna se le registra su fase para el registro del tiempo. Así lo hicieron los mayas a través de su cuenta larga, que contenía un registro sistemático de la duración del mes lunar.

Entre los mexicas encontramos grandes atributos femeninos para la Luna; sin embargo, era también un ente masculino, es Tecuciztécatl en el relato cosmogónico recopilado por fray Bernardino de Sahagún respecto a la creación del Quinto Sol, que se ha citado junto con otros mitos en el apartado *5.5.1 El Sol*. Es justamente en las páginas de la *Historia general de las cosas de Nueva España* de fray Bernardino de Sahagún [lib. VII, cap. II]



ARRIBA

En la creación del Quinto Sol, se manifiesta que la Luna muestra un conejo, este mito cosmogónico se expresa en la escultura denominada Lápida Lunar, piedra tallada en alto relieve proveniente de Tlaxiaco, Oaxaca. Posclásico tardío (1200-1521 d. C.), Museo Nacional de Antropología, Sala Culturas de Oaxaca.

donde encontramos el aspecto masculino de la Luna y las explicaciones porque se aprecia la figura de un conejo en la Luna:

25.- Y cuando vino a salir el sol, pareció muy colorado; parecía que se contoneaba de una parte a la otra; nadie lo podía mirar, porque quitaba la vista de los ojos, resplandecía y echaba rayos de sí en gran manera; y sus rayos se derramaron por todas partes; y después salió la luna, en la misma parte del oriente, a par del sol: primero salió el sol, y tras él salió la luna; por la orden que entraron en el fuego, por el mismo salieron hechos sol y luna.

26.- Y dicen los que cuentan fábulas o hablillas, que tenían igual luz con que alumbraban, y de que vieron los dioses que igualmente resplandecían, habláronse otra vez y dijeron: "¡Oh, dioses!, ¿cómo será esto? ¿Será bien que vayan ambos a la par? ¿Será bien que igualmente alumbren?

27.- Y los dioses dieron sentencia, y dijeron: "Sea de esta manera: hágase de esta manera". Y luego uno de ellos fue corriendo y dio con un conejo en la cara a Tecuciztécatl, oscurecióle la cara y ofuscóle el resplandor, y quedó como ahora está su cara.

28.- Después que hubieron salido ambos sobre la tierra estuvieron quedos, sin moverse de un lugar el sol y la luna; y los dioses otra vez se hablaron y dijeron: "¿Cómo podemos vivir?, ¿no se menea el sol? ¿Hemos de vivir entre los villanos? Muramos todos, y hagámosle que resucite por nuestra muerte."

29.- Y luego el aire se encargó de matar a todos los dioses, y matólos; y dícese que uno, llamado Xólotl, rehusaba la muerte, y dijo a los dioses: "¡Oh, dioses! ¡No muera yo!"

30.- Y lloraba en gran manera, de suerte que se le hincharon los ojos de llorar; y cuando llegó a él el que mataba, echó a huir y escondióse entre los maizales y convirtióse en pie de maíz, que tiene dos cañas, y los labradores le llaman Xólotl; y fue visto y hallado entre los pies del maíz; otra vez echó a huir, y se escondió entre los magueyes, y convirtióse en maguey que tiene dos cuerpos, que se llama mexólotl; otra vez fue visto, y echó a huir, y metióse en el agua, y hízose pez, que se llama axólotl, y de allí le tomaron y le mataron.

31.- Y dicen que aunque fueron muertos los dioses, no por eso se movió el sol, y luego el viento comenzó a soplar o ventear reciamente, y él le hizo moverse para que anduviese su camino; y después que el sol comenzó a caminar, la luna se estuvo queda en el lugar donde estaba.

32.- Después del sol, comenzó la luna a andar; de esta manera se desviaron el uno del otro, y así salen en diversos tiempos, el

> sol dura un día, y la luna trabaja en la noche, o alumbra en la noche: de aquí parece lo que se dice, que el Tecuciztécatl había de ser sol si primero se hubiera echado en el fuego, porque él primero fue nombrado y ofreció cosas preciosas en su penitencia.

La pareidolia es un fenómeno psicológico, donde un estímulo vago hace que las personas interpreten imágenes aleatorias donde no las hay, la pareidolia combinada con la apofenia[137] y con la hierofanía es el motivo del mito que llevó a los antiguos mexicanos a ver un conejo en la superficie de la Luna.[138] De esta experiencia óptica se suceden narrativas como la cita anterior: *uno de ellos* (dioses) *fue corriendo y dio con un conejo en la cara a Tecuciztécatl* (Luna), *oscureciéndole la cara y ofuscando el resplandor, y quedó como ahora está su cara*. Al sentido metafórico de lo que se cree ver, se suman coincidencias culturales y similitudes naturales, así que el conejo queda coligado a la Luna, y la Luna con el proceso productivo del pulque, por lo tanto el pulque como bebida ritual y el conejo como entidad simbólica quedan asociados.



IZQUIERDA

La pareidolia del conejo en la Luna: a la izquierda fotografía del autor desde Naucalpan durante el plenilunio del 3 de noviembre de 2017; al centro, se sobrepone la imagen de un conejo (cientec.or.cr) a la Luna; y a la derecha la representación simbólica de la Luna con un conejo según el *Códice Borgia*, lámina 55. De acuerdo con el moderno mapa de la Luna, la oreja izquierda corresponde al Mar de la Fecundidad, la derecha al Mar del Néctar, la cabeza se sobrepone al Mar de la Tranquilidad y el abdomen al cráter Copérnico.

La presencia del conejo es frecuente en los mitos mesoamericanos, en la iconografía, en el calendario, es también como símbolo portador de año y de día, son múltiples las ofrendas de estos lepóridos en Teotihuacán, se han encontrado osamentas en los hallazgos arqueológicos de la consagración en Tenochtitlan. Cada 260 días se celebraba la fiesta Ometochtli, traducido como 2 Conejo, que conmemoraba a los dioses del pulque, se trata de los *centzontotochtin*, los 400 conejos, los dioses menores del pulque, de la embriaguez, de la ebriedad, de los excesos y la transgresión. La evidencia iconográfica y arqueológica de la asociación conejo-pulque es evidente en el *ometochtecomatl*,[139] un recipiente ritual especializado para el consumo embriagante del

137 Apofenia es la experiencia que consiste en percibir patrones, conexiones o ambos en sucesos aleatorios o en datos aparentemente sin sentido.

138 También en la tradición ancestral china se menciona un conejo en la Luna, es un conejo blanco que procesa el elixir de la inmortalidad, en cambio, los japoneses y los coreanos ven a un conejo golpeando un mortero.

139 *Ometochtecomatl*, se puede traducir al español como: vasija dos conejo.

pulque que se bebía utilizando un *popotl* (popote), en ocasiones el *ometochtecomatl* se trata de una tinaja de piedra y en otras de una olla grande con asas verticales adornada con la imagen inconfundible de la nariguera Lunar, que es el *yacameztli*.[140] Una característica en la iconografía es apreciar en la parte superior de la olla la típica espuma de la fermentación.

DERECHA

Bebedores *octli* que es el pulque, en la pág. 85 del *Códice Magliabechiano*. Se destaca en la escena: 1) la gran olla que contiene la bebida ritual es el *ometochtecomatl*; 2) se distingue en la composición los distintivos de narigueras lunares denominadas *yacameztli* en forma de "U": como nariguera (2a), como distintivo del personaje (2b), y como signo que identifica el contenido de la olla (2c). El personaje principal que es un sacerdote que bebe utilizando un popote (3); además, se aprecia la espuma resultado de la fermentación (4).



Hemos atendido la relación de la Luna como Tecuciztécatl en su aspecto masculino con los conejos, pasemos ahora a su asociación con el caracol marino que lo vincula al océano y su fauna. Tecuciztécatl representa los poderes generativos de la Luna y del Tlalocan, es también el viento que antecede a las lluvias, es el soplo de vida, la gestación y el nacimiento, como apunta Tena [2009]. En la página 13 del *Códice Telleriano-Remensis*, Tecuciztécatl presenta un caracol marino en la nuca con la siguiente glosa: "tequeizteca, llamaban así porque sale del hueso el caracol, así sale el hombre del vientre de su madre y por eso la ponen en contrario del sol porque siempre anda topándose con el sol esta dicen que causa la generación de los hombres".

DERECHA

La Luna ya sea en su advocación masculina o femenina porta un caracol; a la izquierda como Tecuciztécatl en el *Códice Telleriano-Remensis* (pág. 13) en su aspecto masculino porta el caracol en la nuca, a la derecha como Metztli en el *Códice Borgia* (lám. 11) como entidad femenina tiene el caracol sobre la cabeza.



140 *Yacameztli: yacatl*, nariz y *meztli*, luna. Los bordes encorvados hacia fuera simbolizaban la fecundación.

En la lámina 11 del *Códice Borgia* la advocación femenina de la Luna es Metztli, al igual que Tecuciztécatl muestra un caracol que porta en la cabeza, la iconografía que acompaña a Metztli son las fauces de la oscuridad que la rodean y se contraponen a su vestimenta blanca que alude al color de la Luna.

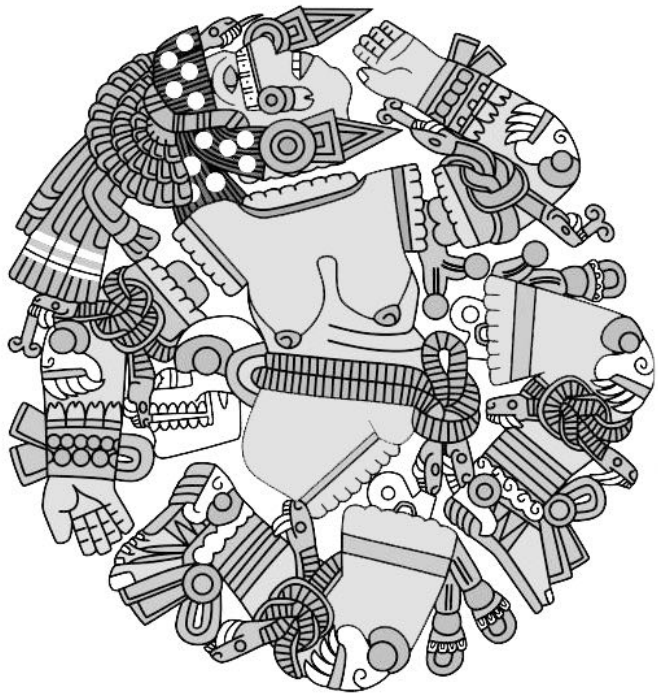
En Tenochtitlan, López Luján y Simón Martin [2019] citando a Sahagún, apuntan que había dos recintos para honrar a Tecuciztécatl; además, en el Templo Mayor, en el espacio dedicado al culto a Huitzilopochtli se ornamentaba con símbolos astrales, entre ellos, almenas lunares. Es justamente en Tenochtitlan donde una de las apologías más arraigadas del cielo mesoamericano se advierte con el nacimiento de Huitzilopochtli, dios tutelar mexica. Según el mito, Coatlicue hacía penitencia en el cerro de Coatepec. Un día tomó un plumón blanco y lo guardó en su seno, quedando así embarazada. Cuando sus otros hijos los Centzon Huitznahuac se enteraron de aquel embarazo misterioso se indignaron y acordaron ir al Coatepec para matar a su madre. Encabezados por Coyolxauhqui, marcharon en escuadrones para cometer el matricidio. No tomaron en cuenta que quien estaba por nacer era Huitzilopochtli, el dios guerrero por excelencia quien nacía armado con la *xiuhcóatl*: la serpiente de fuego. Huitzilopochtli resulta victorioso, sus adversarios son vencidos cumpliéndose así el trágico fratricidio (v. p. 328 y ss.).

Todo mito parte de una realidad que es aderezada de un lenguaje fantástico para concretar un objetivo ideológico. El objetivo ideológico de los mexicas era enviar un mensaje teológico a sus vecinos, pues al considerarse a sí mismos como los elegidos de Huitzilopochtli, justificaban su poder sobre los demás, sus hermanos o sea sus vecinos, al igual que los Centzon Huitznahuac serían vencidos militarmente, así que algunos individuos capturados en combate eran inmolados en el Templo Mayor para escenificar este mito. La realidad de este teológico escenario podemos encargárselo a la astronomía, pues cada personaje mencionado concierne a un cuerpo celeste. En su orden de aparición se identifica a Coatlicue como la Tierra; Huitzilopochtli, es el joven Sol naciente; por su parte Coyolxauhqui es la Luna y los Centzon Huitznahuac son las estrellas del sur, los 400 surianos, donde el número 400 es un referente de multitud, aunque puede tratarse también de los asterismos que hoy reconocemos en el zodiaco complementados por los Centzo Mimixcohuah, que son las cuatrocientas serpientes de nubes como personificación de las estrellas septentrionales; finalmente tenemos a Cuahuitlicac, quien da aviso a Huitzilopochtli del avance de sus 400 hermanos, puede tratarse de la posición al sur de la Vía

Láctea. Tenemos entonces la lucha astral del poder solar contra el nocturno. Al levantar el Sol, las estrellas dejan de ser visibles, es el triunfo del Sol en el firmamento.

Para algunos investigadores la decapitación y desmembramiento de Coyolxauhqui, significa la desaparición de la Luna menguante que pierde parte de su cuerpo conforme avanza hacia el Sol en la segunda mitad del mes lunar, hasta llegar a su fase de Luna nueva. Para otros corresponde a la derrota de los Centzon Huitznahuac, las estrellas que huyen hacia la parte inferior del cerro después de haber sido despojadas de sus divisas, lo cual sugiere la extinción súbita y cotidiana de su luz en el momento del amanecer. Muy interesante resulta la interpretación de Susan Milbrath [1995], al analizar el mito de muerte y descuartizamiento de Coyolxauhqui con la conformación de un lenguaje imaginativo o metafórico de un eclipse lunar. Su propuesta se centra en la diosa como una referencia directa a la Luna eclipsada, haciendo notar que en algunas variantes del mito la muerte de la diosa tiene lugar a la media noche, una imagen que parece inapropiada para una Luna menguante, propia de los amaneceres, tal y como sugiere la interpretación de Huitzilopochtli venciendo a la Luna, conforme ésta se acerca a esta entidad solar.

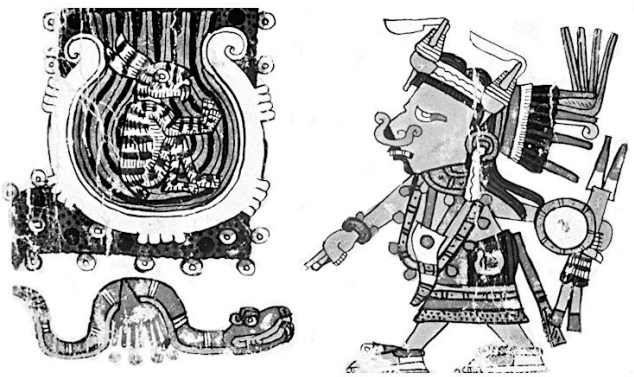
En la magnífica representación de la Luna como Coyolxauhqui encontrada en la Ciudad de México y que actualmente se exhibe en el Museo del Templo Mayor, apreciamos la destreza en la talla sobre un monolito de cantera, de 320 cm de diámetro, presenta la forma de escudo redondo similar a la Luna llena, que más que limitar a la escultura la concentra. El monumento fue hallado al pie del Templo Mayor, que como pirámide es la representación del cerro Coatepetl.



DERECHA

Coyolxauhqui es la Luna para los mexicas, aparece en esta escultura desmembrada, denotando con ello cómo se fragmenta en el cielo al cambiar su composición durante sus diferentes fases en que pierde y recupera su totalidad.

Otra advocación femenina de la Luna es como Tlazoltéotl, la diosa huasteca de la fertilidad, que entre los nahuas del Altiplano es multivalente, púes se asocia con el pulque, la embriaguez, y los placeres carnales en exceso entre otros atributos. La diosa en el códice mixteco *Borgia*, en su pág. 55, se representa con un *yacameztli* en la nariz, está de pie frente al cielo nocturno, en el que la Luna está representada como una enorme vasija de pulque en forma de *yacameztli* con un conejo dentro. El *yacameztli*, que es la nariguera lunar tuvo al parecer su origen entre los viriles y provocativos huastecos. La Luna se asocia con el ciclo sinódico de 29.5 días que marca el ritmo de la fertilidad humana[141] con esto se asocia con el conejo que es ejemplo por excelencia de reproducción, pues una coneja procrea desde los seis meses, tras una preñez de sólo 31 días, y después pare tres o cuatro camadas de siete u ocho gazapos por año.



IZQUIERDA

La diosa Tlazoltéotl porta en la nariz un *yacameztli*, que es la nariguera lunar. Se presenta frente a un cielo nocturno, en el que la Luna, representada como un enorme *yacameztli*, hace las veces de vasija de pulque ocupada por un conejo, *Códice Borgia*, pág. 55.

Tlazoltéotl, es la señora de la noche, vinculada a las deidades de la tierra y el inframundo, pues domina el cielo cuando estos poderes ascienden y lo invaden aprovechando la periódica ausencia del Sol, por ello la falda de la diosa puede lucir con el signo de fémures cruzados. Es también la señora del aspecto húmedo y frío del cosmos, la señora de la humedad. Su principal divisa es el *yacameztli*. Comanda a los cuatrocientos guerreros, ahora como divinidades del pulque y de la embriaguez, por lo que también ellos portan la insignia del *yacameztli* en su rostro y en sus escudos. Para López Austin [2012] es señora antecesora, precursora de la luz. La Luna, cada noche manifiesta un retorno que rememora y reproduce la época previa a la salida del Sol, provocando en los humanos el temor a la oscuridad y la muerte.

141 Estudios recientes demuestran que el valor promedio de un embarazo es de 38 semanas, que resulta en 266 días, los cuales divididos en ciclos sinódicos de la Luna de 29.5 días resulta exactamente en 9 meses; por otra parte, se cuestiona su relación con el ciclo menstrual pues estos no presentan un ritmo regular pues variaban hasta siete días entre un período y otro.

Otras culturas mesoamericanas como el pueblo otomí, llamaban a la Luna madre vieja *makamé*, la cual era madre creadora de los otomíes, concebida como su deidad principal representaba a la Luna y a la Tierra a la vez. Los nahuas identificaban a Xochiquétzal con la Luna joven, en el *Códice Borgia* se representa a la Luna frente a la diosa Tlazoltéotl. Ya se ha apuntado el aspecto sexual de Tlazoltéotl que toca el aspecto de la lujuria, los amores ilícitos y las transgresiones. Pero más allá de este concepto, el plano sexual reproductivo es relevante, al menos así se registra en la pág. 68 del *Códice de Dresde*, donde la Luna presenta coito con Chaac, en términos astronómicos, el coito es la conjunción celestial de la Luna según Eric Thompson [1988: 205]. Así también la cópula entre el Sol y la Luna representado en la característica cerámica de Jaina.



DERECHA

Aspectos sexuales de la Luna en la cultura maya: izquierda, página 68 del *Códice de Dresde*, según los comentarios de Thompson [1988: 205] Chaac tiene a la diosa de la Luna en postura de coito, es la representación de una conjunción celestial que se representa sexualmente; derecha, figurilla de cerámica que presenta a un anciano abrazando a una mujer joven, se interpreta como el dios solar, en su aspecto antropomorfo que se acerca amorosamente a la Luna, isla de Jaina, Clásico tardío (600-900 d. C.).

La Luna para los mayas tiene un aspecto predominantemente femenino como un ente reproductivo, su sexualidad no es lúdica sino reproductiva. Es la diosa I, Ixchel, que en algunos casos se le designa como diosa O. Ixchel estaba identificada como un ser multifacético tal y como es la Luna con sus distintas fases. Iconográficamente se le muestra como una mujer joven cuando corresponde a la Luna creciente, y como una anciana cuando es la Luna menguante. Era patrona de los oficios propios de las mujeres como los relacionados con la concepción, el embarazo y el parto, pero igualmente era la deidad de la medicina, la adivinación, los textiles, la pintura, las aguas, el arco iris, la fertilidad de la tierra y la noche. Como diosa anciana tenía un aspecto destructivo que provocaba catástrofes e inundaciones. Fue esposa de Itzamná, por lo que se le identifica como una diosa madre. En el período Clásico se representó como una mujer joven dentro de un signo lunar y, en alguno de los casos, cargando

un conejo, símbolo por excelencia de la Luna en Mesoamérica. Su relevancia es indudable en las imágenes pintadas en vasijas, donde aparece participando en varios acontecimientos míticos [Montero, 2013a: 74-75]. Además, se considera que muchas de las figurillas femeninas del estilo Jaina y Jonuta son expresión de su culto. Sin embargo, es en los códices del Posclásico donde encontramos la mayor diversidad de sus imágenes, acciones y atributos que hacen referencia a los mitos de que el Sol y la Luna fueron los primeros en tener contacto sexual, esta actividad fue posible gracias a que un venado le formó la vagina a la Luna, mediante el hendimiento de su pezuña [Barriga, 2004: 12, 13]. Entre los mayas la palabra para denominar a la Luna es *uh*, la cual hace referencia a la menstruación. Por otra parte, Ixchel se vincula con el signo de día *kaban*, la "variante cabeza" que evoca el número 2 con el que se representa a esta deidad.



IZQUIERDA

"Variante de cabeza" que evoca el número 2, representa a la Diosa de la Luna Joven quien a su vez esta asociada al signo *kaban*.

La observación de las fases lunares fue relevante en la vida ceremonial y cotidiana de los mayas, pero esto no significó que utilizaran un calendario lunar, lo que sí desarrollaron fue un complejo sistema de información referente a las lunaciones. Las inscripciones calendáricas mayas que vemos en algunas estelas, marcan el lapso de tiempo ocurrido desde el inicio convencional del calendario en el año 3114 a. C., seguido de notaciones calendáricas que corresponden al *tzolkin* y al *haab*, entre los cuales se escriben seis cartuchos jeroflíficos que componen la denominada “serie lunar”, la combinacion de los glifos de la serie lunar permite conocer la fase de la Luna, así como el número de días contados a partir de que el astro fue visible en el cielo, esta expresión se refiere al momento de la primera aparición de la Luna creciente en el cielo vespertino, aunque en ocasiones corresponde al momento de la Luna nueva astronómica (véase ilustración de la pág. 46). Así que el mes lunar de 30 días era denominado *u’* o *uh*, en maya yucateco, iniciaba con la primera Luna visible en el cielo vespertino, durando hasta la siguiente aparición de la Luna creciente [Iwaniszewski, 2016: 39]. Los mayas contaban el tiempo transcurrido, así que sus notaciones presentan una estimación de la duración del mes lunar, pues intercalaban lunaciones de 29 y 30 días, ya que no operaban cálculos con freacciones, pues el peíodo sinódico de la Luna es de 29.5 días. El

conteo continuo de las lunaciones permitió a los mayas predecir los eclipses como veremos en el apartado siguiente.

Con frecuencia, los cenotes inundados fueron concebidos como moradas de la diosa lunar, a donde ella se retiraba cuando desaparecía del cielo, es entonces una mujer anciana como sucede en el cenote Xlacah de Dzibilchaltún asociado a la diosa lunar Ix Tan Dzonot. La desaparición de la Luna por 2 o 3 días fue descrita como *benel el u tu ch'en*, "la salida de la luna a su pozo". Los templos situados en o cerca de los cenotes de la costa oriental de Quintana Roo como San Gervasio e Isla Mujeres, fueron santuarios a Ixchel con construcciones que están alineadas a las posiciones extremas de la Luna [Iwaniszewski, 2016: 40].

San Gervasio actualmente es un sitio arqueológico importante en la isla caribeña de Cozumel, en la antigüedad fue uno de los centros de peregrinaje más importantes de Mesoamérica para el Posclásico y años posteriores (1200-1650 d. C.), pues ahí se levantaba el oráculo de la diosa y un importante enclave para el comercio marítimo de cabotaje por el mar Caribe y el Golfo de México. Para Iwaniszewski [2016: 41 y ss] la asociación de la Luna menguante con el agua pudo despertar el interés por las observaciones lunares en la costa:

> Cuando la Luna entra en la fase menguante, cada día retrasa su salida en el oriente, paulatinamente acercándose al momento de la salida del Sol. Entonces, la Luna creciente aparecía sobre la tierra, mientras que la Luna menguante emergía desde el mar, reforzando la dicotomía entre ambos cuerpos celestes. Siendo la vieja diosa lunar la que representaba la fase menguante, es posible que la diosa Chak Chel se convirtiera en Ixchel en su aspecto senil en un templo cercano a un cenote. La observación de la Luna menguante sobre las aguas del mar es la razón que pudo guiar a los mayas a descubrir las posiciones extremas de su orto. Los puntos en el horizonte, en donde se observaban las salidas de la Luna, se estaban cambiando rápido, "saltando" distancias cada día, mientras que los puntos de la salida del Sol se movían lentamente. Además, la trayectoria de la Luna llena saliente se veía opuesta a la del Sol, en el solsticio de verano el Sol saliente alcanzaba las posiciones más extremas al norte, mientras que la Luna llena saliente alcanzaba las posiciones extremas hacia el sur; recíprocamente, cuando el Sol saliente del invierno alcanzaba las posiciones extremas hacia el sur y la Luna llena saliente alcanzaba las posiciones extremas hacia el norte. Al observar estos cambios, los mayas pudieron darse cuenta de que las posiciones de la Luna llena se alejaban de las del Sol, alcanzando las

> paradas mayores y menores. En suma, la Luna menguante llegaba a sus extremos hacia el norte cerca del solsticio de invierno, mientras que cerca del solsticio de verano la Luna menguante llegaba a sus extremos hacia el sur. Para los mayas peninsulares, la desaparición de la Luna menguante en el oriente, sobre las islas de Cozumel y Mujeres, fue motivo suficiente para peregrinar y visitar los santuarios de Ixchel. Los peregrinos, que atravesaron Yucatán del poniente al oriente, repetían la trayectoria lunar desde la fase creciente hasta la fase menguante. Los mayas imaginaron que la diosa lunar peregrinaba atravesando el cielo y llamaron la primera aparición del creciente de la Luna *hul*, "venir".

La Luna entre los mayas también tiene un aspecto masculino, cuando es Luna llena se le considerea un Sol nocturno simbolizado por la figura del jaguar durante el período Clásico; así que al llegar el plenilunio nuestro satélite cambia de género. Estos cambios en la Luna por sus fases y posición la relacionan por otra parte con el conejo, pues la Luna aparece en distinto lugar en el cielo y a diferente hora día a día, sus "saltos" en la bóveda celeste son la alegoría del lepórido, las representaciones son tan frecuentes que también se le ha asociado con el maíz, de tal surte que el dios del maíz presenta un signo lunar [Iwaniszewski, 2016: 43].

Para cerrar el apartado sobre la Luna, en las siguientes líneas se atiende una etnografía contemporánea de José Pérez [2014: 114-116] realizada entre campesinos de Tlaxcala en el Centro de México que laboran en terrazas de cultivo en laderas y cerros, su labor es un ejemplo de cómo la tradición ancestral persiste hasta nuestros días, porque es común escuchar a campesinos por toda Mesoamérica asegurar que cuando la Luna se aprecia canteada avisa sobre la llega de las lluvias, porque está en forma de canto, como recipiente de agua. Pues bien, en el estado de Tlaxcala, los trabajos agrícolas inician con la preparación del terreno para el cultivo del maíz, esto sucede después de la cosecha, de noviembre a diciembre cuando la Luna está en cuarto menguante, se barbecha con tractor de discos por la mañana o "en el día"; enseguida se hace la rastra con el tractor para desmontar el terrón de tierra el denominado *teshcal*. Con yunta y una viga se rastrea la tierra para que tenga humedad y "guarde su jugo". Así permanece "descansando" el terreno durante lo que resta diciembre y hasta febrero. Al iniciar las lluvias en marzo, se realiza la rastra con tractor de disco, para que se afloje la tierra y se pueda sembrar, se espera a que vuelva llover, y cuando es Luna llena se siembra el maíz, a los 8 o 15 días nace la planta, dependiendo de

la humedad de la tierra se fertiliza. Cuando la planta tiene dos o tres hojas se le junta tierra en la planta con la yunta en forma de surco, días después se realiza la "labor" con la yunta para poner tierra a la planta y el maíz no se doble. Después de la cosecha, de noviembre a diciembre, cuando la Luna está en cuarto menguante se repite el ciclo. Al parecer el hecho de sembrar durante Luna llena se explica porque el agua del suelo asciende con más facilidad hacia las semillas por la atracción gravitacional de la Luna, por lo tanto, se presenta una germinación vigorosa y uniforme que favorece el desarrollo de las plantas.

ABAJO

La actividad agrícola contemporánea en Mesoamérica recurre a la experiencia ancestral de la concordancia con las fases de la Luna no obstante los modernos recursos de riego y tractores en el estado de Tlaxcala [Pérez, 2014].

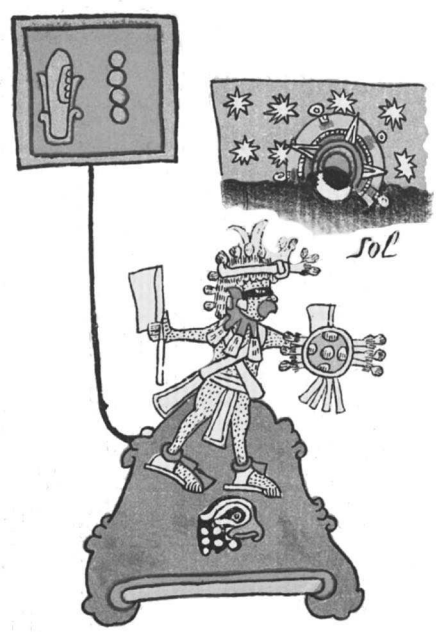
fase lunar	actividad agrícola	efecto
 Luna nueva Luna tierna	• No se barbecha • No se siembra el maíz	Si se barbecha o siembra, la tierra se agusana lo que se denomina "gallina ciega" y el grano se apolilla, el gusano se come el grano
 Cuarto creciente	• Se barbecha la tierra • Se siembra el maíz y se surca • Se dobla la planta cuando la caña aún está verde • Se pisca • Se pueden tumbar los árboles para elaborar carbón	No hay efectos
 Luna llena Luna recia		
 Cuarto menguante	• No se siembra • No se cosecha	El grano se apolilla

5.5.4 Eclipses

Un eclipse es un suceso en el que la luz procedente de un cuerpo celeste es bloqueada por otro. Los eclipses de Sol y Luna ocurren cuando el Sol y la Luna se alinean con la Tierra. Detalles sobre este fenómeno astronómico los encontrará el lector en el apartado *2.5.4 Los eclipses: el cruce de caminos entre el Sol y la Luna*.

Para el Altiplano, no contamos con fuentes que validen la posibilidad de predicción de eclipses. En fray Bernardino de Sahagún y en otras fuentes, se registra lo que significaba para esas culturas un eclipse, esta es una muestra de esa idiosincrasia:

> [...] cuando se eclipsa el sol párase colorado, parece que se desasosiega o se turba el sol, o se remece o revuelve o amarillecé mucho. Cuando esto ve la gente, luego se alborota y tómales gran temor [...]. Y luego buscaban los hombres de cabellos blancos y caras blancas y los sacrificaban al Sol, y tambien sacrificaban cautivos: se untaban con la sangre de las orejas, y juntamente se ahugeraban estas con puntas de maguey, y pasaban mimbres ó cosa semejante, por los ahugeros que las puntas habian hecho; y luego por todos los templos cantaban y tañían haciendo gran ruido, y decían si del todo se acaba de eclipsar el sol: nunca más alumbrará, ponerse han perpetuas tinieblas, y descenderán los demonios y vendramos á comer.
>
> Fray Bernardino de Sahagún,
> Libro séptimo que trata de la astrología
> natural que alcanzaron los naturales de esta N. E.

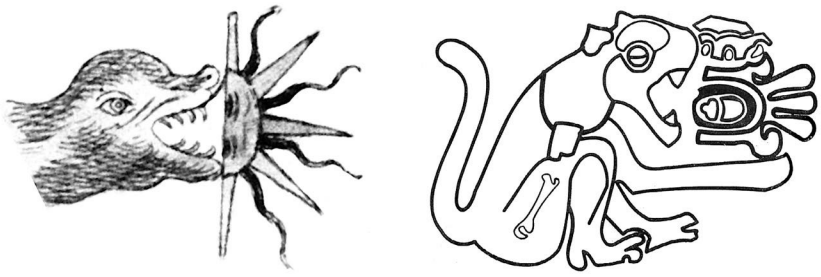


ARRIBA

Eclipse total de Sol del día 17 de agosto de 1496 *st.v.* plasmado en el folio 40v del *Códice Telleriano-Remensis*.

En la página 23 del *Codex Mexicanus*, Aguilera y Galindo [1991: 61] asumen que se representa el eclipse anular de Sol más antiguo del que se tenga noticia para el Centro de México, aconteció en el año 6 Caña, 31 de julio de 1119. Desde ese entonces, desde los más recónditos tiempos en Mesoamérica un eclipse de Sol significaba un momento álgido, un estado de muerte e inmovilidad para el Sol, así que era necesario restaurar por medio del ritual el curso regular del astro. Así pues, el eclipse significó entre la población el peligro y el terror de que todo llegara a su fin, por lo cual se hacían necesarias ofrendas, cantos y gritos de guerra, en sí, cualquier ruido estridente era útil para renovar la fuerza del Sol. El Sol estaba siendo devorado tal como lo refieren el sintagma nahua *tonatiuh qualo* "el Sol es comido", precisamente, en la lámina 5 del *Códice Azcatitlan* se muestra la escena de un eclipse de Sol siendo devorado por un bestia; en Teotenango, también apreciamos una escena en que el Sol es devorado, se trata de un bajorrelieve que representa a un jaguar en posición sedente, que con sus fauces abiertas engulle un corazón que es sostenido entre sus garras delanteras, la composición se acompaña de la imagen de un fémur, resulta interesante que el vocablo nahua *metztli* refiere tanto a pierna, que corresponde al fémur, como a la Luna. Se pensaba en ese entonces que los jaguares atravesaban la oscuridad y se tragaban la luz.

Suponían que la interrupción violenta de los rayos solares afectaba principalmente a los seres más débiles: los fetos y los niños. Los primeros sufrían malformaciones mientras que los segundos, mutación animal. Así también, si las mujeres embarazadas volteaban a ver al Sol eclipsado, sus hijos nacerían con



DERECHA

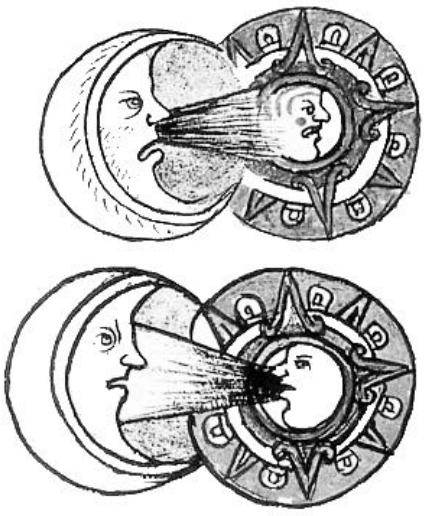
Eclipse total del Sol en el imaginario mesoamericano que identifica el suceso como el momento en que el astro es devorado por una fiera, posiblemente representen algún evento de este tipo acontecido en el siglo XIV: izquierda lámina 5 del *Códice Azcatitlan*, acontecido en un año 4 Casa, según Aguilera y Galindo [1991] corresponde al eclipse del 17 de febrero de 1301 st.v.; derecha, bajorrelieve del monolito del jaguar en Teotenango.

labio leporino, también consideraban posible que el eclipse acarreara la destrucción de la humanidad por acción de las *tzitzimime*, o que los niños se transformaran en ratones si llegaran a quedarse dormidos. En otros casos también podía significar la unión sexual entre el Sol y la Luna, de tal suerte que la acción de observar el eclipse, es decir, el coito entre los astros era una transgresión que se castigaba con la ceguera [Echeverría, 2014: 385-386].

Con referencia a los eclipses de Luna se puede apuntar que estos son habituales y que carecen del espectacular sentido que hace temibles a los de Sol al disiparse la luz diurna, al ver como el Sol es "devorado". Al parecer, los pueblos mesoamericanos no tuvieron un trascendental registro de los eclipses de Luna, pues en términos simbólicos no era posible asociar los cambios en la Luna con la interposición de la Tierra respecto al Sol, solo percibían cambios en la luminosidad y el cambio de color a tonos rojizos que estarían asociados al sentido mutante de la Luna. Sin embargo, según Nájera [1995: 322] entre los mayas contemporáneos los eclipses de Luna sí cobran sentido una vez que los sacerdotes españoles desde el siglo XVI explicaron el sentido de los eclipses a los mayas, quienes se refieren a este fenómeno con el término *tupul u wich u´* que se traduce como apagarse o borrarse. En lengua náhuatl según Rafael Tena [1991: 72] hay un vocablo para eclipse de Luna *meztli qualo*, "la Luna es comida".

ABAJO

Las tradiciones iconográficas medieval y mesoamericana se funden en el *Códice Matritense* para representar los eclipses de Sol (parte superior) y Luna (parte inferior).



Un eclipse lunar puede durar muchas horas, no es peligroso para la observación, como lo es un eclipse de Sol. Los eclipses solares se ven desde una región muy limitada, en cambio los lunares son visibles en casi todo el hemisferio donde la Luna está sobre el horizonte. Ocasionalmente, la Luna se pone muy oscura cuando se trata de un eclipse total y hay referencias de casos excepcionales en que la Luna desapareció de la visión como sucedió durante el eclipse del 16 de junio de 1816 por la gran contaminación atmosférica ocasionada por la fase eruptiva del volcán Tambora en Indonesia. Por lo general, durante un eclipse total, la Luna es visible, pero con ciertas características como tornarse rojiza, es la célebre *Luna de Sangre*, que de manera relevante ha

ocupado la atención del público urbano en tiempos modernos.

El tema de los eclipses causa interés en los medios de comunicación y en las redes sociales. Es un tema que causa fascinación entre las personas, por lo que en iTiO hemos tenido un impacto trascendente, alcanzando 173 mil reproducciones en tan solo 12 horas por Facebook durante el eclipse total de Luna del 31 de enero de 2018, transmitido para Azteca Noticias desde la zona arqueológica de Tula.[142]

Atendiendo el interés contemporáneo, veamos el caso excepcional de la tétrada de lunas de sangre entre los años 2014 y 2015. En el profético libro de las *Revelaciones* o *Apocalipsis* [capítulo 6, versículo 12] se sienta que al abrirse el sexto sello "[...] el sol se puso negro como un paño de crin, y la luna toda como sangre [...]"; similar es la profecía del *Antiguo Testamento*, en el libro de *Joel* [capítulo 2, versículo 31] que dice "El sol se cambiará en tinieblas y la luna en sangre, ante la venida del Día de Yahveh [...]".[143] No son pocos los que asocian esta descripción bíblica con un eclipse de Luna, pues el tono rojizo que la envuelve durante la umbra la hace ver asombrosa.

Sin embargo, este acontecimiento es un fenómeno natural que tiene su explicación en la refracción de la luz blanca del Sol al pasar por la atmosfera terrestre. Durante un eclipse de Luna, la mayor parte de la luz que llega a la Luna pasa por la estratósfera, donde se torna de color rojizo debido a la dispersión, pues la atmósfera funciona como un lente refractando los rayos. Un fenómeno similar sucede durante el amanecer o el atardecer cuando el cielo se torna rojizo. El aspecto de la Luna durante un eclipse total de Luna varía de un eclipse al siguiente en su densidad y tonalidad contribuyen a esta diferencia la actividad solar, la geometría de la trayectoria de la Luna en la sombra de la Tierra y también las oscilaciones atmosféricas como la humedad, nubosidad y polvo. Si los rayos solares atraviesan regiones que no contienen vapor de agua, la superficie lunar queda iluminada de un color rojo oscuro; en cambio, si la atmósfera está cargada de humedad el color de la Luna será ceniciento. También es determinante la concentración de ozono pues este gas absorbe la luz roja.[144] Si la Tierra no tuviera atmósfera, durante un eclipse

142 Este volumen encarga especial interés a las cuestiones arqueológicas y etnográficas de la antigua Mesoamérica; sin embargo, no quedan excluidos los hechos culturales para los períodos virreinal y contemporáneo.

143 En el libro *Hechos de los Apóstoles* [2:20], Pedro retoma esta sentencia al referirse a lo dicho por el profeta en otros libros de la *Biblia* que anuncian presagios como la oscuridad de la Luna, como señal de eventos extraordinarios, véase p. e. Mateo [24:29] y Marcos [13:24].

144 Para más detalles sobre la luminosidad de la Luna durante un eclipse y otras particularidades como la escala de Danjon véase Cepeda [2006: 118].

total la Luna se oscurecería totalmente desapareciendo de nuestra vista.

Durante el período 2014-2015 desde México se pudo observar la tétrada de lunas de sangre, el hecho fue relevante y para algunos fue un tema esotérico, pues la tétrada coincidía con importantes celebraciones judías y de ahí su carácter apocalíptico. Empecemos con el Pesaj, que es la Pascua o salida de Egipto; y Sucot, fiesta de los tabernáculos. ¿Extraña coincidencia? En realidad, no, los judíos se rigen por un calendario lunisolar, así que los meses inician con cada Luna nueva y las fiestas se calculan de acuerdo con sus fases. Por ejemplo, el año nuevo Rosh Hashaná, llega con la Luna nueva, y tanto el Pesaj como el Sucot siempre se festejan con la Luna llena. Por tanto, no es sorprendente que sucedan eclipses durante estas celebraciones, aunque cabe decirlo no son tan frecuentes estas coincidencias, pues en los últimos 500 años, de las 13 tétradas que se han registrado, solamente dos han sido simultáneas con celebraciones judías. Una fue en el período 1949-1950 y la otra en el curso de 1967 a 1968, fechas claves en la historia moderna de Israel;[145] sin embargo, de estas ocho lunas de sangre, sólo la de abril de 1950 fue visible en Israel. Para la tétrada de 2014-2015, a desánimo de los alarmistas que auguran tragedias para el pueblo hebreo, ninguno de los cuatro eclipses fue visible en el Medio Oriente.[146]

La práctica de un almanaque lunisolar la comparte también el calendario litúrgico católico, por lo cual la fecha en que se celebra la Pascua corresponde al primer domingo posterior a la primera Luna llena que sucede después del equinoccio de primavera en el hemisferio norte, fue por esto que en México durante la madrugada del Sábado Santo del 4 de abril de 2015, se apreció un eclipse con la Luna en tono rojizo.

No obstante que un eclipse total de Luna es un acontecimiento relevante que podemos disfrutar, los recurrentes pregoneros de las tragedias sensacionalistas lo aprovechan para motivar el temor entre la población con profecías del fin del mundo, tal y como lo anunciaron en vano durante el año 2012 con el apocalipsis maya. Si consideramos que las tétradas son un fenómeno recurrente en la naturaleza, no puede entonces tratarse de una señal inconfundible o única para el final de los tiempos.

145 El período 1948-1949 coincide con la fundación del moderno Estado de Israel, el 14 de mayo de 1948; el período 1968- 1969 se asocia con la Guerra de los Seis Días, cuando Israel ocupó Jerusalén.

146 Al respecto el rabino Ari Enkin expresó: *Cuando los judíos realizan la voluntad de Dios, no necesitan preocuparse de presagios; así dice el Eterno* "No te asustes por los signos de los cielos" (Talmud Sucá 29a). Véase en línea para el 27 de agosto <www.estadodeisrael.com/2014/10/las-lunas-de-sangre-en-la-historia-judia.html>.

Fred Espenak y Jean Meeus de la NASA,[147] en su canon de eclipses han calculado que un período de cinco mil años que abarca del año dos mil a. C. hasta el final de este milenio en el año 3 mil d. C., se contarán 12,064 eclipses de Luna, de los cuales 4378 son de penumbra (36,3%); 4,207 parciales (34,9%); y 3479 totales (28,8%). El 16.3% de los eclipses totales, que resulta en 568 eventos se agrupan en una secuencia consecutiva de cuatro sucesos, resultando 142 tétradas en cinco mil años. El mecanismo que causa las tétradas se debe a la excentricidad de la órbita de la Tierra en relación con el calendario de la temporada de eclipses. Durante el presente milenio, el primer eclipse de cada tétrada se producirá en algún momento de febrero a julio, cientos de años después gradualmente ocurrirán después de julio debido al movimiento de precesión de la Tierra.

Durante el año trópico de 365.242198 días, se registran dos temporadas de eclipses, en cada una de ellas acontecen 2 o 3 eventos alternándose un eclipse de Sol y uno de Luna en un período de 34 días en promedio; el ciclo se repite justo antes de que transcurran seis meses lunares que recaen en 177.18 días. Así que el período durante el cual el Sol está cerca de los nodos lunares es llamado *temporada de eclipses*. Si la línea de los nodos fuera fija en el espacio, los eclipses ocurrirían en las mismas fechas del año. Actualmente, la línea de los nodos se mueve lentamente hacia el oeste a razón de 19º por año. Como resultado, una temporada de eclipses ocurre cada 173.31 días. Dos temporadas de eclipses constituyen un *año de eclipses* con duración de 346.62 días. Esto es 18.6 días más corto que un año trópico y es igual al tiempo requerido por el Sol en cruzar el mismo nodo dos veces.

Giovanni Schiaparelli, a finales del siglo XIX señaló que la frecuencia de las tétradas es variable a través de la historia, dio cuenta que en tiempos modernos ninguna sucedió en el lapso de 326 años que va de 1582 a 1908; en cambio, para un período posterior de 247 años que cursa del año 1909 a 2156, contaremos 17 tétradas. Considerando registros amplios de tiempo se concluye que el ciclo de las tétradas ocupa un promedio 565 años. Como ya se mencionó, la variación de este ciclo obedece al movimiento de excentricidad de la Tierra, así que, al ir disminuyendo gradualmente nuestra órbita, en consecuencia, el período de 565 años irá disminuyendo, hasta que en un futuro lejano, cuando la excentricidad sea igual a cero, las tétradas no serán posibles.[148]



ARRIBA

En Xochicalco, en la esquina noroeste de la Pirámide de las Serpientes Emplumadas, en sus frisos se aprecia un glifo que se repite en la decoración del edificio, es la representación de un eclipse total de Sol, se trata de una quijada que muerde un disco circular dividido en cuatro partes que representa al Sol, es la Tierra devorando al Sol, suceso acontecido el 1 de mayo del año 664 d. C. durante el amanecer. Al oscurecerse el cielo por el eclipse se apreciaron al este en conjunción los planetas Marte, Mercurio y Venus, junto con las Pléyades, y al oeste Saturno, en un hecho sin precedentes que sin duda fue significativo y que pudo determinar que la pirámide conmemorara este evento y ajustara el calendario.

147 En línea http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEpubs/5MCLE.html

148 La órbita de la Tierra no traza un círculo perfecto sino una elipse, el valor de esta elipse actualmente es de 0.016.

Las magnitudes[149] de las tétradas son relativamente pequeñas en comparación con otros eclipses totales de Luna. La mayor magnitud para una tétrada en tiempos recientes obtuvo un valor de 1.4251 durante el suceso del 13 de abril de 1943, en cambio el eclipse total del 26 de junio del año 2000 alcanzó una magnitud de 1.7684. Según datos de la NASA, el eclipse del 27 de septiembre de 2015 tuvo una magnitud de 1.2764, al cual, por cierto, hablando de frecuencias entre los eclipses le correspondió en la serie de Saros el número 137.

Un ciclo de Saros es un período de 223 lunas, lo que equivale a 6585.32 días, aproximadamente 18 años y 11 días, tras el cual la Luna y la Tierra regresan aproximadamente a la misma posición en sus órbitas, y se pueden repetir los eclipses. Por definición un Saros son 223 meses lunares o períodos sinódicos. Conocido desde hace miles de años, es una manera de predecir eclipses. Un Saros en promedio contiene 84 eclipses: 42 solares y 42 lunares.

Para quienes habitamos en el centro de México, la tétrada 2014-2015 fue especial porque los cuatro eclipses fueron visibles. En la siguiente tabla se presentan las fechas en que ocurrieron estos fenómenos interponiendo entre cada uno el número de días que los separan para destacar cómo se ajustan a la temporada de eclipses y de esta forma a la cultura del México ancestral que vaticinaba estos acontecimientos. Además, se apunta su duración y hora de mayor ocultación o máximo que es el momento en que la Luna se encuentra en el punto más cercano al centro de la umbra:

	fecha	duración	máximo
primero	abril 15 de 2014	5 horas 44 minutos	02:45 horas
	176 días		
segundo	octubre 8 de 2014	5 horas 18 minutos	05:54 horas
	178 días		
tercero	abril 4 de 2015	5 horas 58 minutos	06:00 horas
	176 días		
cuarto	septiembre 27 de 2015	5 horas 11 minutos	21:47 horas

Pero a toda tétrada nunca le falta un eclipse solar, en este caso fue parcial, y también se observó desde el centro de México:

eclipse solar	octubre 23 de 2014	1 hora 12 minutos	18:08 horas

Durante el presente siglo en el planeta seremos testigos de ocho tétradas; por cierto, la última vez que en Mesoamérica fui-

149 La magnitud de un eclipse lunar corresponde a la longitud del recorrido de la Luna a través de la umbra dividido por su diámetro aparente.

mos testigos de una tétrada sin contar la de 2014-2015 fue en el período 1909-1910:

Período de tétrada	visibles en el centro de México			
2003 - 2004	✔	✔	✗	✔
2014 - 2015	✔	✔	✔	✔
2032 - 2033	✗	✗	✗	✗
2043 - 2044	✔	✔	✗	✔
2050 - 2051	✔	✔	✔	✗
2061 - 2062	✔	✔	✔	✗
2072 - 2073	✔	✗	✔	✗
2090 - 2091	✔	✔	✗	✔

El lector se preguntará ¿por qué no vemos periódicamente los eclipses de Luna, si estos ocurren regularmente como el período de Saros? Esto obedece a que los movimientos de traslación y rotación de la Tierra no son coincidentes, de tal suerte que las regiones de visibilidad cambian durante el año; además, los tipos de eclipse de Luna varían: penumbral, parcial y total. Los eclipses penumbrales en ocasiones son apenas perceptibles a la vista. Así que observar cuatro eclipses de Luna totales consecutivos separados por un intervalo de seis meses lunares desde el mismo punto de observación en la Tierra, fue un suceso extraordinario que sucedió en el Centro de México.

Pero retornemos nuestra atención al período prehispánico, donde el calendario ritual de 260 días denominado por los mayas *tzolkin* y *tonalpohualli* por los mexicas, era según lo afirman algunos especialistas, un ciclo establecido para el vaticinio de eclipses de Sol y Luna. Esta propuesta que Ludendorff formuló desde 1930 resulta de la congruencia entre la temporada de eclipses de 173.31 días con el calendario ritual de 260 días; la relación se desprende al considerar que dos períodos del calendario ritual que resultan en 520 días corresponden a tres temporadas de eclipses de 173.31 días:

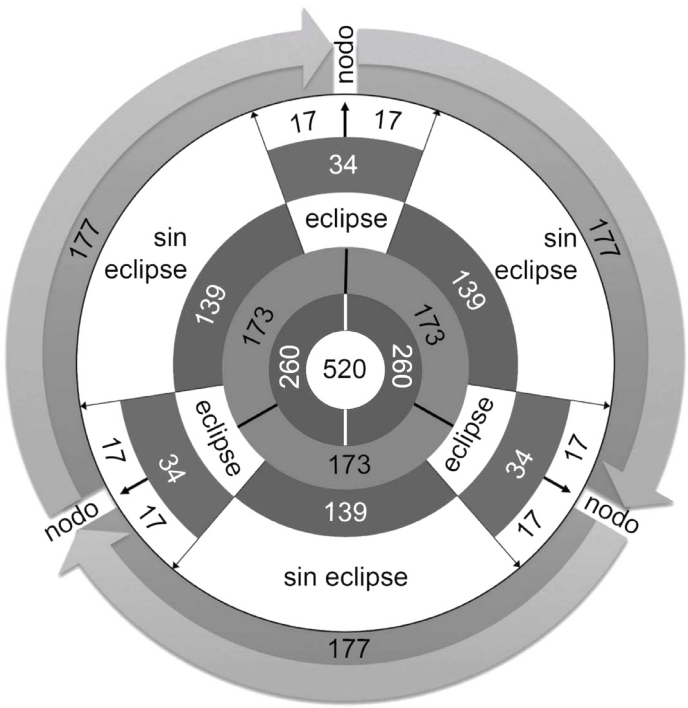
$$260 \times 2 = 520 \quad \text{es igual a} \quad 173.31 \times 3 = \sim 520\ (519.93)$$[150]

Siguiendo esta propuesta se puede decir que en el México antiguo los astrónomos contaban con suficiente certidumbre para predecir la fecha exacta en que podía suceder un eclipse de Sol o

150 La diferencia de 0.07 para alcanzar 520 equivale a una décima parte del día, más detalles en Thompson [1988: 177-180].

Luna. Aveni [1991: 206], sostiene que en un 55 % de los casos acertaban con la fecha en un período de corto plazo. Esta certeza sin duda fue más amplia, si en lugar de una fecha específica se incidía en un período en el que podían suceder eclipses. Este método requirió de un meticuloso registro de eclipses por largos períodos de tiempo. Sin embargo, no todos los eclipses se pueden registrar para alcanzar una conmensurabilidad aritmética, si bien es cierto que se suceden periódicamente, no todos son visibles para un observador, pueden acontecer del otro lado del mundo o simplemente tratarse de un eclipse penumbral que difícilmente es perceptible a simple vista.

No obstante estas dificultades, en Mesoamérica se logró un modelo eficiente que podemos expresarlo de manera geométrica en la siguiente figura: consideremos dos calendarios rituales de 260 días, tenemos un ciclo de 520 días representado en un círculo, dividámoslo en tres partes de 173 días, tenemos tres radios, a cada radio le corresponde un paso del Sol por el nodo de la órbita lunar. Debido a que el Sol o la Luna pueden ser eclipsados hasta 17 días antes o después de su paso por el nodo, tenemos tres "períodos de eclipses" de 34 días equidistantes con espacios de 139 días entre los segmentos en los cuales no puede acontecer ningún eclipse. Si la Luna está llena el día del nodo, tendremos un eclipse lunar; si es Luna nueva, un eclipse de Sol. Un eclipse en la cercanía del nodo es total, pero entre más lejos esté el Sol del nodo, el eclipse será de menor magnitud.



DERECHA

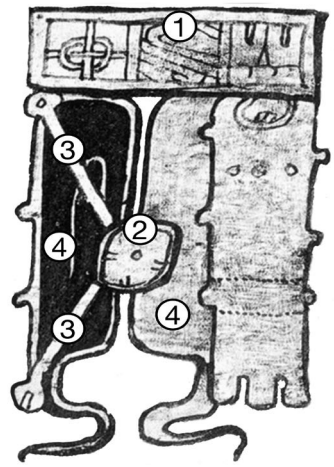
Propuesta geométrica para comprender el proceso de predicción de eclipses en las culturas del México antiguo. Adaptación del autor a la propuesta gráfica de Arnold Lebeuf.

Tomemos como ejemplo un eclipse total de Luna, un segundo eclipse nunca se produce en un intervalo menor de seis meses lunares que equivalen a 177 días. Por ejemplo, en el caso de las Lunas de Sangre del período 2014-2015, un segundo eclipse va seguido de un tercero al cabo de otro intervalo de seis meses lunares y así hasta completar cuatro. Hay otra posibilidad, que el segundo eclipse suceda dentro de 325 días (177+148) o en 354 días (177+177) como se asienta en la tabla de eclipses del *Códice de Dresde* que atenderemos más adelante.

En la antigüedad, una vez concluida una serie de tres o cuatro eclipses el astrónomo podría mirar unos años adelante para encontrar una nueva serie de coincidencias, de ese modo, si los antiguos observaban un eclipse que 6, 12 o 18 meses lunares antes no había sido predicho por otro, sabían que había empezado una nueva serie y que podían predecir futuros eclipses para 6 y probablemente 12 meses después. Desde luego, como afirma Aveni [1991: 97] entendemos que cuanto más trasciende una cultura en la tradición de escudriñar el cielo, mayor oportunidad tiene para detectar los ciclos periódicos de eclipses. Por ser más raros, los eclipses de Sol son más difíciles de señalar, y la frecuencia de observación depende de cuán suficiente o insuficientemente puede notarse un eclipse parcial, lo cual es incierto. A fin de cuentas, todos los sistemas astronómicos antiguos derivan del registro sistemático de fenómenos acumulado meticulosamente por siglos.

Continuando con la propuesta de la figura anterior, encontramos que la duración puntual de tres temporadas de eclipses suma 519.93 días, este valor es ligeramente inferior a la tercera parte de un doble *tzolkin*, es decir 173.31 en lugar de 173.33; así que las conjunciones del Sol y los nodos de la órbita lunar regresan un día cada 7200 días lo cual equivale a veinte *tun*. Así pues, una regresión completa en el almanaque de 260 días toma 260 × 20 = 5200 *tun* que equivale a 1,872,000 días. Por tanto, según Lebeuf [2008] la duración de la Cuenta Larga de 13 *baktún*, es de 1,872,000 días,[151] comprende un ciclo de corrección del calendario ritual de 260 días para el cálculo de los eclipses a largo plazo.

Retomando los valores ya comentados de 177, 178 y 148 días, fijemos nuestra atención en el *Códice de Dresde*. Este manuscrito procede del norte de Yucatán, su antigüedad se remonta a mil años. En él, se expresa como en ningún otro documento el



ARRIBA

Este es uno de los diferentes símbolos mayas para un eclipse de Sol que se representan en el *Códice de Dresde*. Un eclipse de Sol corresponde a la frase *pa'al k'in*, "Sol roto", que es una forma de describir lo que sucede durante un eclipse. Denotamos en la representación de la página 54 los siguientes elementos:

1) banda celeste,
2) el Sol,
3) dos fémures alargados como señal de muerte,
4) campos negro y blanco como símbolo de ocultamiento, asemejan alas de mariposa

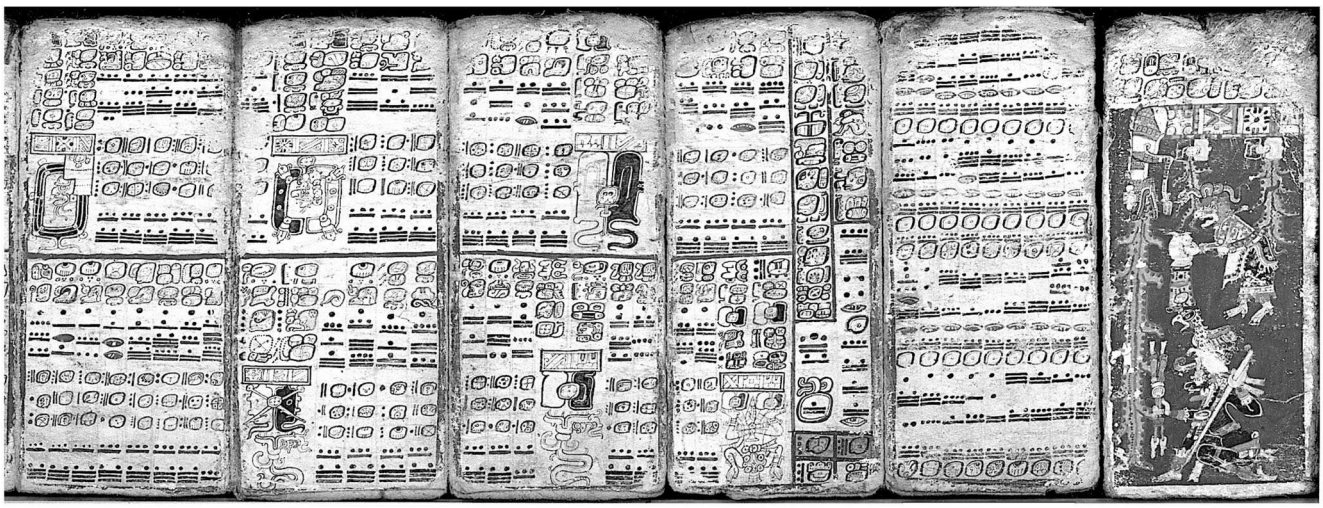
151 Para algunos, el 21 de diciembre de 2012 culminó este gran ciclo maya de 5125 años o 13.0.0.0.0.

agudo conocimiento que los astrónomos mayas tenían del cielo. Llama la atención para nuestro caso de estudio que a partir de la página 53a, línea 9, en la base de cada media página vemos el numeral 177 que se repite varias veces. Esta serie de cifras siempre termina con el número 148. Al parecer adoptaron una sucesión de 177 días luego de un eclipse, lo que daba por resultado un avance a lo largo del tiempo. Cuando se desfasaba, sustituía el intervalo de seis meses lunares (29.5 × 6 = 177) por cinco meses lunares (29.5 × 5) + 148 días. Por ejemplo, en las páginas 52b y 53b se presentan los valores: 6408, 6585, 6762, 6939, 7116 y 7264; la diferencia entre las primeras cinco cifras es 177, para la última 148; de todo este conjunto aritmético hay una cifra que llama la atención, es 6585, admirablemente es valor que concierne al ciclo de Saros, no cabe duda, estos cómputos están vinculados a los eclipses [Aveni, 1991: 199 y 207]. Es una tabla de eclipses que podía ser reutilizada por diferentes generaciones.

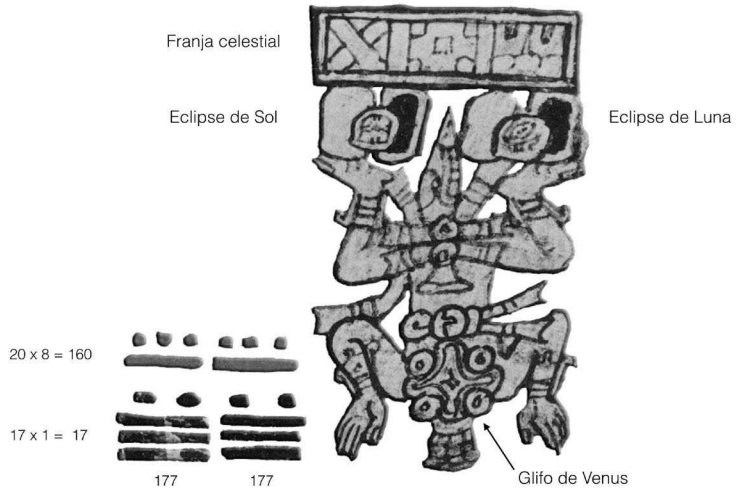
La tabla de eclipses del *Códice de Dresde* comprende un período 11,958 días, que ronda los 33 años entre las páginas 51 y 58. En esta fase de 11958 días, se aciertan 405 lunaciones o meses lunares; al dividir 11,958 entre 405 resulta en 29.52 días como valor para el mes lunar. Sorprendentemente esta cifra guarda una diferencia mínima con el valor de la astronomía moderna de 29.53. Este ciclo de 405 lunaciones hace conmensurable al calendario ritual de 260 días, pues 46 × 260 = 11,960, he aquí de nueva cuenta el calendario ritual.

ABAJO

Seis páginas del *Códice de Dresde* (55-59 y 74) que representan eclipses (izquierda), tablas de multiplicación y una inundación en el extremo de la derecha.



Para Thompson [1988: 180], los mayas que expresaron sus conocimientos astronómicos en el *Códice de Dresde* al tener noción de los puntos centrales de cada segmento de 173 en la rueda de los 520 días, sin saberlo habían descubierto los nodos.



IZQUIERDA

Detalle de la página 58 del *Códice de Dresde*. Para Thompson [1988: 188] se trata de Venus descendente, teniendo en la parte superior a las estrellas y los planetas que se hacen visibles durante un eclipse de Sol cuando se oscurece el cielo. Según la tradición popular un jaguar (v. pág. 282) o una hormiga devoran al Sol durante el eclipse; otros dicen que es la disputa entre el Sol y la Luna.

Llama la atención el caso de la cultura otomí, según Rossana Quiroz [2010: 66-68] en el *Códice Huichapan*, el año se calculaba bajo la fórmula: 177 × 2 + 10 = 364 días que resulta en el año solar de los otomíes. Resalta el hecho del número 177, como exponente de un semestre lunar en el que se suceden los eclipses como en el *Códice de Dresde*: en otomí *nduzhnä* se traduce como "morir Luna", y *nduhyadi* como "morir Sol", son palabras que designan los eclipses de Luna y Sol.[152] El sitio Cañada de la Virgen, en Guanajuato, contempla la tradición otomí y también su atención por el pronóstico de los eclipses, pero esta aseveración de Rossana Quiroz [2013: 151-152] a diferencia de otras, se sustenta en un hecho diferente, se fundamenta en la arquitectura. Para la arqueóloga, el Complejo A, además de funcionar como marcador calendárico de horizonte con respecto al Sol para el ocaso destacando lapsos de veinte días entre los cuerpos de la pirámide, cuando sobre estos mismos cuerpos las lunas ocupaban el primer vértice inferior del sector sur del basamento, es decir, cuando las lunas llenas registraban una declinación entre -26° y -29°, vaticinaban que no podían suceder eclipses. Por otra parte, la presencia de eclipses lunares tendrá lugar inmediatamente antes e inmediatamente después de esta secuencia de lunas. Teniendo un eclipse lunar presidiendo la primera Luna llena que se presentará sobre el vértice referido, y no sucedería otro eclipse lunar justo después de la última Luna llena que se presentará en el mismo vértice. Lo que sugiere, es que el vértice del basamento podría cumplir con una función relacionada al cómputo de eclipses.

152 El vocablo maya *chibil kin* se traduce como "mordedura del Sol", significa eclipse solar; y *chibil u*, "mordedura de Luna" corresponde a eclipse lunar.

Destacable para el tema de nuestro interés es la interpretación de Susan Milbrath [1995: 479-502], quien considera que el mito de muerte y descuartizamiento de Coyolxauhqui es la metáfora de un eclipse lunar. Su propuesta se centra en la diosa como una referencia directa a la Luna eclipsada, haciendo notar que en algunas variantes del mito la muerte de la diosa tiene lugar a la media noche, una imagen que parece inapropiada para una Luna menguante, propia de los amaneceres, tal y como sugiere la interpretación de Huitzilopochtli venciendo a la Luna, conforme ésta se acerca a esta entidad solar. Milbrath, considera que los cascabeles en el rostro de la Luna no son más que un medio para describir las estrellas que aparecen en torno al astro selenita durante el transcurso de un eclipse lunar. Durante un eclipse lunar total, la Luna se mira como un círculo oscuro cuyos tonos varían de café a rojo cobrizo, colores que evocan la imagen de la sangre seca, la escultura de *Coyolxauhqui* en el Templo Mayor fue originalmente pintada con un fondo rojo, podría representar la Luna bañada en sangre durante un eclipse lunar [Milbrath, 1997: 187].

Para el amplio público, es muy arraigada la idea de que los eclipses siempre han causado temor a la humanidad, a la mayoría de las personas les invade un extraño presentimiento al ver alteraciones en el cielo, parece un pronóstico de males por venir. Este sentimiento es elemental ante un cambio imprevisto, entre los pobladores originales de Mesoamérica, según las fuentes del período virreinal, durante los eclipses, para evitar la muerte de los astros, se golpeaban ollas y metales o se lanzan gritos al cielo. Las mujeres embarazadas debían resguardarse, mientras el trabajo de las ancianas era llorar abiertamente. También los mayas chol de Palenque y algunos yucatecos tenían una respuesta similar, era costumbre hacer mucho ruido para distraer la atención del agresor y salvar a la Luna que era agredida por un Jaguar o por alguna variedad de hormigas llamada *xulab* o algunos demonios [Thompson, 2004: 288]. Para Milbrath [1999:121], entre los antiguos mayas, el jaguar decapitado era una referencia a un eclipse lunar, se relaciona también con otras imágenes de decapitación que se vinculan con los eclipses de Luna en el centro de México.

5.5.5 Los planetas

Si se les observa con atención, los planetas presentan ciclos de tiempo reconocibles como sucede con el Sol, es de esperar

entonces que los cinco planetas visibles a simple vista podrían desempeñar un papel relevante en la cosmovisión y culto mesoamericano, pero aparte de Venus, poco sabemos de los demás; en el mejor de los casos, los epigrafistas discuten las representaciones de Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno en la iconografía maya, sin llegar a un consenso. Mercurio, el planeta más cercano al Sol, no parece ser nombrado fehacientemente en relatos etnográficos, y la advocación de Saturno también es relativa. La información de Marte, el planeta rojo, es escasa. Finalmente, contamos con escasas connotaciones aceptadas para Júpiter, y en el mejor de los casos valiéndonos de similitudes extendemos los criterios planetarios de los mayas a las culturas del Altiplano Central de México.

Haciendo hincapié en los pueblos del Altiplano Central de México, podemos apuntar que al igual que en el Área Maya, disponemos de una exuberante iconografía para Venus, contrapuesta a una exigua representación para los demás planetas. Escalona Ramos [1940, cit. por Galindo, 1994: 89], un investigador de la primera mitad del siglo pasado, planteó asociaciones: a Xólotl, como Mercurio; a Xipe Totec y Tláloc simultáneamente como Marte; al dios del fuego Xiuhtecuhtli como Saturno; y al omnipotente Tezcatlipoca como Júpiter.[153] Pocos investigadores contemporáneos se sumarían a esta propuesta, pues cuando Escalona [1940] describe a Tezcatlipoca, más parece aquella cita de fray Bernardino de Sahagún que se refiere a este numen como "otro Júpiter" en una clara alusión a la mitología griega para hacer explícito a sus contemporáneos del siglo XVI el culto indígena y no en una apreciación astronómica.

Según Jesús Galindo [1994: 86], los períodos sinódicos de Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno no han sido identificados plenamente en los códices mayas. Por tanto, las cuentas que incluyen múltiplos y casi múltiplos de los períodos que se podrían asociar con estos planetas, al considerar intervalos grandes de tiempo se acumulan enormes errores: no obstante que la aproximación al período sinódico fuera cercana; por otra parte, como aparentemente no existen tablas de correcciones, como en el caso de Venus, la probabilidad de que tales cuentas representen el registro de ciclos planetarios es baja. No obstante lo anterior, resulta ilustrativo considerar en detalle algunos planteamientos propuestos para mostrar que los astrónomos mayas lograron determinar los períodos sinódicos de Marte, Mercurio,

153 Si consideramos que hay una analogía entre Tezcatlipoca y el Dios K maya, entonces la advocación como Júpiter puede tener sustento, véase Valencia [2006].

Júpiter y Saturno para lapsos cortos de tiempo. La astronomía posicional mesoamericana pudo seguir con regularidad el curso de un planeta encontrando que Mercurio y Venus sólo eran visibles al amanecer y el ocaso. Venus el más prominente de los planetas, es el tercer objeto más brillante después del Sol y la Luna. Mercurio es difícil de ver debido a su cercanía con el Sol. Marte alcanza su máximo brillo cada dos años. Finalmente, Júpiter y Saturno son extraordinarios en conjunción cada 19.71 años; Júpiter es el más brillante después de Venus. Todas estas características fueron significativas, pero lo más relevante fue el registro de cuatro manifestaciones celestes que sin duda fueron trascendentales culturalmente:

a. *Período sinódico*, comprende el tiempo que tarda un planeta en volver a ser visible.
b. *Conjunciones*, los planetas están en conjunción cuando se hallan aproximadamente en la misma longitud celeste que es la ascensión recta [AR].
c. *Movimiento retrógrado*, sucede para los planetas exteriores: Marte, Júpiter y Saturno. Se registra al observar todos los días la posición del planeta con respecto a una estrella de fondo, moviéndose este en dirección opuesta a la que siguen los demás cuerpos celestes, por ejemplo, Marte en un período de tres meses retrasa su posición.
d. *Tránsito*, solo sucede para los denominados planetas interiores: Mercurio y Venus. El tránsito es similar a un eclipse, acontece cuando el planeta cruza directamente entre la Tierra y el Sol.

5.5.5.1 Mercurio

No contamos con referencias fehacientes sobre Mercurio en las fuentes históricas, posiblemente porque la observación de este pequeño planeta es complicada dada su proximidad con el Sol; pues solo se le puede observar por un corto período de tiempo durante el crepúsculo de la mañana o de la noche. Mercurio es más perceptible durante el invierno en el hemisferio norte; sin embargo, en nuestro hemisferio siempre se dificultará su visibilidad debido a su elongación al oeste, por lo que es más proclive distinguirlo en el hemisferio sur. Mercurio es más brillante visto desde la Tierra cuando se encuentra en las fases creciente y menguante, aunque está más lejos de la Tierra en ese momento, el área iluminada que apreciamos es mayor y así se compensa la distancia. Esto es contrario a Venus, que aparece más brillante

cuando está en cuarto creciente, porque está mucho más cerca de la Tierra. Mercurio presenta un período sinódico de 116 días, que puede cambiar de 111 a 121 por la excentricidad de su órbita, contempla cuatro fases: visible como estrella al amanecer por 38 días; luego desaparece de la vista por 5 días; vuelve a ser visible como estrella vespertina por 38 días; finalmente desaparece por 35 días.

En la literatura especializada del siglo pasado se proponía que los intervalos de 115 y 117 días eran una aproximación al ciclo sinódico de 116 días de Mercurio que se representaba en la tabla que comprende de las páginas 30 a la 33 del *Códice de Dresde*; empero, es más probable que este número corresponda a múltiplos de los meses lunares en una clara correlación a los eclipses como se ha detallado páginas atrás.

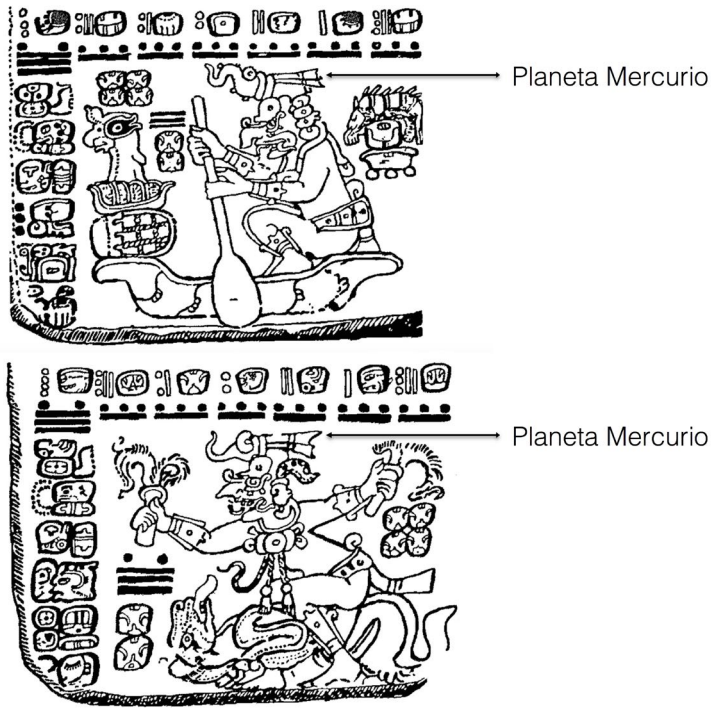
A diferencia de Venus que su tránsito fue registrado en Mayapán, el tamaño del planeta es tan pequeño, que es más fácil observar las manchas solares que su tránsito por el disco solar que sucede alrededor de unas trece ocasiones en un siglo con intervalos de 3, 7, 10 y 13 años con cierta periodicidad pues su movimiento responde a reglas complejas. Los movimientos de Mercurio percibidos desde la Tierra son similares a los de Venus, no es de extrañar entonces que algunas referencias etnohistóricas que han llegado hasta nuestros días al hacer referencia a la Estrella de la Mañana se estén refiriendo a Mercurio y no a Venus.

Dennis Tedlock [cit. por Milbrath, 1999: 214] considera que en el *Popol Vuh*, Mercurio se manifiesta como un búho; en realidad hay cuatro búhos, dos de los cuales pueden estar asociados a su aspecto matutino y los otros dos al nocturno. En esta advocación, el planeta es el mensajero del inframundo o del Xibalbá, pues pasa mucho tiempo por debajo del horizonte sin ser visible. Para Milbrath [1999: 216], las interpretaciones del *Popol Vuh* sugieren que Mercurio es una figura subsidiaria, un ave nocturna, considera al igual que Tedlock, que Mercurio es un mensajero en forma de ave del inframundo. Así que, en las imágenes del período Posclásico, cuando Chaac parece estar asociado con un búho, es posible que se haga referencia a Mercurio de manera sutil con un adorno de plumas en el tocado de Chaac. Es así como Mercurio puede ser un búho cornudo o ave Moan en la cabeza del Dios L, que expresa la estrecha relación entre Venus y Mercurio la cual se remonta al periodo Clásico. Mercurio también se pudo haber representado como un búho que manifiesta un pájaro de guerra asociado a Tláloc en las representaciones del período Clásico. En las páginas 43 y 45 del *Códice Dresde*, Chaac

porta un tocado con plumas de búho, para Milbrath [1999: 215] es un claro vínculo con Mercurio.

DERECHA

El dios Chaac porta un tocado con plumas de búho en el *Códice de Dresde*, página 43 superior y en la página 45 inferior. ¿Acaso es un vínculo con el planeta Mercurio? Adaptación del autor a la figura 5.9a de Milbrath [1999: 200].



Por otra parte, Förstemann [cit. por Velásquez, *et al*. 2011: 138] identificó iconográficamente un supuesto signo de Mercurio en las bandas celestes; éste estaría formado por el del Sol, al cual se le dibujaron dos líneas de trazo discontinuo que unen transversalmente los cuatro vértices de la grafía solar. Si la identificación de Förstemann fuera correcta, estas líneas cruzadas podrían denotar la trayectoria del planeta en la cercanía de los rayos solares. Förstemann opinaba que en los textos mayas el logograma de Mercurio podría corresponder a una figura humana desnuda, en cuclillas y con una especie de aureola de puntos. Esta figura aparece reiteradamente en los códices junto a cuentas del *tzolkin* y del calendario solar de 365 días. Aunque ningún especialista de la actualidad parece avalar las interpretaciones de Förstemann, tampoco han podido identificar algún signo que represente fehacientemente a Mercurio.

Kelley [cit. por Milbrath, 1999: 215] vincula a Mercurio en el *Códice de Dresde* con la tabla que ocupa las páginas 69 a la 73, aunque no identifica un glifo en particular para este planeta su criterio se centra en las cifras que asocia con sus intervalos sinódicos. Más aventurada resulta su propuesta de considerar que en la página 69 el Chaac negro que emerge de una serpiente emplumada pueda ser una advocación de Mercurio.

Resta mencionar para concluir este breve apartado sobre Mercurio, que según Milbrath [1999: 214] el planeta es mencionado por su nombre europeo en algunas fuentes del período virreinal como *Chilam Balam de Maní*,[154] donde se le asocia desde la astrología con la enfermedad, la muerte, el robo, la deuda, y la embriaguez, se dice que controla también la salud de los pulmones.

5.5.5.2 Venus

Venus es el cuerpo celeste más brillante del cielo después del Sol y la Luna. Por eso ha sido venerado desde la antigüedad; su presencia siempre ha estado vinculada al Sol porque anuncia su salida y precede su puesta, por eso fue el planeta más significativo para las culturas de Mesoamérica, por su ambivalencia matutina y vespertina representa la pugna y armonía de los contrarios. Venus se manifiesta en deidades de signos opuestos que entran en oposición dialéctica como el Sol *versus* la Luna aliada con las estrellas. Para Mercedes de la Garza [2014], hay dos deidades que asumen las fuerzas opuestas en armonía, son Ometéotl, "dios dos", la deidad suprema de la religión náhuatl, y la otra es el planeta Venus, que se conforma por los hermanos gemelos Quetzalcóatl y Xólotl. Quetzalcóatl, dios de la estrella de la mañana, de la luz, del cielo y de la vida, es la parte opuesta a Xólotl, la estrella vespertina, de la oscuridad, el inframundo y la muerte. Bien percibían los sabios mesoamericanos que se trataba de un solo astro con dos manifestaciones, de tal suerte que como deidad lo reconocían como Tlahuizcalpantecuhtli: el señor en la aurora, de *tlahuizcalli*, aurora; pan, en; y *tecuhtli*, "señor", en la mitología mexica representaba la energía del amanecer, Señor de la Estrella del Alba, el planeta Venus como una manifestación de Quetzalcóatl. Pero también como Tláloc, tal y como se aprecia en la almena de Tlahuizcalpantecuhtli, una escultura de tecali[155] teotihuacana que remataba arquitectónicamente un edificio y que según el estudio semiótico de Jesús Sánchez [2017], representa tres caudales de agua que emanan de un rostro de Tláloc dentro de una estrella radiante, que se interpreta con Venus, en una clara asociación entre el agua celeste que es la lluvia y la aparición matutina de Venus.

ABAJO

La almena teotihuacana de Tlahuizcalpantecuhtli, como Venus con atributos hidráulicos de lluvia relacionados con Tláloc.



154 *Chilam Balam de Maní*, proviene del pueblo homónimo ubicado al suroeste de Yucatán, solar del famoso linaje de los xiu, legendarios gobernantes de la gran ciudad arqueológica de Uxmal. Fue recopilado por el filólogo y erudito yucateco Juan Pío Pérez alrededor de 1838, es decir, una copia del original o tal vez una síntesis de los originales, que pudieron ser cuatro.

155 Es una variedad de piedra ónix muy parecida al mármol.



ARRIBA

En el *Códice Borgia*, lám. 65, apreciamos a Xólotl como un can antropomorfo que porta como distintivo en el pecho el *ehecacozcatl* un caracol cortado transversalmente.

Venus en su aspecto de Xólotl, transporta al Sol por la tarde y lo acompaña por la noche por el inframundo, es un recorrido cotidiano por el reino de la muerte donde el espíritu del perro *xoloitzcuintli* adquiere gran relevancia simbólica, pues también acompaña a los hombres por el Mictlán. En la lám. 65 del *Códice Borgia*, Xólotl porta un pectoral el caracol cortado,[156] símbolo de Quetzalcóatl, para mostrar que es el aspecto nocturno de Venus y que su función es conducir al dios solar a las profundidades del inframundo. En las fuentes mayas no hay evidencia de un dios perro como Xólotl, pero en algunas representaciones en códices se indica un significado semejante al de Xólotl; por ejemplo, la del *Códice de Dresde*, pág. 40b, se representa a un perro desprendiéndose de una banda astral con el signo de Venus, y que lleva en sus patas delanteras una antorcha, como símbolo del fuego solar. Además, en el *Popol Vuh*, Venus aparece primero en el cielo anunciando la salida del Sol recién creado, y en un mito de los kekchí y mopanes en los actuales territorios de Belice y Guatemala se relata que Venus es el hermano del Sol y que delante de él corre un perro.

Por ser el gemelo oscuro de Quetzalcóatl, Xólotl fue deidad de los gemelos, por lo que estuvo relacionado con todo lo doble, como el molcajete de doble extremo conocido como *texolotl*. Y por su significado de oscuridad e inframundo era patrón de los hechiceros por lo que se transfiguraba en guajolote, *huexolotl*. En su aspecto canino es obligado reconocer al *xoloitzcuintle*, el perro endémico de Mesoamérica, asimismo como especie endémica es el *axolotl* (*Ambystoma mexicanum*) el extraordinario anfibio con propiedades extraordinarias. Por su dualidad Xólotl es el patrono del decimoséptimo signo de los días, *ollin*, movimiento, formado por dos bandas entrelazadas que simbolizan la armonía de contrarios que produce el movimiento. Igualmente, se le menciona en el mito cosmogónico del Quinto Sol relacionado con Nanahuatzin.

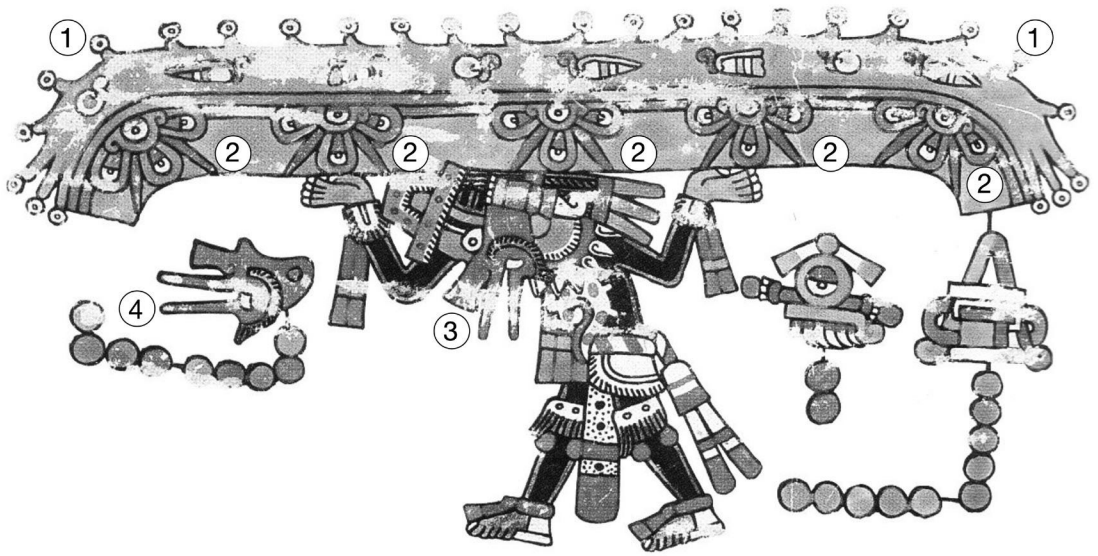
Quetzalcóatl es una de las divinidades fundamentales de Mesoamérica, durante el Preclásico era una deidad relacionada con la fertilidad; durante el Posclásico fue patrono de los comerciantes, los sacerdotes y el gobierno. Aparece bajo múltiples advocaciones, según la región o la época. Lo mismo es el dios del

156 Se trata del *ehecacozcatl* o joyel del viento. Este distintivo era resultado de un corte transversal de un molusco de gran talla del género *Strombus*, el corte destacaba los nódulos y la columela de la concha de una forma tan particular que se volvió el distintivo de Ehécatl y Quetzalcóatl. El caracol era cortado transversalmente a la altura de la espira, parte que separa el cuerpo y el cono o cabeza del animal; conservando las protuberancias de ésta, semejaban los picos de una estrella.

viento, que de la vida, de la mañana, que el planeta Venus e incluso un héroe legendario. Existen distintos mitos en los que Quetzalcóatl es protagonista: se dice que ayudó a obtener el maíz y el maguey para los hombres recién creados. En las narraciones del Posclásico el dios se confunde con el personaje histórico, como gobernante de Tula, y se convierte en un héroe cultural que representa la sabiduría y el ascetismo. Quetzalcóatl era muy importante, al menos en dos aspectos: uno, como la "Serpiente Emplumada", correspondiente en el plano cósmico al planeta Venus; creador y benefactor del hombre, era considerado a la vez como hombre y como héroe cultural. El otro, como Ehécatl, la deidad del viento una de sus advocaciones más conocidas. Mientras que la representación de Quetzalcóatl era la de un rostro humano que se asoma entre las fauces de una serpiente emplumada, la de Ehécatl consistía en una figura de hombre, a menudo de cuerpo entero, que porta una máscara bucal de ave de tamaño considerable [Ségota, 1995], la articulación de todos esto elementos distintivos se resume extraordinariamente en dos códices donde Quetzalcóatl carga el cielo: en la lámina 47 del *Códice Vindobonensis*, con la advocación de "Señor 9 Viento"; y como Ehécatl, en el *Códice Borgia* lám. 51.[157]

ABAJO

Quetzalcóatl como el Señor 9 Viento sostiene las aguas celestiales en la lámina 47 del *Códice Vindobonensis*. Se destaca en la imagen: 1) banda celeste con elementos acuáticos, 2) cinco glifos de Venus, 3) el personaje porta máscara de ave, y 4) nombre calendárico del personaje como Chicnahui Ehécatl (9 Viento).



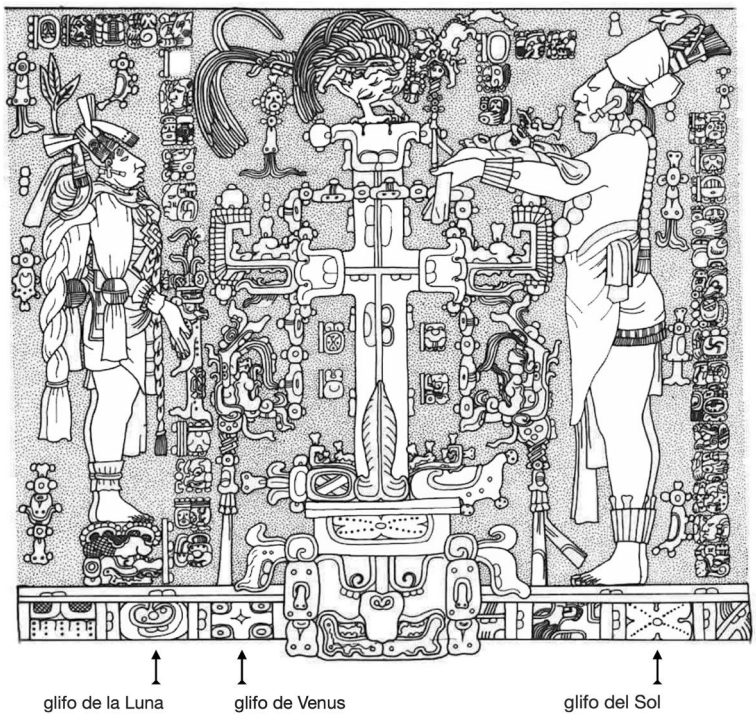
La relación de Venus con Quetzalcóatl se remonta siglos antes de la época tolteca, según Florescano [1993] esta relevancia del planeta era tal, que simbólicamente que se hacía coincidir el nacimiento de algún gobernante con la primera aparición de

157 Si el lector desea adentrase en el tema iconográfico de Venus, recomiendo dos lecturas básicas Šprajc [1996] y Márquez [2019].

Venus como Estrella Vespertina. Así sucedió por ejemplo en el siglo VII d. C. con el rey Pacal, donde se advierte una temprana manipulación astronómica con el objetivo de vincular el nacimiento del rey con la primera aparición de Venus como Estrella Vespertina. ¿Qué se lograba con este acomodo? Se lograba la transformación del individuo mortal en un ser divino trascendental. Más tardíamente, los toltecas y los mexicas asumieron la desaparición terrestre del legendario Ce Ácatl Topiltzin Quetzalcóatl, con el nacimiento de la Estrella Matutina.

DERECHA

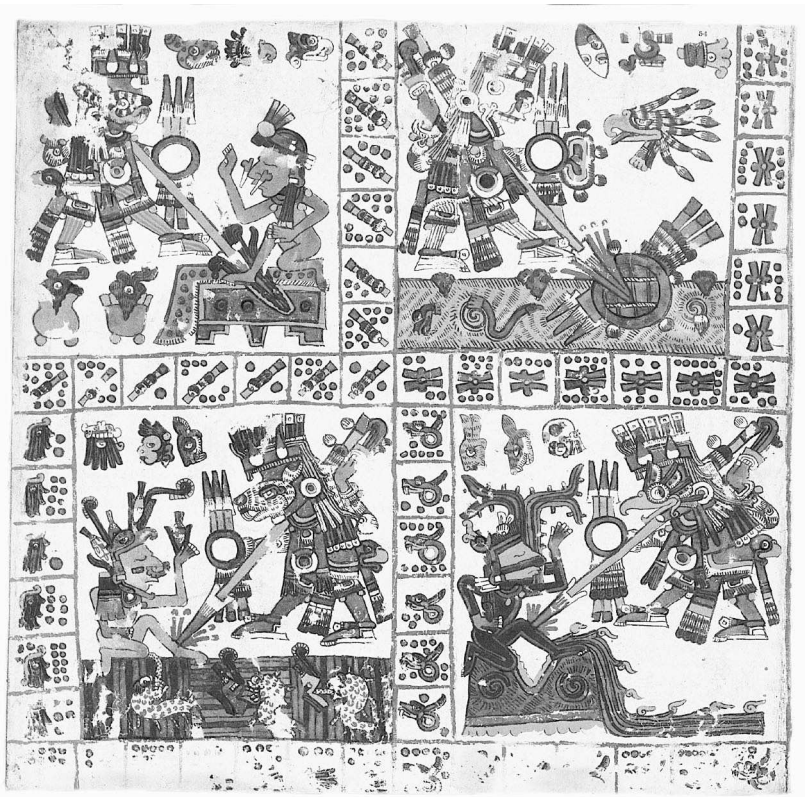
Tablero de la Cruz en el Templo de la Cruz en Palenque. La escena muestra un rito que, en honor del dios GI, realizó K'inich Kan B'ahlam a la izquierda, el día de su entronización el 7 de enero de 684 d. C., a su derecha el rey Pacal, quien ya había fallecido, pero se representa como imagen sacralizada que transmite la autoridad al nuevo gobernante. Una banda con signos astronómicos en los que se destaca la Luna, Venus y el Sol asume que el evento transcurre en las alturas celestes.



Venus como Estrella Matutina en los códices del Altiplano, específicamente en los del grupo Borgia, se exhibe como Tlahuizcalpantecuhtli atacando con flechas, este es un aspecto que recuerda su atributo de cazador según la tradición proveniente de los pueblos del norte [Soustelle, 2004: 79] y de deidad bélica.[158] Para Alfonso Arellano [2001] el planeta Venus anuncia y produce desgracias en determinados días del calendario de 260 días, Venus aparece en el firmamento, al cabo de sus dos periodos de invisibilidad para lanzar sus dardos sobre la Tierra provocando sequías, la pérdida de las sementeras, y la muerte de personas y animales tanto seres comunes como simbólicos. Las flechas que dispara a sus víctimas simbolizan los penetrantes rayos de luz

158 Se considera que son cinco las advocaciones guerreras asociadas al Dios L y Venus entre los mayas: Diez Cielos, Señor del Amanecer, Hermoso Señor del Año, Día de las Sandalias y Señor Uno Caña.

que emite el planeta en los momentos posteriores a su salida helíaca [Šprajc, 1996:76].



IZQUERDA

Códice Borgia, lámina 54, Venus como flechador en cuatro escenas que presentan cuatro de sus variantes como Tlahuizcalpantecuhtli. Šprajc [1996: lám. 4] sugiere que se trata de una Tabla de Venus. Por otra parte, como en los *Anales de Cuautitlán* se apunta que Venus se proveyó de flechas los 8 días que pasó por el Mictlán antes de su salida heliaca.

Representaciones del aspecto aciago de Venus se registran en los códices *Dresde* y *Cospi*, los rasgos infaustos de Venus persisten hasta después de la Conquista como se aprecia en los *Anales de Cuautitlán* que, aun sin corresponder al Área Maya, demuestra la importancia belicosa de Venus en la cosmovisión mesoamericana. Estos azares, como ya se apuntó, se acentuaban durante las primeras apariciones de Venus como lucero de la mañana, en las denominadas Tablas de Venus[159] y en otros documentos e iconografías se destaca este momento a tal grado que se consideró que las salidas heliacas después de la conjunción inferior eran los fenómenos venusinos realmente importantes. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que también Venus fue relevante como Estrella de la Tarde, cuando desaparece en la conjunción inferior al inframundo [Šprajc, 1998:11].

Retomando el punto sobre las Tablas de Venus, cabe mencionar que en el *Códice de Dresde*, uno de los cuatro escritos mayas

159 La fecha base de la Tabla de Venus según Šprajc [1999: 60] corresponde al día 13 de diciembre de 1129 d. C. cuando coincidieron en su salida heliaca de manera conjunta los planetas Venus y Júpiter después de su período de invisibilidad.

que sobrevivieron a la Conquista,[160] se proporcionan evidencias concretas sobre el período sinódico de Venus que en el documento registran 65 eventos, sin duda el período sinódico era un aspecto que concentraba la atención de los astrónomos mayas pues era fundamental para ellos conocer el ciclo de Venus y entonces establecer los augurios para prevenir pertinentemente la labor agrícola y la convivencia social. Recientemente se ha incorporado al acervo documental maya el *Códice Maya de México* (Grolier) que registra el período sinódico de Venus y sus respectivos agüeros, al parecer es el más antiguo de todos los documentos mayas pues data del período Posclásico temprano, elaborado entre los años 1024 y 1154 d. C., mientras que el *Dresde*, *Madrid* y *París* son posteriores al año 1350 d. C. Un repaso completo de la Tabla de Venus resume, perfectamente, las cifras exactas de los ciclos de Venus, el año de 365 días o *haab* y el calendario ritual de 260 días denominado *tzolkin*; su disposición garantiza que la fecha de celebración del ascenso matinal helicoidal del planeta, tras la conjunción inferior, siempre será el día 1 Ahau. Sin embargo, como se apuntó en la página 54 de este volumen, el cálculo de los sabios mayas apuntaba a períodos canónicos y no necesariamente a observaciones astronómicos, pues era de relevancia ajustar lunaciones, períodos de Venus y eclipses a aspectos rituales.

ABAJO

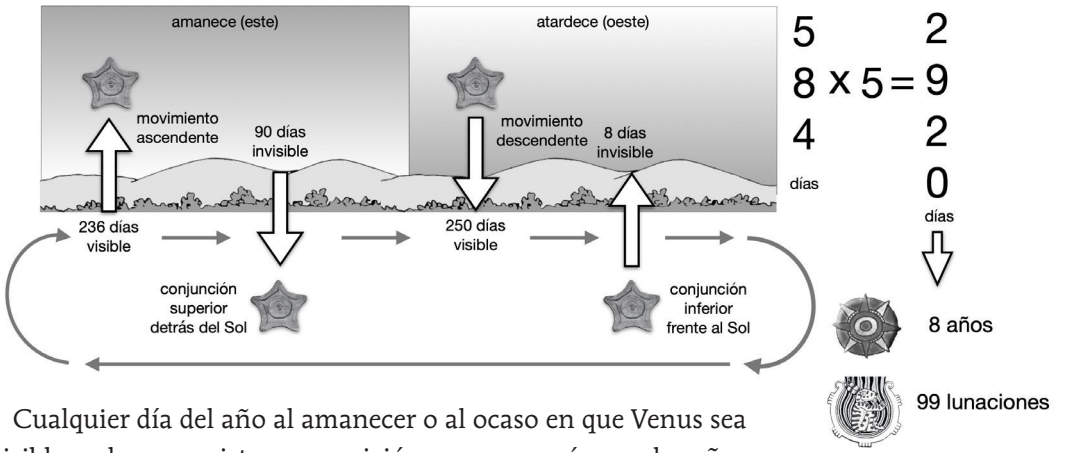
Tabla de Venus en el *Códice de Dresde*. La primera página de la izquierda es la número 24, se considera que servía para actualizar los cálculos a manera de ajuste, de tal suerte que la tabla siempre estaba vigente; además, el augurio de la página alude a la aparición de Venus como estrella matutina el 30 de agosto de 3120 a. C. *st.n.*, se alude entonces a un cómputo que toma como fecha de inicio de la era el 13 de agosto de 3114 a. C. *st.n.* Prosiguen las páginas 46 a 50, estas cinco páginas consecutivas muestran la misma estructura, cada una señala el número de días que concuerda con el período sinódico de Venus: 236, 90, 250 y 8. Para detalles sobre la tabla véase Šprajc [1996: 50 y ss.] y las ediciones especiales de la revista *Arqueología Mexicana*, números 67 y 72.



Desde 1904 Seler destacaba que el ciclo ritual de cada ocho años estaba relacionado con Venus; así también en 1953 Al-

160 Han llegado hasta el presente cuatro códices previos al contacto con Occidente, se trata de libros eruditos que preservan el acervo astronómico y religioso de los mayas, se trata del *Códice de Dresde*, el *Códice Madrid*, el *Códice París* y el *Códice Maya de México* (Grolier) de sólo 11 páginas recientemente documentado como verdadero en 2018. Esencialmente estos documentos tratan sobre el calendario de 260 días y las tablas astronómicas de la Luna (eclipses), Venus y Marte.

fonso Caso, advertía que los antiguos nahuas celebraban cada 8 años solares que correspondía a 5 períodos sinódicos de Venus, una gran ceremonia en honor de este dios en su calidad de Señor del Año, fray Diego Durán apunta desde el siglo XVI: *auia de ocho en ocho años renouacion o reidificacion deste templo y a la renouacion le sacrificauan vn yndio con otras muchas cerimonias idolatricas para ianugurar sus casas*. En efecto, cinco períodos sinódicos promedio de Venus resultan en 2920 días (584 × 5 = 2920), que corresponde a 8 años vagos (365 × 8 = 2920) o 99 períodos sinódicos de la Luna (99 × 29.5 = 2920). Así que ocho años después de una fecha determinada se volverá a ver a Venus en la misma posición en el cielo. Esto no debe confundirse con el período sinódico que sólo comprende el ciclo de visibilidad e invisibilidad del planeta. Ejercicios de este tipo se han realizado con iTiO en Xochitécatl (en este volumen, pág. 147) y en Huexotla más recientemente.



ARRIBA

El período sinódico de Venus, según la Tabla de Venus del *Códice de Dresde*, infografía del autor.

Cualquier día del año al amanecer o al ocaso en que Venus sea visible podemos registrar su posición y veremos cómo ocho años después regresa exactamente al mismo punto en el cielo; el mejor momento para registrar la posición de Venus o de cualquier astro es justamente cuando aparece sobre el horizonte oriente al amanecer, o cuando se oculta sobre el horizonte poniente al ocaso, tomando siempre como referencia algún aspecto conspicuo del paisaje como la cima de una montaña o con cierto componente arquitectónico como lo hicieron los mayas con las jambas de las ventanas y accesos del edificio de El Caracol en Chichén Itzá, también denominado "El observatorio". En todos los casos, el punto de partida es mantener siempre el mismo punto de observación para así poder comparar sistemáticamente las posiciones de uno o varios astros durante un año o durante períodos de tiempo aún más largos. Por ejemplo, en el caso que nos ocupa con Venus, la sincronía que determinó el calendario mesoamericano es magnífica si consideramos la coincidencia

cada ocho años de la posición del Sol con Venus y su articulación de ambos con la misma fase de la Luna, aunque la Luna no esté en la misma posición.[161]



ARRIBA

Maravillosa sincronía de los tres cuerpos más luminosos del cielo aprendida de los antiguos eruditos de Mesoamérica, infografía del autor.

En el Altiplano Central me resulta significativa la relación entre el solsticio de invierno y el planeta Venus. Sucede que periódicamente, durante el solsticio de invierno, cuando el Sol levantaba al amanecer sobre el horizonte en su máxima declinación al sur, es antecedido por el planeta Venus que asciende por el mismo rumbo azimutal por el que el Sol lo hará minutos después. En otras palabras, Venus y el Sol al amanecer del solsticio de invierno en determinados años salen por el mismo punto en el horizonte, uno después del otro: primero Venus y luego el Sol. Este fenómeno en términos astronómicos se define como una conjunción. La conjunción del Sol con Venus durante el solsticio de invierno ocurre cada cinco períodos sinódicos de Venus, que como ya se apuntó corresponde a ocho años, así que no es un evento anual, sino un suceso extraordinario que debió ser significativo para los sacerdotes-astrónomos del México antiguo, que observaban sistemáticamente los cambios en la bóveda celeste, de alguna manera debieron otorgarle a este hecho un valor ritual y un significado trascedente en su cosmovisión para que formara parte de su argumentación religiosa. Cabe apuntar que en un año se registran cuatro conjunciones de Venus con el

161 A manera de ejemplo, las notaciones mayas presentan una estimación de la duración del mes lunar, pues intercalaban lunaciones de 29 y 30 días, ya que no operaban cálculos con fracciones, pues el período sinódico de la Luna es de 29.5 días.

Sol con valores inferiores a 15 minutos de arco de separación,[162] las cuales no corresponden al solsticio de invierno, pero si a otras fechas que difieren entre si anualmente, de cualquier forma, no es un suceso común porque de esas cuatro conjunciones, el planeta sólo es visible en dos ocasiones durante el amanecer y una durante el ocaso.

Es necesario advertir al lector que en la literatura especializada sobre arqueoastronomía mesoamericana no contamos con sustento para argumentar que la conjunción de Venus y el Sol durante el solsticio de invierno estableciera algún ritual o ceremonia religiosa. El apunte es meramente circunstancial, porque es obvio que no pasó desapercibido este fenómeno para los astrónomos mesoamericanos que eran tan meticulosos observadores del cielo. Hace años, cuando dedicaba mis esfuerzos al estudio astronómico del sitio arqueológico de Cacaxtla [véase Montero, 2009b: 298 y 2011a: 164], encontré que para el siglo VIII d. C. al amanecer del día del solsticio de invierno, Venus levantaba sobre el horizonte en la misma posición azimutal sobre la que el Sol ascendería horas después, algo extraordinario que sólo ocurría cada ocho años en la antigüedad, e insisto en la antigüedad, porque en lo que va del actual siglo XXI, tuvimos conjunciones para los solsticios de invierno en los años 2001, 2009 y 2017, pero Venus no fue visible en plenitud entendidos los cambios propios de la dinámica orbital del planeta que actualmente presenta valores mínimos en su elongación[163] que hace difícil observarlo a simple vista, más aún con una atmosfera tan adversa por la contaminación lumínica y del ambiente.

Por encargo de la alcaldía de Iztapalapa atendí temas propios de la arqueoastronomía para la demarcación en el año 2021,

162 He tomado como útil cifras inferiores a 15´ (minutos de arco) en la inteligencia de que el diámetro angular referencial para el Sol es de 30´, así que un valor inferior a 15´ permite ubicar la posición de Venus en el horizonte dentro del espacio por el que pasará el disco solar.

163 La elongación es la distancia angular entre un planeta y el Sol visto desde la Tierra. Cuando los valores son menores a 10º, la observación de Venus se dificulta porque la luminosidad del Sol opaca al planeta, si el valor angular disminuye aún más entonces apunta a su mínima elongación oeste durante el amanecer; caso contrario es cuando el planeta visualmente se aleja del Sol y aumenta el ángulo dirigiéndose a su máxima elongación que puede alcanzar hasta 47º. El planeta por lo general es brillante en el cielo aún con una atmósfera adversa después de los 30º de elongación. Cabe mencionar que cuando Venus orbitalmente se encuentra cercano a la Tierra, y si coincide en ese momento con su máxima elongación y su fase de iluminación alcanza más de un 75 %, junto con condiciones atmosféricas favorables es posible apreciar a Venus cuando culmina, y alternativamente durante la noche apreciar una tenue sombra por la luminosidad de Venus. Por cierto, los valores de máxima y mínima elongación son aplicables también durante el ocaso, a esto se denominan máxima y mínima elongación este de Venus.

resultando significativo el caso de Mexicalzingo,[164] porque desde el centro ceremonial prehispánico es posible ver la salida del Sol sobre el Cerro de la Estrella o Huizachtépetl para el solsticio de invierno, así que no dudé en atender su posibilidad de conjunción con Venus, suceso que fue notorio durante el siglo VIII d. C. cuando la elongación fue mayor, y también entre los siglos X al XV d. C. y no tanto en la actualidad.

Xochipilli,[165] deidad relacionada con la creación del Sol, el culto a los antepasados y los linajes era preponderante en la cosmovisión mexica, era venerada especialmente en la región lacustre y chinampera de Chalco-Xochimilco en la cuenca de México. En su articulación con Cintéotl, el dios de maíz, algunos investigadores consideran que Xochipilli y Cintéotl pueden considerarse como la misma deidad, pues ambos personifican los frutos de la tierra, el maíz y las flores. Ambas deidades comparten como atributo característico el cetro con un corazón ensartado, llamado en náhuatl *yollotopilli*, que es el alimento que exigió la Tierra a cambio de beneficiar a la humanidad con sus frutos. Cintéotl es por lo tanto un equivalente conceptual de Xochipilli, a Cintéotl se ligaba de forma directa con el culto del maíz y lo más importante con el caso que nos ocupa con el planeta Venus [Olmedo, 2018: 28-29].

Resulta interesante que Cintéotl presente una asociación teológica con Venus y que esta fuera conmemorada en el México antiguo cada ocho años durante la fiesta ritual mexica denominada Atamalcualiztli [Graulich, 2009: 360]. Cintéotl fue engendrado de la unión entre Piltzintecuhtli y Xochiquetzal, se trata de un mito de transgresión sexual que sucedió en una cueva que puede identificarse con Tamoanchan, especie de paraíso original de donde procedían los dioses [Olmedo, 2018: 28], Tamoanchan es también un lugar de origen de donde salieron diversos grupos étnicos a poblar en distintas regiones [Uchmany, 1978: 216]. Para Graulich [2009: 359], la transgresión de Tamoanchan tuvo como consecuencia la aparición de Venus-Maíz, el dios que hizo emerger la tierra, celebrado cada ocho años durante la ya mencionada fiesta de Atamalcualiztli.

164 La palabra *mexicaltzingo* es de origen náhuatl: *mexi*, contracción de mexica, del dios *Metztli* o *Mexitli*, una advocación de Huitzilopochtli; también como *mexicatl*, mexicanos; *tzin* o *tzintli*, reverencial o diminutivo; *cal* o *calli*: casa y *co* (go): lugar. Mexicaltzingo significa: "la casa pequeña del dios Metztli", otras traducciones pueden son: "la casa pequeña de los mexicanos" o "México chiquito".

165 Xochipilli, traducido como "Señor de todas las flores", fue engendrado por la pareja divina formada por el dios solar denominado Piltzintecuhtli y por Xochiquétzal, la joven diosa de la Tierra.

El análisis de la fiesta de Atamalcualiztli representada en el *Códice Matritense del Palacio Real de Madrid, Primeros Memoriales*, folio 254 r, permite a Manuel Morales [2010: 128] interpretar diferentes aspectos del ritual, de ellos resalta el que corresponde a Venus:

> [...] la fiesta se hace cada ocho años y que en el himno de Atamalcualiztli consignado por Sahagún[166] se menciona que Quetzalcóatl aparece en la aurora, es decir en su advocación de Tlahuizcalpantecuhtli, "Señor de la aurora", Venus. La fiesta quizá se celebraba por tanto cuando coincidía el ciclo de Venus con algún momento específico...

Ya en su oportunidad Graulich [2009: 367-368], apuntaba sobre la relación entre los períodos sinódicos de Venus y el ritual de Atamalcualiztli celebrado cada ocho años, asumiendo que corresponde a cinco períodos sinódicos de Venus. En su disertación busca esclarecer en que fecha del calendario solar sucedía la celebración de Atamalcualiztli considerando las variaciones que aporta el año bisiesto que desfasó el momento primordial en que había de celebrarse Atamalcualiztli. Así que originalmente, durante varios siglos -propone- cayó durante la veintena de Ochpaniztli concordante para el siglo VII d. C., pero para el siglo XVI d. C., por el desfase mencionado sucedió en la veintena de Tlaxochimaco. Sea cual sea la fecha correcta, el texto de Graulich es relevante porque nos ayuda a sustentar la importancia del período de ocho años desde el análisis calendárico, aunque el autor no se sustenta en la astronomía posicional que considero es determinante.

Ahora bien, considerar cinco períodos sinódicos de Venus es sin duda un hecho relevante, porque tal vez la advocación de Xochipilli como Macuilxóchitl, que se traduce como "Cinco Flor", corresponda de cierta manera a este suceso. Sobre todo, porque Macuilxóchitl[167] está asociado con el amanecer y de esta manera lo podría estar con el ascenso heliaco del planeta. Entonces, ¿es posible una relación entre Cintéotl y Macuilxóchitl? al menos una si en el *Códice Borgia*, láminas 15 y 54, donde ambas advocaciones comparten elementos

166 Manuel Morales [2010: 128] se refiere a la *Historia general de las cosas de Nueva España*, de fray Bernardino de Sahagún, pp. 153-155, edición de 1975 de Editorial Porrúa, con anotaciones y apéndices de Ángel María Garibay.

167 Macuilxóchitl es el "Sol Niño", se le asocia con el amor, los juegos, la belleza, la danza, la música, el canto, la poesía, las flores, el maíz, el placer, las artes y la ebriedad sagrada, se le consideraba portador de buenos augurios.



ARRIBA

Detalle de uno de los tableros de la Plataforma de Venus en Chichén Itzá, se destaca en la parte superior el símbolo de año con la letra "A", por debajo se representa un atado de años "B" rodeado por 8 círculos que refieren a 8 años; a la izquierda el símbolo de Venus con la letra "C", complementa la alegoría una cuerda "D" que implica la atadura de tiempo para un período de 2920 días que resulta de multiplicar 365 × 8 años que es igual a 584 × 5 períodos sinódicos de Venus.

ABAJO

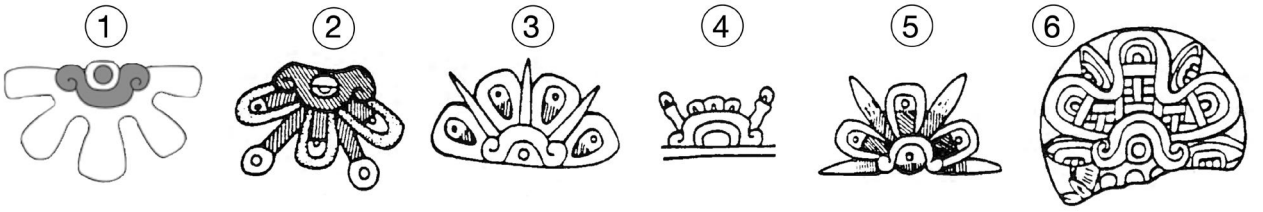
El glifo de Venus como media estrella con cinco vértices: 1) Cacaxtla, pintura mural; 2) *Códice Feyérváry- Mayer*, pág. 25; 3) Palacio IV de Mitla, Oaxaca, 4) Templo de los Jaguares de Chichén Itzá, 5) *Códice Viena*, pág. 13, 6) disco de piedra azteca. Adaptación del autor a una ilustración de Iván Šprajc [1996: 154].

iconográficos similares con rectángulos tripartitos en sus rostros, resta por demostrar si la correlación teológica es más amplia que la simplemente iconográfica. Así también Tlahuizcalpantecuhtli suele tener cinco manchas blancas que representan estrellas, una en cada mejilla y otra en la frente, la nariz y la barbilla. Uno de los primeros ejemplos de Tlahuizcalpantecuhtli en el arte es una pintura rupestre en Ixtapantongo del siglo X d. C.

Esta relevancia del cinco también la encontramos en la Plataforma de Venus en Chichén Itzá, ha quedado magníficamente expresado en piedra este concepto aritmético donde se representa junto al signo de Venus un atado de años con la grafía característica de una "A" entrelazada que es el símbolo de año. La rodean precisamente ocho círculos que indican el número de años de 365 días que resultan en 2920 días [Jesús Galindo, comunicación oral, 2012].

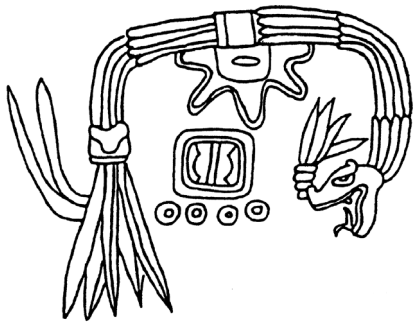
El glifo de Venus se conoce como tal desde hace muchas décadas, pero apenas los estudios recientes han descubierto que el prototipo de este diseño Postclásico fue el ornamento de media estrella, que con mucha frecuencia aparece en la iconografía teotihuacana del Clásico. Este motivo a veces representa la estrella completa y otras veces sólo la mitad, pero casi siempre tiene un ojo o círculo en el centro y cinco puntas que podría ser una alusión a los cinco períodos sinódicos de Venus que constituyen el ciclo de ocho años que venimos apuntando.

Estrellas de cinco puntas son diseños comunes en las representaciones teotihuacanas del Dios de la Tormenta, se trata de un contexto en el que prevalece la vigorizante agua de lluvia como líquido vital que reaviva la naturaleza. Venus hace crecer las plantas alimenticias y condiciona la abundancia agrícola. Esta es la dicotomía de Venus en su sentido positivo y no sólo el perjudicial y catastrófico lanzando dardos y flechas desde el cielo. Venus en su aspecto vespertino traía lluvias y buenas cosechas, así que no sólo era destructor sino también dador de vida, alegoría de la fertilidad y regulador del orden cósmico.



Otra representación interesante de cinco puntas de Venus es la que apreciamos en el monolito de Maltrata, es una iconografía notable porque articula tres criterios relevantes: 1) el sentido de Quetzalcóatl como serpiente emplumada; 2) el símbolo de

Venus como una estrella de cinco puntas adosada al cuerpo de la serpiente emplumada, que como cuerpo celeste por su posición da sentido a la composición de Venus-Quetzalcóatl en el cielo; 3) la fecha calendárica 4 Ollin, atañe a 4 Movimiento que nos remite al mito cosmogónico de la creación del Quinto Sol, la era en que vivimos según la Leyenda de los Soles[168] donde se detalla que 4 Ollin es el Sol de Quetzalcóatl, mientras que en el *Códice Vaticano A*, se admite que durante 4 Ollin, Quetzalcóatl desapareció de en el mar.



IZQUIERDA

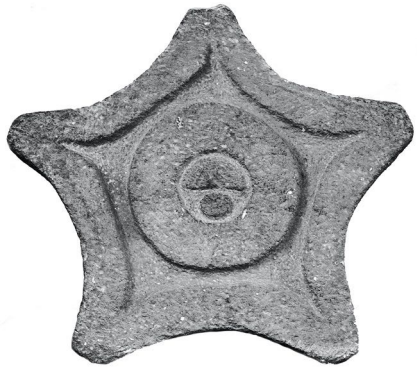
También con cinco aspas el monolito de Maltrata, donde está grabada la fecha 4 Ollin al centro, rodeando la fecha con su cuerpo una serpiente emplumada que es Quetzalcóatl, de la que cuelga un símbolo de Venus idéntico al que se encuentra en la Estela 2 de Xochicalco y que fue común en la iconografía del Postclásico.

En el Altiplano nahua, Venus está relacionado con el frío, acaso será uno de los sentidos que da nombre a la montaña más alta de México que es el Pico de Orizaba, porque al majestuoso volcán se le conoce como Citlaltépec, el Monte de la Estrella. Parece ser una clara asociación de la montaña con Venus como la estrella más resplandeciente del firmamento, que de acuerdo con varios datos es el dios Itztlacoliuhqui, divinidad del frio y el hielo según los códices *Telleriano-Remensis* y *Vaticano A*, Itztlacoliuhqui es una estrella en el cielo meridional que después del equinoccio de otoño resplandecía, justamente cuando se celebraba la fiesta de Ochpaniztli. Según Iván Šprajc [1996:144], Venus puede verse en el cielo meridional sólo si es estrella de la tarde antes del anochecer, después desaparece, fenómeno que en náhuatl se denominaba *citlalcholoa*, que significa la estrella que huye o salta, cuando Venus destacaba por su brillo se le denominaba *citlapol* o *Huei citlalin*, la estrella grande o *totonametl*, que significa resplandeciente.

Para los mayas, Venus era conocido como Xux Ek, la estrella avispa, asociaban la similitud de los ataques de las avispas con sus aguijones con los momentos perjudiciales en que Venus ata-

ABAJO

Representación de Venus en una escultura procedente de Teotenango como una estrella de cinco picos con un ojo estelar al centro, "el ojo de Venus".



168 Dos ciclos de 52 años forman un *huehuetiliztli* (ancianidad), es decir, 104 años. Para algunos investigadores los fuegos nuevos se organizan en un paquete de veinte ciclos, que corresponde a 1040 años, a su vez este ciclo al multiplicarse por cinco alcanza un período de 5200 años, que corresponde a una era mitica denominada "Sol".

caba con saetas a los habitantes de la Tierra, también asumían que el revoloteo irregular de la avispa era como el movimiento de Venus en el cielo. De igual manera, era conocida con los nombres de Noh Ich, el Gran Ojo, Chac Ek, la Estrella Roja, y Ahzah Kab Ek, la Estrella que Despierta a la Tierra, todos estos denominativos incumben a diversos aspectos observacionales de Venus, entre los mayas el glifo de Venus lo forma una especie de M redondeada con una incrustación de un par de círculos concéntricos en los dos espacios cóncavos de la M [Galindo, 1994].

DERECHA

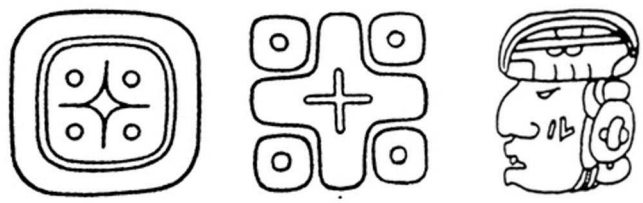
Símbolo maya de Venus como una letra "M" redondeada.



En el calendario maya Venus está asociado al número 12, el cefalomorfo que evoca este número, incorpora en su diseño los elementos del glifo para cielo. En la página 47 del *Códice de Dresde* y en el *Chilam Balam de Chuyamel* se consigna le existencia de una divinidad venusina llamada Lajun Chan, que supone un vínculo con el segmento fonético *laj chin* "doce". Lajun Chan destaca su nariz larga, la falta de mandíbula inferior y las costillas prominentes, en su cabeza porta un tocado con el glifo de Venus, por la forma de tomar el lanza dardos, cabe suponer que se trata de un individuo zurdo.

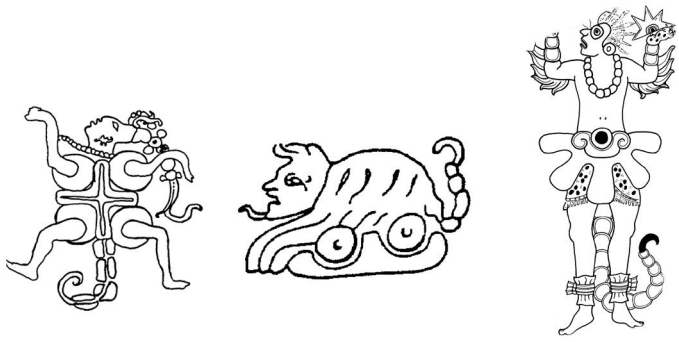
DERECHA

Representaciones mayas de Venus: a la izquierda y centro como logográmas; a la derecha como una cabeza que corresponde al número 12, se trata de un celafaloformo calendárico que procede de Palenque.



En cuanto a la personificación de Venus, destaca la decoración de un plato ritual extraordinariamente ornamentado del período Clásico procedente de Copán, que tiene como motivo central un personaje que se identifica con el Dios del Maíz, lo sugestivo es que presenta una cola de escorpión o metasoma. Mientras que en el Grupo Monjas de Chichén Itzá también se decoró sobre un glifo de Venus a un personaje con cola de escorpión. Así mismo, podemos enfatizar que en los murales de Cacaxtla de igual forma se concibió a un individuo con los atributos de ese animal y de la estrella donde destaca su aguijón en color negro. Šprajc [1996: 113] considera que la cola del escorpión es un icono que vincula a la estrella con la lluvia y el maíz. Al parecer las asociaciones pluviales del escorpión son manifestaciones ves-

pertinas de Venus, la lectura del glifo de la segunda columna de nombres de deidades de la página 46 del *Códice de Dresde* es, probablemente, *sinan* "escorpión" en maya yucateco, esta columna corresponde a los fenómenos de la estrella de la tarde. Como Estrella de la Tarde se anticipa a los solsticios, alcanzando los extremos de su desplazamiento por el horizonte antes que el Sol.



IZQUIERDA

Venus se asociaba con el escorpión y el jaguar. En la figura de la izquierda representado en un plato maya del período Clásico procedente de Copán como Dios del Maíz; al centro tenemos un personaje que presenta barba y cola de escorpión sobre el glifo de Venus en el edificio Las Monjas en Chichén Itza; a la derecha personaje pintado en la subestructura III del Palacio de Cacaxtla, período Epiclásico.

En Cacaxtla encontré una relación original que sucede cada ocho años que articula a Venus con la constelación de Escorpión para el solsticio de invierno [Montero: 2012c: 123], véase en esta entrega la pág. 147. La asociación del alacrán, Venus y Chaac está en estrecha relación con el comienzo de las lluvias. Šprajc [1998: 43] señala que, en las Tierras Bajas del Sur, los extremos máximos norte de Venus, como estrella de la tarde, coinciden exactamente con el primer paso anual del Sol por el cenit, a principios de mayo, cuando el astro diurno se desplaza hacia el norte. Ambos fenómenos astronómicos coinciden con el comienzo de las lluvias, temporada en que el Sol se mueve en la parte septentrional de la bóveda celeste.

Para Iván Šprajc, los pueblos mesoamericanos prestaron atención a la posición extrema de Venus, percibiendo su permanente concomitancia con las estaciones del año:

> Particularmente interesantes son los extremos de la estrella de la tarde: ocurriendo entre abril y junio (extremos norte) y entre octubre y diciembre (extremos sur), aproximadamente coinciden con el inicio y el fin de la época de lluvias en Mesoamérica. Observaciones más precisas deben haber revelado que un extremo norte-sur en cada ciclo de ocho años es más grande que otros; la significación especial de estos extremos máximos, atestiguada en alineamientos arquitectónicos, puede explicarse con el hecho de que siempre ocurren alrededor del 3 de mayo y 3 de noviembre y, por lo tanto, delimitan la temporada de lluvias con mayor precisión que los demás extremos. También otras orientaciones, que probablemente se refieren a los puntos

> de salida y puesta del Sol, indican la importancia de estas fechas: los días alrededor del 3 de mayo y 3 de noviembre son registrados por las orientaciones de la llamada "familia de 17°", muy comunes en la arquitectura mesoamericana (Aveni, 2001: 234; Šprajc, 2001); estas orientaciones están desviadas aproximadamente 17° al norte del oeste o, visto de otro modo, al sur del este. Datos etnográficos, de nueva cuenta, ayudan a entender el significado de estas fechas: los días alrededor del 1 de noviembre (Todos los Santos, Fieles Difuntos), introduciendo el tiempo de la cosecha, son fiestas importantes entre los indígenas actuales. Aun más solemne es la celebración de la fiesta de la Santa Cruz, el 3 de mayo, cuando se realizan los rituales de petición de la lluvia [...].
>
> *Cfr.* Šprajc[169]

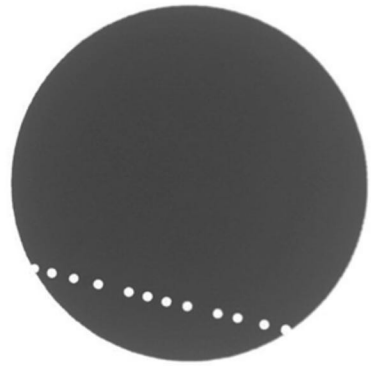
El tránsito de Venus es un fenómeno también significativo en términos rituales y no sólo astronómicos. El pasado 6 de junio de 2012, a partir de las 17:00 horas se pudo admirar por tres horas cómo Venus pasó dentro del Sol, antes del ocaso. Fenómeno que, por cierto, no volverá a suceder según el catálogo de la NASA hasta el año 2117; a grandes rasgos el tránsito ocurre según un patrón que se repite cada 243 años, de la siguiente manera: 105 → 5 → 8 → 121 → 5 → 8 años, aunque este esquema no es el único posible para un ciclo de 243 años, debido a la ligera discrepancia en los momentos en que la Tierra y Venus llegan al punto de conjunción. Antes del año 1518 d. C., los patrones de los tránsitos eran de 8 → 113 → 5 → 121 → 5 años, y los ocho lapsos entre tránsitos antes del ocurrido en el año 546 a. C. fueron de 121.5 años. Para Jesús Galindo [2010: 49], en un mural ubicado en la pirámide principal de la zona arqueológica de Mayapán en Yucatán, se conmemora el tránsito de Venus. En la pintura se destaca la representación de unos soles grandes, amarillos, con rayos rojos; dentro de cada Sol aparece un personaje descendiendo ricamente ataviado. Cada disco solar está enmarcado y custodiado por dos personajes armados con lanzas. Para Galindo [*op. cit.*], se trata de la representación de Venus pasando frente al disco solar. La excavación arqueológica del sitio determinó que la pintura fue realizada entre los años 1200 a 1400 d. C., durante los cuales sucedieron cuatro tránsitos de Venus. Por lo tanto, este fenómeno fue significativo, y para algunos, el tránsito de

169 En línea para el 10 de noviembre de 2013 para el Centro de estudios mexicanos y centroamericanos <http://books.openedition.org/cemca/1260>

Venus marca la apocalíptica fecha 13.0.0.0.0 de la cuenta larga y no el solsticio de invierno del año 2012 como pregonaban la mayoría de los místicos del apocalipsis maya.

Así que los frescos de Mayapán marcan el tránsito de Venus sucedido el 8 de junio del año 1275 d. C., cuando Venus atravesó el disco solar y pudo ser observado durante la puesta gracias a la baja atmósfera derivada de un horizonte plano que sirvió de filtro para atenuar la luminosidad, permitiendo reconocer a Venus frente al Sol.

Finalmente, cabe mencionar que Venus, al igual que la Luna, también presenta fases. Galileo fue el primero en descubrir que Venus presentaba fases como la Luna, argumento que apoyaba la Teoría Heliocéntrica.



ARRIBA

Aspecto de la trayectoria del tránsito de Venus por el Sol para el 6 de junio del año 2012. Este fenómeno se produce cuando el Sol, Venus y la Tierra están alineados, es como un eclipse.

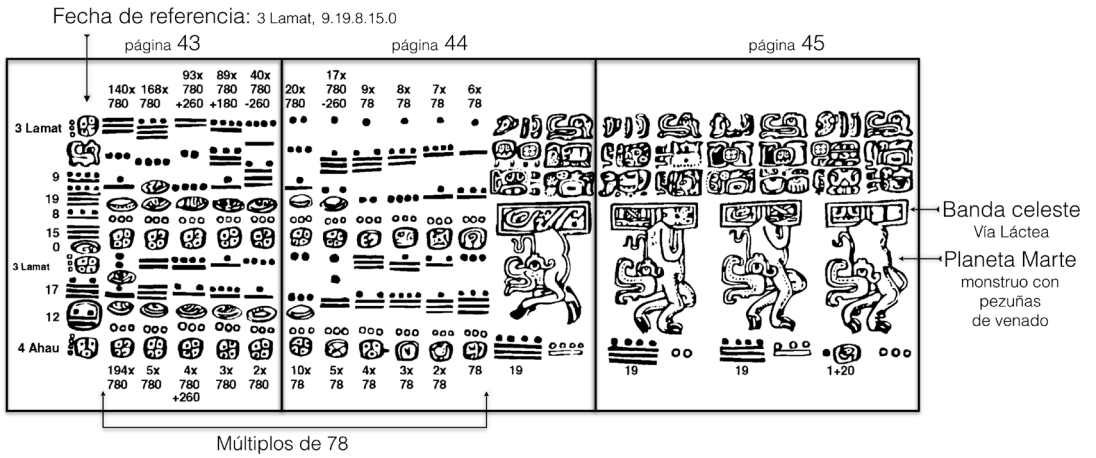
5.5.5.3 Marte

Marte es un cuerpo muy luminoso en el cielo nocturno, los mayas debieron identificarlo plenamente haciendo un registro detallado de sus movimientos. Su intensidad luminosa se incrementa cuando se encuentra en oposición formando la línea Sol-Tierra-Marte. Su período sinódico comprende 660 días de visibilidad más 120 días de invisibilidad, que resulta en 780 días; esta coincidencia con 3 períodos de 260 días, es decir 3 veces un *tzolkin* o un *tonalpohualli*, lo hizo significativo para los pueblos mesoamericanos.

Cuando Marte sale después del ocaso, se le ve en lo alto del cielo de medianoche, como un objeto rojo brillante, está en su punto más cercano a la Tierra. A medida que se desplaza al este, Marte es visible como una estrella vespertina. Gradualmente pasan los días y se le puede ver salir por el horizonte después del ocaso. Posteriormente presenta un período de 120 días de invisibilidad para verlo resurgir débilmente en el cielo de la mañana adelante del Sol. Posteriormente cobra brillo poco a poco, a medida que día con día sale progresivamente más temprano hasta que finalmente se le ve a medianoche. Finalmente, el planeta es una prominente estrella vespertina situada en lo alto del cielo, cerca del meridiano celeste del observador. Marte completa su ciclo con un movimiento retrógrado de 73 días con respecto a las estrellas, parece detenerse y regresa hacia el poniente finalmente, reanuda su desplazamiento normal de poniente a oriente. Ese desplazamiento en sentido contrario ocurre siempre que la Tierra rebase a Marte en su órbita [Aveni, 1991].

En el *Códice de Dresde*, entre las páginas 43 a la 45, algunos expertos consideran que podemos encontrar información sobre

Marte contenida en una tabla. En ella se capturaron múltiplos de 78 días, una cantidad cercana al movimiento retrogrado de Marte, también hay cifras que denotan lapsos de 780 días que suponemos destacan el movimiento sinódico del planeta. Sin embargo, la cantidad de 780 días también se presenta como múltiplo de 260 días asociados al *tzolkin*; en otro espacio de la misma tabla la cantidad 552 hace su presencia, quienes consideran que esta es una *Tabla de Marte* no dudan en afirmar que corresponde al número de días tiempo que tarda Marte en su conjunción con el Sol hasta llegar a su órbita.



ARRIBA

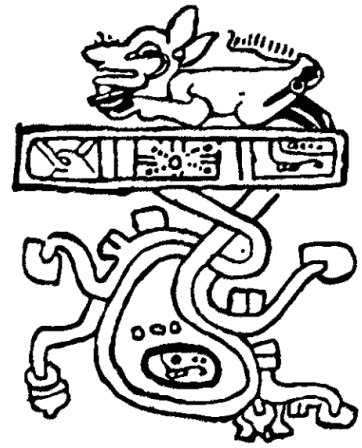
Tabla de Marte, *Códice de Dresde*, páginas 43 a la 45. Se destaca a la izquierda en numeración maya los múltiplos de 78. La fecha de referencia (extrema izquierda) para esta tabla es 9.19.8.15.0, 3 Lamat, que corresponde al 11 de marzo del año 819 d. C., *st.n.* Adaptación del autor a la figura 6.1 de Milbrath [1999].

De los valores aritméticos propios de la astronomía, la iconografía en este segmento del códice presenta un ser fantástico que en la literatura especializada se detalla como un monstro con pezuñas de venado caracterizado por una estilizada trompa que cuelga de una banda conformada por simbolismos celestes que representa a Marte [Galindo, 1994: 87]. Para los especialistas, este personaje zoomorfo vincula a Marte con el calendario a partir de un enunciado alegórico que denota al mes *zip*, cuando se realizaba la cacería de estos mamíferos. El mes *zip* en su glifo es representado por un venado, el análisis del texto glífico adjunto a este glifo se lee como el verbo *ch'akah* -cortar- acción que se asocia a cortar y rasgar los cielos como forma de rayo. Los especialistas no dudan en indicar que este extraño personaje semejante a un mamífero que bien puede ser un venado, un pecarí, o un tapir con pezuñas y hocico retorcido hacia arriba se refiera a un tema propio de la agricultura y la cacería, donde Marte fuera un referente para sincronizar estas actividades. Esta connotación entre Marte y un venado también se registra en las páginas 40 y 47 del *Códice Madrid*, donde se representan ciervos vinculados a bandas celestes. Este venado celeste, sugiere así una conexión con un relato del *Chilam Balam de Chumayel* que

describe al ciervo como "un enlace con el cielo". Para Milbrath [1999: 222 - 223], esta acción podría referirse al movimiento retrógrado del planeta.

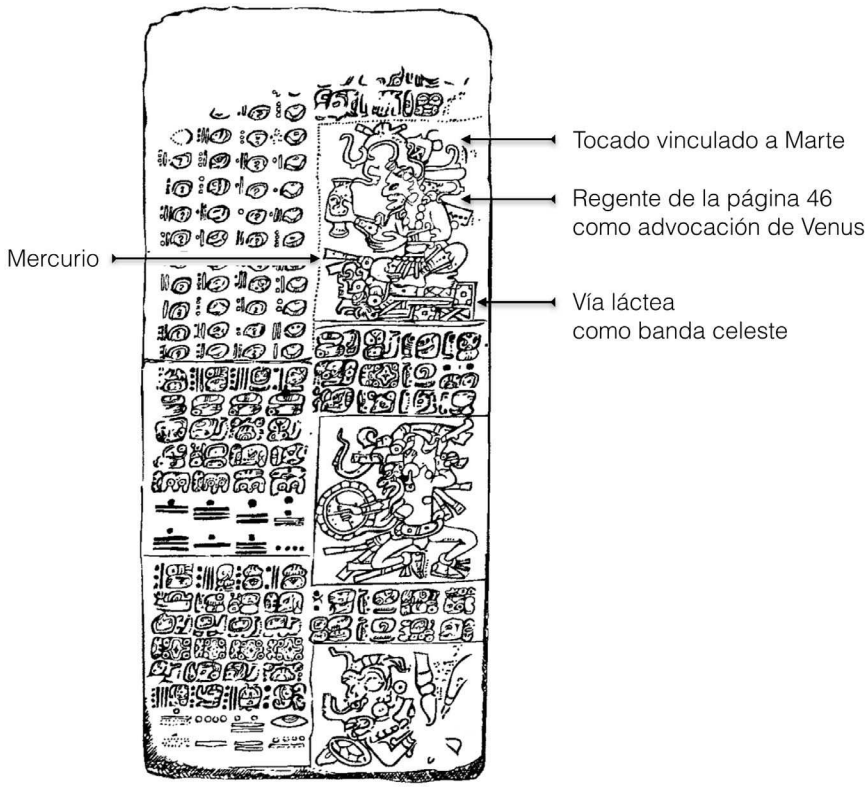
El venado celeste bien podría representar, como lo afirma Milbrath [*op. cit.*] un modelo que vincula la banda cielo con el lugar que ocupa Marte cuando cruza la Vía Láctea. Parece que Marte cruza la Vía Láctea para traer la lluvia durante su movimiento retrógrado. En el *Códice de Dresde*, por debajo de las páginas 44 y 45 encontramos horizontalmente los números 19, 19, 19, y 21 con textos glíficos asociados del almanaque que parecen referirse a los fenómenos meteorológicos, sugiriendo el movimiento retrógrado del planeta conectado de alguna manera con los cambios de clima. Thompson [cit. por Milbrath, 1999: 221] señala que "hay buenas razones para creer que esta bestia es un símbolo de la lluvia o, posiblemente, de algún planeta o constelación considerado como un emisor de lluvia".

Por otra parte, cuando Marte cruza la Vía Láctea, también puede estar relacionado con los eventos de Venus. En la página 46 del *Códice de Dresde*, una banda de cielo sirve de trono para un dios anciano que llevaba un tocado que se asemeja al monstruo de Marte. Esta representación se correlaciona con la fecha 19 de enero del año 1221 d. C., cuando la estrella de la mañana se levantó con Marte en movimiento retrógrado en el borde de la Vía Láctea, en ese momento, Mercurio también estaba cerca de la Vía Láctea, y tal vez esta es la razón por la banda del cielo tiene una cabeza de búho adjunto que nos recuerda a Mercurio [Milbrath, 1999: 222].



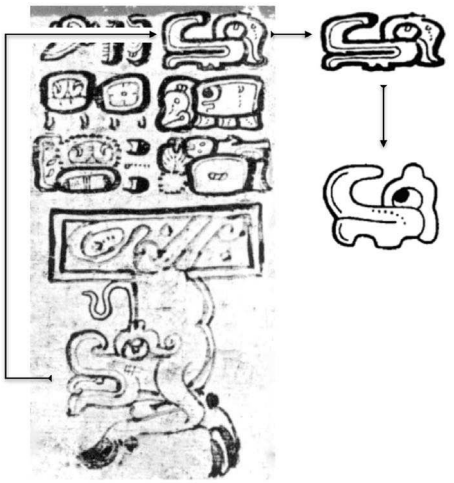
ARRIBA

Un venado sobre una banda celeste personifica a Marte en el *Códice Madrid*, página 47 según Milbrath [1999: 221].



IZQUIERDA

El Dios L en una advocación de Venus como Estrella de la Mañana es el regente de la página 46 del *Códice de Dresde*, lleva en su tocado una representación de Marte según Milbrath [1999: 164].



ARRIBA

El glifo T-0794 en el *Códice de Dresde*, muestra la cabeza de un pecarí o un tapir que en ocasiones se vincula con Marte [Macri y Vail, 2009: 41].

En la página 44 del *Códice de Dresde*, Marte se presenta como un ojo, es una estrella que se asemeja a los símbolos centrales de las estrellas del Altiplano Central de México, en sí, todos los seres fantásticos que en la literatura especializada se denominan monstruos, presentan un hocico distintivo como lo vemos en el glifo T-0794. Cabe mencionar que glifos de Marte también aparece en las inscripciones mayas del período Clásico asociadas al calendario como en Palenque, en el Templo de las Inscripciones donde se advierte la adhesión de Pacal II a Marte, también en el Templo del Sol, donde Marte está emparejado con el dios GIII de la tríada de los dioses de Palenque en los textos referentes al nacimiento del Sol en el pasado distante. También hay representaciones de Marte en Tikal en el dintel 2 del Templo IV, al parecer está asociado a los linajes de los gobernantes [Milbrath, 1999: 223]. Según Velásquez, *et al.* [2011: 138] algunos mayistas sospechan que el de Marte puede ser otro signo que está presente en las bandas celestes y que tiene la forma de una cabeza de serpiente con el hocico retorcido hacia arriba.

Algunos autores consideran que los astrónomos mayas, además de registrar los períodos sinódicos de los planetas y la Luna, atendieron con perspicacia las conjunciones planetarias, un ejemplo se puede encontrar en la página 68 del *Códice de Dresde*. Bricker y Bricker [1989, cit. por Galindo, 1994] identifican una conjunción de Marte y Venus, poco antes de la salida del Sol, el 16 de diciembre del año 949 d. C. ambos planetas surgieron cercanos entre sí, pues del glifo de Venus dentro de una banda celeste aparece suspendido el monstruo de Marte.

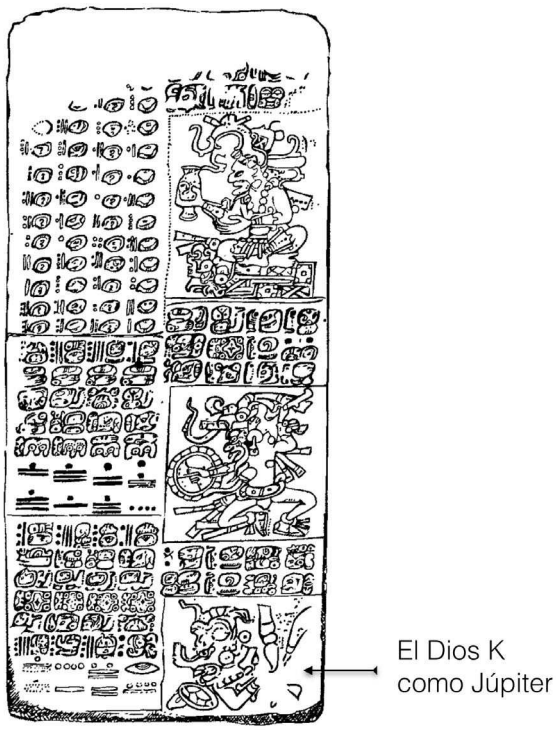
5.5.5.4 Júpiter

Júpiter es el más grande y brillante de los tres planetas superiores, puede ocupar cualquier parte de la eclíptica o encontrarse oculto detrás del Sol. No ocurre como con Venus o Mercurio, que por tener sus órbitas más cerca del Sol, que la de la Tierra, solo los podemos ver en dirección al astro sin alcanzar el cenit.[170] Dado su brillo, Júpiter es visible a simple vista como una estrella redondeada y de color pálido, siendo el segundo planeta más luminoso después de Venus. Su período sinódico es

170 Ambos planetas pueden ser visibles más allá del amanecer durante un eclipse de Sol. Algunos aseguran que Venus puede verse tenuemente en su paso por el meridiano cuando alcanza su máxima luminosidad al 75% o cuando está en su mayor elongación (distancia del Sol). Lamentablemente no pudímos registrar esta posibilidad el pasado el 28 de marzo de 2022 en su elongación y el 22 de mayo del mismo año en su fase mayor.

de 398.9 días, y su período retrógrado en promedio ocupa 120 días; desaparece de la vista por un mes, algo así como 32 días en promedio, después es visible de nuevo por aproximadamente 367 noches, así que sus movimientos se pueden relacionar con el año solar. Durante este período pasa alrededor de 250 días en desplazamiento normal hacia delante; los 120 días restantes, tiene un movimiento retrógrado, 60 a cada lado de la oposición, tiempo durante el cual brilla con mayor intensidad. Cada subida heliaca sucesiva de Júpiter se produce alrededor de un mes más tarde, esto coloca a Júpiter en un grupo estrellas diferentes cada año, hasta que finalmente se completa su ciclo sideral en 4,332.5 días, un poco menos de doce años [Aveni, 1991: 106].

En la página 46 del *Códice de Dresde*, según Milbrath [1999: 164], a Júpiter se le representa como el Dios K, en su caracterización de víctima cuando está en movimiento retrógrado y en oposición a Venus como Estrella de la Mañana para la fecha 19 de enero de 1221 d. C.

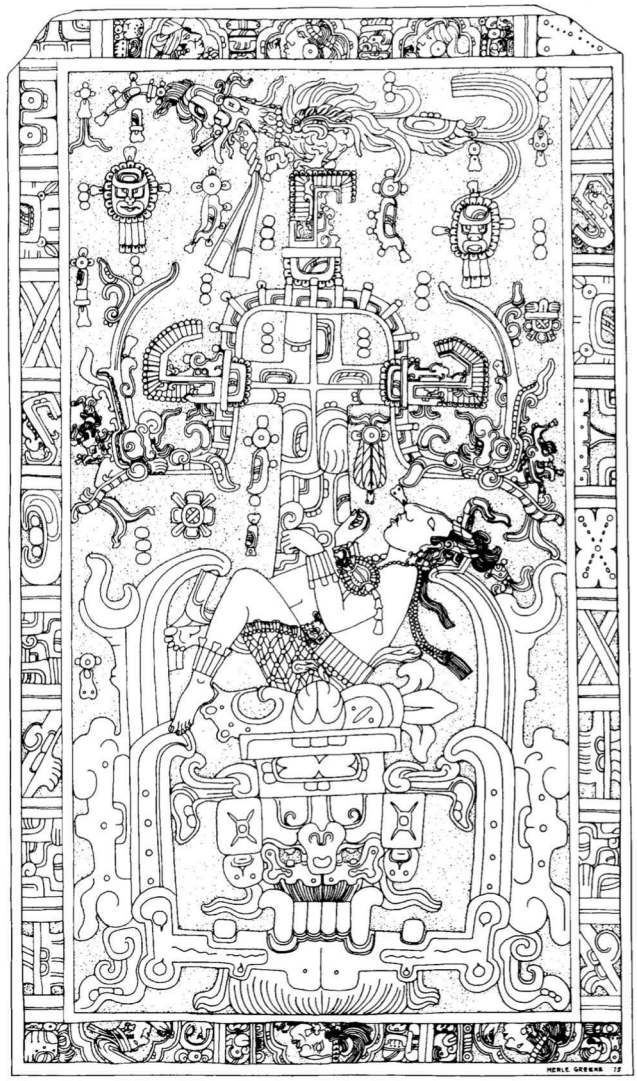


IZQUIERDA

El Dios K en su advocación de víctima como Júpiter en la página 46 del *Códice de Dresde* para Milbrath [1999: figura 5.3a].

La tabla que ocupa las páginas 61 a la 62 del *Códice de Dresde* es considerada frecuentemente como la tabla del período sinódico de Júpiter, aunque es necesario advertir que no posee los múltiplos introductorios indispensables para realizar las correcciones necesarias, como sucede con la tabla venusina. Los llamados "Números Serpiente" de las páginas 61 y 62 del *Códice de Dresde* muestran elementos numéricos dispuestos verticalmente en

las ondulaciones de las serpientes con diferencias que apuntan al intervalo de invisibilidad de Júpiter [Galindo, 1994: 88-89]. Förstemann según Velásquez, *et al.* [2011: 138] interpretó incorrectamente el logograma *ak' ab'*, 'noche' como el característico de Júpiter, concluyendo que los mayas debieron de haber aproximado el período sinódico de Júpiter, de 398.867 a 398 jornadas enteras. Es posible que en ciertas ocasiones los mayas se fijaran en el ciclo sinódico de este planeta para marcar acontecimientos políticos como sucede con las fechas de nacimiento, entronización y apoteosis de Kan B'ahlam II (684 - 702 d. C.) de Palenque[171] que coinciden con el movimiento de Júpiter como lo demostró Lounsbury, aunque los textos acompañantes no aluden de forma clara a las posiciones del planeta [Velásquez, *et al.*, 2011: 138].



DERECHA

La apoteosis de Pacal II como Dios K tuvo lugar cuando Júpiter surgió como Estrella de la Mañana para el año 683 d. C. como se representa en la lápida del sarcófago del Templo de las Inscripciones en Palenque, según Milbrath [1999: lámina 10]. Pacal "entró en el camino" cerca del árbol estelar en la región de la constelación de Escorpión representada como una serpiente esquelética; en la base las estrellas de la constelación de Sagitario marcan el punto más meridional de la eclíptica para la Vía Láctea en invierno.

171 Sucesor de Pacal II.

Júpiter parece ser el planeta primordial de los gobernantes en la región de Palenque y Yaxchilán. De hecho, después de su muerte, el rey Pacal II fue transformado en un dios relacionado con Júpiter, en una apoteosis que lo lleva al cielo como lo apreciamos en la Lápida del Sarcófago en el momento de su liberación de las fauces de la Tierra, en el instante mismo de su resurrección, en su ascenso al cielo como el Lucero del Alba [Milbrath, 1999: 228-229].

No sólo Pacal II, también otros gobernantes en la cultura maya se transformaron al momento de su muerte en algún planeta, viajaron en un camino que los llevaba por la Vía Láctea hasta llegar a su morada celestial, así se derivaba el poder de los gobernantes en su conexión con el orden celeste [Milbrath, 1999: 11].

Thompson encontró [*cit*. por Galindo, 1994: 88] en la escalera jeroglífica en Naranjo, Guatemala, que se representaban lapsos separados por 397 días, lo cual siguiere una relación con el período sinódico de Júpiter; además, registró en el mismo sitio arqueológico, intervalos que involucran momentos relevantes entre Venus y Júpiter, pues 28 períodos sinódicos de Venus resultan en 16,352 días un lapso muy cercano a 41 períodos sinódicos de Júpiter con 13,359 días. Por su parte Förstemann [cit. por Velásquez, *et al.*, 2011: 138] concluye de sus interpretaciones iconográficas que el glifo *akbal* que asemeja las fauces de un animal es característico de Júpiter.



IZQUIERDA

El glifo *akbal* (T-0504), interpretado en ocasiones como Júpiter [Macri y Vail, 2009: 146].

Entre los relatos más contemporáneos del planeta, Susan Milbrath [1999: 25] encuentra entre los tzotziles de San Pablo Chalchihuita, que lo identifican como la *Estrella Domingo* acaso como Santo Domingo, en Zinacantán, a Júpiter se le conoce como el *Anciano hermano* o *Estrella principal*.

5.5.5.5 Saturno

Es importante señalar que Saturno es el más lejano de los planetas conocidos a simple vista, por lo tanto no es luminoso. A pesar de ello, los puntos estacionarios y sus movimientos retró-

grados estrechamente relacionados con los ciclos de otros planetas como Júpiter fueron significativos culturalmente.

El tiempo para completar una revolución sinódica parece disminuir para los planetas más alejados del Sol. Saturno, apenas se mueve unos pocos grados en su órbita alrededor del Sol antes de que la Tierra le haya ganado una vuelta. Así que su período sinódico de 378.1 está relativamente próximo a un año terrestre como lo es el caso de Júpiter. Es visible por la mañana o por la noche por 353 días y desaparece por 25 días en promedio. Su período retrógrado es de unos 140 días. Saturno tiene 29.45 años para hacer un circuito por el cielo, su ciclo sideral es de 10,758.9 días.

Algunos autores consideran que los astrónomos mayas no sólo anotaron períodos planetarios, sino también fechas en las que sucedieron conjunciones planetarias como ya se mencionó. Como se sabe, los planetas giran alrededor del Sol sobre un plano imaginario llamado eclíptica. Vistos desde la Tierra, todos los planetas se notarán también sobre una línea, pues la eclíptica se ve de canto. Lo llamativo de una alineación es cuando dos, tres o todos los planetas son visibles a simple vista pueden observarse cercanos entre sí, sobre todo cuando la Luna no está en la cercanía.

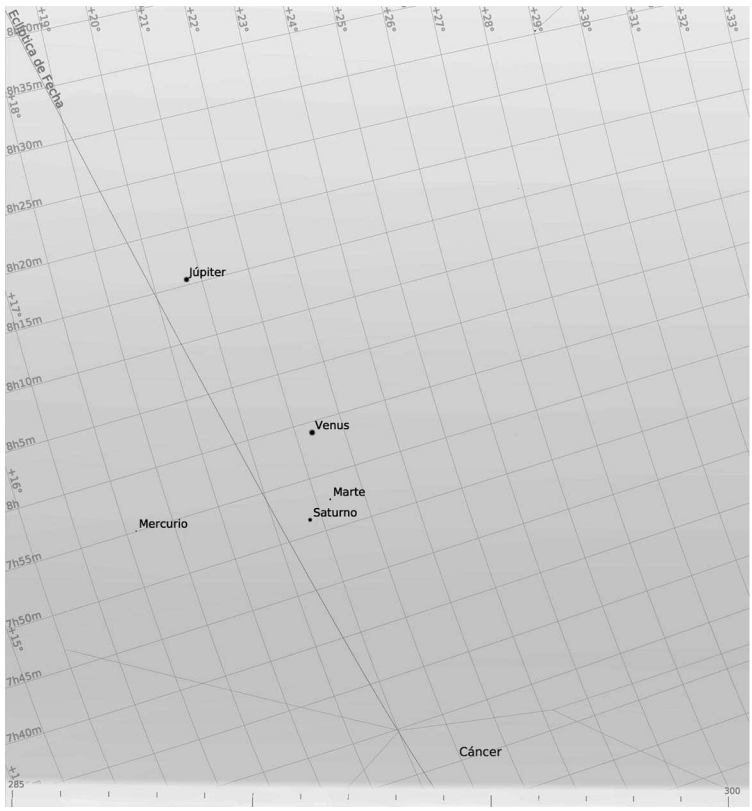
La conjunción de Júpiter y Saturno sucede aproximadamente cada 20 años, es un lapso que ocupa 7,198 días, su proximidad con el valor de un *katún* de 7200 días invita a una correlación entre la Cuenta Larga maya y el período de conjunciones de estos planetas.[172] Sin embargo, el ciclo de conjunciones no es coincidente con un *katún* para períodos largos de tiempo. No obstante, esta disparidad, Milbrath [1999: 230] hace notar que habría sido notable para la cultura maya que al final de un *katún* se diera una conjunción entre Júpiter y Saturno. En las conjunciones entre Júpiter y Saturno, Júpiter es el actor dinámico del escenario, haciendo giros alrededor de Saturno que se mueve más lentamente, entendido así, es posible que durante las ceremonias de entronización representadas en el *Códice París* en que se ofrecía una cabeza del Dios K, este sea una advocación de Júpiter. Cada tres *katún*, aproximadamente cada 59 años, se esperaría que el evento de conjunción sucediera en la misma posición del cielo.

Jean Meeus [cit. por Velásquez, *et al.*, 2011: 139], calculó los agrupamientos de los cinco planetas visibles de noche con una

172 Saturno también puede ser el Dios K, porque articúla la relación entre Júpiter y Saturno en su papel de un *katún* según Milbrath [1999: 234].

separación máxima de 10º, entre los años 1 al 5000, y encontró que la conjunción más cercana sucedió el 25 de junio de 710 d. C. al ocaso, cuando los planetas se encontraban dentro de un ángulo de apenas 5º 41'. Debió la de ser algo espectacular. Esa fecha fue registrada por los mayas en la Estela 23 de Naranjo, en el noreste de Guatemala; sin embargo, la inscripción jeroglífica no menciona el fenómeno astronómico. Se puede reconocer la Cuenta Larga con la fecha 19 de marzo de 710. En el mismo texto de la estela se indica un número de distancia de 97 días a partir de la fecha inicial, lo que conduce, con el ajuste adecuado para considerar la hora local, a exactamente la fecha calculada por Meeus. Los mayas observaron la alineación poco después de la puesta solar, sobre el horizonte poniente. Por desgracia, la estela sólo menciona que el 19 de marzo el gobernante de Naranjo fue a la guerra e incendió la ciudad de Yaxha', mientras que el 25 de junio, los huesos y el cráneo del señor de Yaxha' recientemente fallecido fueron desenterrados y aparentemente tirados en una isla.

Dos año antes de cerrar este capítulo, felizmente fuimos testigos de la espectacular conjunción entre Júpiter y Saturno que alcanzó su máximo acercamiento el 21 de diciembre de 2020, fue tal su proximidad que parecía verse una sola estrella, por ello se trató al evento como el regreso de la Estrella de Belem [véase Montero, 2020c], un acercamiento tan espectacular que no se veía desde hace 794 años.



IZQUIERDA

Conjunción planetaria extraordinaria registrada en la Estela 23 de Naranjo, acontecida el 25 de junio del año 710 d. C. al ocaso unos días después del solsticio de verano.



arriba

Efigie del Dios K, recientemente hallada durante los trabajos del "Tren Maya" en el tramo 7 de Escárcega a Chetumal en el mes de abril de 2023.

A lo largo del presente texto se ha mencionado repetidamente al Dios K, este numen ocupa un lugar destacado en las referencias sobre Marte, Júpiter y Saturno, ahora toca su vínculo con un número. Se trata de la cifra 819, en la cuenta del ciclo de 819 días, y por lo tanto con Júpiter, pues las inscripciones de 819 días parecen estar relacionadas con eventos de Júpiter y Saturno desde el período Clásico según se deduce por inscripciones de esa época [Milbrath, 1999: 233]. David Wood [comunicación oral, 2015] denota que esta relación se desprende de considerar que la diferencia entre los períodos sinódicos de Saturno y Júpiter que resulta en 21 (399 - 378 = 21), al multiplicarse por 39 se obtiene la cifra 819 (21 × 39 = 819). Por su parte, el número 819 hace conmensurable el período sinódico de Saturno pues 378 ÷ 6 es igual a 63 y 63 × 13 = 819. Pues como demostró Eric Thompson [cit. por Quiñones, 1988: 59] el producto más elevado con el factor 13, al multiplicarlo por 63 obteniendo la cifra 819, número que se descompone de los factores: 9 × 91, 7 × 117, 3 × 273 y 7 × 9 × 13, destacando los números 7, 9 y 13 como de gran importancia simbólica. Por su parte, Maupomé [1982: 49] apunta: *En el Códice de Dresde hay tablas de múltiplos de 260, 364, 584, 78, 780, y los valores de los ciclos sinódicos de Mercurio, Júpiter y Saturno. Existía entre los mayas el período de 819 días que es 117 × 7 = 91 × 9 = 7 × 13 × 9, los nueve señores de la noche, los siete señores de la tierra, los trece señores de los días.*

planeta	número sagrado		factor	total de días		constante	período sinódico
Júpiter	819	x	19	15561	÷	39	399
Saturno			18	14742			378
	63 x 13 = 819					13 x 3 = 39	
	117 x 07 = 819						
	7 x 9 x 13 = 819						

arriba

Haciendo conmensurable el número 819, adaptación del autor a la propuesta de David Wood [comunicación oral, 2005].

En el mes de junio de 2014, el investigador Guillermo Bernal, del Centro de Estudios Mayas de la UNAM, dio a conocer la posibilidad de un nuevo calendario maya basado en el ciclo de 63 días interpretando el tablero este del Edificio I del Grupo XVI de Palenque, asociado con el ritual de "taladrado" de fuego denominado en maya como *joch' k'ahk'*. La cifra 63 al multiplicarse por 6 es igual a 378, que corresponde al período sinódico de Saturno y este con el culto al tlacuache[173] con el Dios N, al multiplicarse por 13 resulta en 819, el "número sagrado maya"

173 Véase el libro de Alfredo López Austin, *Los mitos del tlacuache: caminos de la mitología mesoamericana*, UNAM, 1998, al tlacuache se le atribuye haber robado el fuego para dárselo a la humanidad, por eso su cola parece quemada.

según David Wood. En sí, son tres los números sagrados mayas según Eric Thompson, el 9, el 7 y el 13, tenemos entonces 9 × 7 = 63, y 63 × 13 =819. Así que cada 63 días se realizaba una ceremonia. Ya con anterioridad la cifra 63 había llamado nuestra atención en el estudio realizado sobre la calendárica para la pirámide del Castillo de Chichén Itzá, véase Montero, Galindo y Wood [2014: 84].

En el período prehispánico iconográficamente a Saturno se le identifica mediante un glifo que al igual que Júpiter aparece sobre bandas celestes, está constituido por un rectángulo con fauces y dos volutas alargadas y opuestas que unen dos vértices decorados con un ojo. En su conjunto forman el perfil de monstro; cuando se le asocia con Júpiter en los denominados "Números Serpiente" de las páginas 61 y 62 del *Códice de Dresde*, Saturno parece estar denotado por el número 377 en una aproximación a su período sinódico de 378 días. Para Galindo [1994: 89] cuando se involucra a ambos planetas, Júpiter puede estar asociado a Chaac y Saturno al denominado Dios C, deidad que a menudo también se relaciona con la Estrella Polar. Para [Milbrath,1999: 219] Saturno se identifica como una "estrella femenina de cocodrilo".

De acuerdo con los relatos del período colonial, el Sol se mueve a través de un cielo dividido en capas. En el *Chilam Balam de Maní*, documento tardío recopilado en el siglo XIX, la descripción de los cuerpos celestes encuentra una significativa influencia occidental: coloca a la Luna en la primera capa del cielo, Venus en la tercera, el Sol y Mercurio en la cuarta, Marte en la quinta y Júpiter y Saturno en la sexta. Por otra parte en el *Libro de los Espíritus del Chilam Balam,* son nueve los cielos superiores, están determinados por estratos, por lo que cada uno representa un objeto celeste: el primer cielo es la Luna; el segundo es Mercurio; el tercero es Venus; el cuarto es el Sol; el quinto es Marte; el sexto es Júpiter; el séptimo corresponde a Saturno; el octavo está conformado por las constelaciones; y el último y noveno cielo, el más relevante y místico de todos, es el cielo cristalino, donde radica dios [Montero, 2013a: 61].

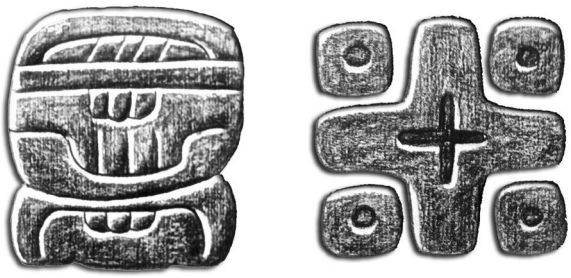
Para cerrar este apartado sobre los planetas, vale recordar una interesante metáfora de los mayas contemporáneos, para ellos la naturaleza arbórea de los monos evoca la conexión con los planetas vistos desde abajo. El hermano menor del Sol se transforma en un mono que representa a un planeta, así que figuras simiescas del período Clásico pueden representar a los planetas [Milbrath,1999: 37 y 218].

5.5.6 Las estrellas del cielo

Más de tres mil luces estelares son perceptibles a simple vista en una noche si las condiciones atmosféricas lo permiten. Desde la antigüedad, se intentó concentrar tal diversidad y otorgarle sentido a la pluralidad, la estrategia fue congregar a las estrellas en conjuntos a partir de constelaciones o asterismos. Una constelación, se compone de una agrupación de estrellas que es convencional para una cultura a partir de una asociación simbólica que establece líneas y conexiones, lo que en términos psicológicos es una pareidolia y una apofenia, que al final de cuentas, como construcción subjetiva, no representa una asociación física real dada la inmensidad del espacio, pues las estrellas pueden estar separadas hasta en cientos de años luz, así que lo que se percibe como proximidad, es simplemente resultado de una perspectiva visual terrestre. Civilizaciones antiguas y modernas, han decidido vincular las estrellas mediante trazos imaginarios, creando siluetas virtuales sobre la esfera celeste, en grupos arbitrarios que responden a la lógica y coherencia de cada cosmovisión. Cabe resaltar que no se ha alcanzado una identificación precisa de las constelaciones mesoamericanas, debido a que se les encuentra asociadas a diferentes contextos culturales y temporales; además, los nombres e interpretaciones difieren según la fuente histórica consultada, y en ausencia de una ubicación específica que permita ubicar en el cielo con precisión una constelación o estrella en particular como sucede con las coordenadas ecuatoriales, la posición de las mismas se diluye en el espacio, resultando posiciones divergentes surgidas del imaginario colectivo que hace casi imposible identificarlas con precisión. Además, los registros de las constelaciones y estrellas elaborados en el siglo XVI no fueron realizados por especialistas del cielo o astrónomos, así que la subjetivad se incrementa. Por otra parte, el complejo panteón mesoamericano con su multitud de advocaciones y representaciones iconográficas encuentra tal diversidad en los miles de años que desarrolló su interpretación del cielo, que es muy difícil alcanzar conceptos descriptivos integrales para una deidad, un cuerpo celeste o una constelación; sin embargo, podemos ensayar algunas propuestas.

Entre los mayas el cielo era considerado la morada sagrada de una multitud de advocaciones divinas compuesta por una sucesión de estratos sobrepuestos. B'alun Chan, "Nueve Cielo", era una de las denominaciones del firmamento nocturno. Los mayas representaban la palabra cielo mediante un logograma

geométrico dividido por una línea horizontal que tenía por lectura *chan*, en tanto que estrella *es ek'*.



IZQUIERDA

A la izquierda el logograma de cielo, *chan*; derecha, logograma de estrella, *ek'*.

El Dios D, Itzamná, es el dios creador. Diversas fuentes señalan que Itzamná era el dios supremo, y en esta calidad adquiría diferentes advocaciones y denominaciones. Creador de todo cuanto existe, es el mismo cosmos conformado por grandes reptiles bicéfalos, uno en cada rumbo del universo. Por ser el dios creador se le personificó como un anciano. Su residencia era celestial y desde ahí dictaba los designios del cosmos, sentado sobre una banda astronómica, símbolo de planetas y otros cuerpos celestes que en las representaciones zoomorfas pueden formar parte de su cuerpo. Itzamná es un ave cuando simboliza el nivel celeste (véase pág. 250), y es un cocodrilo cuando representa el plano terrestre; su imagen igualmente puede mostrar atributos de venado, serpiente, pez y jaguar. En la escritura jeroglífica, el nombre de Itzamná está formado por un prefijo en forma de escudo o espejo, y el rostro mismo de la deidad. Ambos, o sólo el prefijo, fueron utilizados en los textos para identificar sus imágenes o como parte del nombre de algunos gobernantes, como también sucedía con Chaac [Montero, 2013a: 71-72].

El cielo estaba sostenido por cuatro dioses "cargadores", los *bacabes*, relacionados con los cuatro puntos cardinales, en cada uno de los cuales se encontraba una ceiba sagrada, el árbol de la abundancia que había proporcionado el primer sustento a la humanidad. Se creía que el cielo estaba dividido en 13 niveles superiores, en los que residían los Oxlahuntikú o 13 señores del supramundo. Como divinidad, el Dios N, Pawahtún, es quien soporta el cosmos. Es uno y cuatro a la vez, es un quincunce, donde cuatro sostienen cada una de las esquinas del cielo y otro más se emplaza al centro, razón por la que frecuentemente se muestran con los brazos en alto, en actitud de cargar. Sus rasgos son los de un viejo desdentado con el rostro arrugado y el cabello envuelto en una red. Iconográficamente sostiene una planta de lirio acuático o la flor de ésta, que puede aparecer como parte de su tocado. También se le personificó con un caparazón de tor-



ARRIBA

Itzamná, es el mismo cosmos, *Códice de Dresde*, lámina 5.

tuga en la espalda, y su denominación en los códices, además del número cuatro, incluye un signo que representa a esa concha. Puede brotar de una flor o, lo que es más común, de una concha de caracol. Reside en el cielo, la tierra y el inframundo, es decir, sostiene tanto la bóveda celeste como la superficie de la tierra [Montero, 2013a: 77].

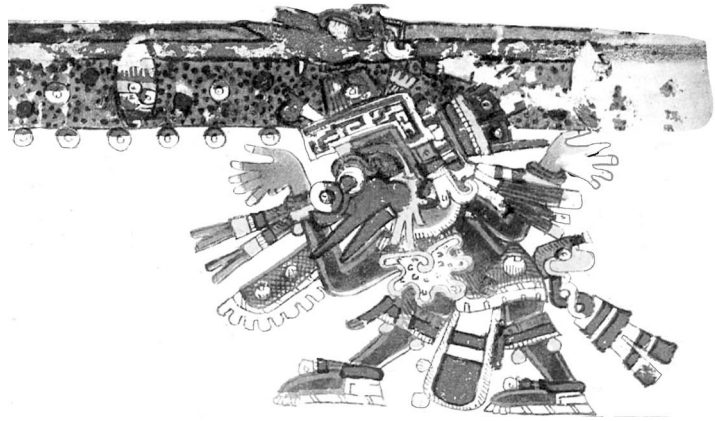
Por su parte, en el Centro de México se decía que el cielo era sostenido por Ehécatl Quetzalcóatl. Quetzalcóatl, como dios, es una de las divinidades vinculadas a los cuatro árboles que sostienen el cielo; pero es, además, en los mitos, uno de los árboles sagrados, cada uno de una especie diferente. Quetzalcóatl es *quetzalhuéxotl*, la columna del sur, como se refiere en la *Historia de los mexicanos por sus pinturas*:

> [...] los dioses Tezcatlipoca y Quetzalcóatl se hicieron árboles grandes. Tezcatlipoca en un árbol que se dicen *tezcacuáhuitl*, quiere decir árbol de espejos y el Quetzalcóatl en un árbol que dicen *quetzalhuéxotl*. Y con los hombres y con los árboles y dioses alzaron el cielo con las estrellas como ahora están.

En el *Códice Vindobonensis* según López Austín [2006: 309], la representación del Señor 9 Viento muestra a Quetzalcóatl sosteniendo con su cabeza el cielo. Diversos autores han hecho notar la íntima relación que existe entre el señor mixteco 9 Viento y el dios Quetzalcóatl Ehécatl del Altiplano, esta representación iconográfica es muy similar a la lámina 51 del *Códice Borgia* en la que Quetzalcóatl es uno de los cuatro cargadores, uno de los cuatro postes cósmicos en forma de cruz que son parte de su indumentaria.

DERECHA

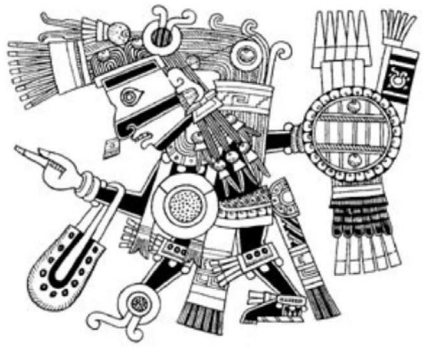
El Señor 9 Viento con atributos de Quetzalcóatl y Ehécatl carga el cielo nocturno atiborrado de estrellas en el *Códice Borgia*, lámina 51.



Por su parte Tezcatlipoca es el dios creador del cielo nocturno y, al mismo tiempo, de la providencia y la destrucción. Su nombre significa “el espejo que humea”. Era ubicuo, es decir que se

hallaba en todas partes al mismo tiempo, y entendía de todos los asuntos humanos [Suárez: 2020]. Es también Ilhuicahua, el "poseedor del cielo".

Citlaltonac y Citlalicue son dos deidades distintivas del cielo nocturno en el Centro de México. Citlalicue representa a las estrellas femeninas; en su contraparte, el género masculino corresponde a Citlaltonac. Citlalicue, en náhuatl quiere decir "falda de estrellas", de *citlali*, estrella e *icue*, falda. Por su parte Citlaltonac, se traduce como "estrella resplandeciente", de *citlali*, estrella, y *tonac*, resplandor. Estas advocaciones son reconocidas como deidades del cosmos, de la luz y de la oscuridad, se les asocia también con la creación de los primeros seres humanos y en sí con todas las estrellas que brillan en el firmamento. Recientemente en el sitio arqueológico Tehuacán Viejo, en el Templo Mayor de dicho emplazamiento fue hallada una magnífica escultura que representa a la Citlalicue de la cultura popoloca, a esta pieza se le conoce como la Diosa de Tehuacán, en ella se destaca la falda de estrellas que más bien es una cauda celeste, por lo que se le asocia también con la Vía Láctea.



ARRIBA

Tezcatlipoca, como advocación del cielo nocturno en el *Códice Borgia*, lámina 17.



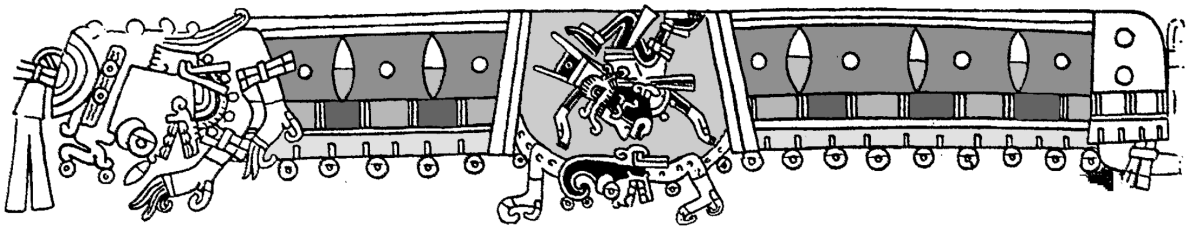
IZQUIERDA

Citlalicue, la diosa de la falda de estrellas como la Diosa de Tehuacán.

5.5.1.6.1 La Vía Láctea

La Vía Láctea es la galaxia en la que habitamos, se manifiesta como una sutil banda de luz que se dibuja en el cielo nocturno, es un conglomerado de estrellas tenues que individualmente no pueden ser reconocidas a simple vista, de ahí su carácter extraordinario. En las latitudes de Mesoamérica hace unos mil

años antes del presente, la Vía Láctea era visible[174] desde febrero después de la medianoche levantando por el SE hasta el sur por unas cuantas horas antes del amanecer; para finales de mayo era espectacular, desde el ocaso hasta el amanecer de SE a SO; finalmente, a mediados de julio aparecía por el sur después del ocaso por unas horas hasta la media noche en que se ocultaba por el SO. Durante los meses de noviembre, diciembre y enero no era perceptible su porción luminosa que corresponde al centro galáctico entre las constelaciones de Sagitario y Escorpión.



ARRIBA

La Vía Láctea como banda celeste muestra al centro una hendidura para el paso de Quetzalcóatl en su advocación de Venus en el *Códice Borgia*, lámina 46.

Por su forma alargada diversas culturas en el mundo la asociaron con un camino, pero en Mesoamérica les pareció más bien un árbol y en otras una serpiente, una serpiente que como nube luminosa armonizaba con el cielo. La Serpiente de Nubes resplandeciente en la noche en el Altiplano se identificó con Mixcóatl, una deidad de importancia para los grupos del Posclásico en el Centro de México, especialmente para los otomíes quienes lo consideraban el dios de la cacería. Además, Mixcóatl era el creador del fuego celeste, los hombres y la guerra. En el cielo nocturno le acompañaban sus servidores los Centzon Mimixcoa, las cuatrocientas serpientes de nubes que corresponde a las estrellas del cielo septentrional que se complementan con las Centzon Huitznahuac, que son las estrellas meridionales, descendientes de Coatlicue, diosa de la fertilidad, patrona de la vida y de la muerte, hermanas de la diosa lunar Coyolxauhqui que las regía.

El mito sobre el nacimiento de Huitzilopochtli recopilado por Sahagún [1985: 191-192], presenta una de las narrativas más arraigadas del cielo mesoamericano, donde los Centzon Huitznahuac, son protagonistas de esta epopeya:

> En Coatepec, a un día rumbo a Tollan, vivía una mujer de nombre Coatlicue, madre de los Centzon Huitznahuac y de la hermana mayor de éstos, llamada Coyolxauhqui. Y esta Coatlicue allá hacía penitencia; barría, se ocupaba del barrido. Con esto

174 Siempre y cuando la luz de la Luna llena no la opaque.

hacía penitencia en Coatepec. Y una vez cuando barría, bajó sobre Coatlicue un plumón, como una bola de plumón. Coatlicue enseguida lo tomó y lo puso sobre su vientre. Ya que barrió, quiso tomar el plumón que había puesto sobre su vientre; ya no lo vio. Con esto se embarazó Coatlicue. Y cuando los Centzon Huitznahuac vieron que su madre estaba embarazada, mucho se enojaron.

Dijeron: ¿Quién le hizo esto? Nos deshonra; nos avergüenza. Y su hermana mayor Coyolxauhqui, les dijo: Hermanos mayores míos, nos avergüenza. Matemos a nuestra madre, la perversa que está preñada. Y cuando Coatlicue lo supo, se asustó mucho. Y su hijo que estaba en el vientre (Huitzilopochtli) la consolaba, le hablaba, le decía: No te amedrentes. Yo ya lo sé. Y así los Centzon Huitznahuac se pusieron de acuerdo, resolvieron esto, que matarían a su madre [...]. Y uno de nombre Cuahuitlícac andaba con su palabra de traidor; lo que hablaban los Centzon Huitznahuac se lo advertía a Huitzilopochtli.

Y entonces nació Huitzilopochtli. Venía portando sus atavíos [...]. Y enseguida se yergue Huitzilopochtli; viene a perseguir, a meterse entre ellos, a bajar, a arrojar a los Centzon Huitznahuac de la cumbre de Coatépetl. Y cuando los hizo alcanzar la base, el pie del monte, los persigue. Los hizo rodar el Coatépetl; cuatro veces los hizo dar vuelta, los hizo rodear [...]. Huitzilopochtli se les impuso, los hizo dar la espalda; los derrotó, los aniquiló [...]. Y sólo unos cuantos huyeron de él, salieron de sus manos. Allá se fueron al sur [...].

Y este Huitzilopochtli, según se decía, era un portento, porque con sólo una pluma fina, que cayó en el vientre de su madre, Coatlicue fue concebido. Nadie apareció jamás como su padre. A él lo veneraban los mexicas, le hacían sacrificios, lo honraban y servían. Y Huitzilopochtli recompensaba a quien así obraba. Y su culto fue tomado de allí, de Coatepec, la Montaña de la Serpiente.



ARRIBA

Huitzilopochtli (1) liquida a sus hermanos los Centzon Huitznahuac en el cerro Coatepec (2) según el *Códice Florentino*, capítulo I, libroIII, folio 3 v.

En la interpretación de Rossana Quiroz [2013: 151] cada uno de los personajes corresponde a una entidad concreta del cielo. En su orden de aparición se identifica a Coatlicue, mujer de la culebra, como la Tierra. Sin embargo, cuando se la describe como madre de los dioses, es Cihuacóatl, quién molió los huesos recuperados por Quetzalcóatl en el inframundo para darles vida con la sangre de este último, como Cihuacóatl, le corresponde desde la época tolteca la advocación de la Vía Láctea, siendo la esposa de Mixcóatl y la madre adoptiva de Quetzalcóatl. Con referencia a Huitzilopochtli, él es el joven Sol naciente; por

su parte Coyolxauhqui es la Luna y los Centzon Huitznahuac son las estrellas del sur, los 400 surianos o los 400 hombres, donde el número 400 es un referente para aludir a multitud. Por último, el hermano traidor de los Centzon Huitznahuac, es Cuahuitlicac, el que está en pie el árbol, es quien da aviso a Huitzilopochtli del avance de sus hermanos, resulta que puede tratarse de la posición de la Vía Láctea. Tenemos entonces la lucha astral del poder solar contra el nocturno.

Huitzilopochtli, el numen solar de los mexicas es el Colibrí Izquierdo o Precioso Izquierdo, su relación con la izquierda deriva en que se halla asignado al sur de la bóveda celeste. Es el rumbo izquierdo del mundo entendido el camino del Sol de oriente a poniente, mirando al ocaso, como sucede en el Templo Mayor de Tenochtitlan y en otras tantas pirámides en Mesoamérica.

Continuando con la Vía Láctea en su advocación de Mixcóatl, resulta interesante que, al sur de la Ciudad de México, un conocido barrio lleva el nombre de Mixcoac, que significa "lugar donde se venera a la serpiente de nube", es decir, la Vía Láctea. Actualmente quedan vestigios del asentamiento. Otro sitio en la Ciudad de México donde se veneraba a la Vía Láctea era en el Tepeyac, los mexicas ahí rendían culto a Mixcóatl y a su esposa la diosa Cihuacóatl como el aspecto femenino de la Vía Láctea. Para Carmen Aguilera [2000: 39] el aspecto femenino atañe a Tonantzin advocación local de Cihuacóatl. Tonantzin y Mixcóatl, fueron venerados durante el solsticio de invierno, porque la bóveda celeste parece dividida en dos ramas durante el invierno. Sustenta esta hipótesis el hecho de que en el *Mapa de Uppsala* se representan dos monolitos en el Tepeyac y también en el *Códice de Teotenantzin*,[175] posiblemente estas deidades Tonantzin y Mixcóatl, estaban esculpidas en rocas próximas a la actual capilla del Pocito, a un costado de la basílica de Nuestra Señora de Guadalupe. Sorprende que desde el Tepeyac al amanecer, durante el solsticio de invierno, el Sol levanta sobre una conspicua elevación en el paisaje conocida como cerro Papayo, si aceptamos que la festividad a Nuestra Señora de Guadalupe del 12 de diciembre presenta 10 días de error porque fue establecida en el siglo XVI según el calendario juliano, entendemos que en el actual calendario gregoriano la festividad de la Virgen corresponde al 22 de diciembre, solsticio de invierno, para más detalles sobre este suceso véase Galindo y Montero [2000].

175 El *Códice de Teotenantzin* no es un códice prehispánico, ni un manuscrito pictórico indígena, es un documento virreinal realizado durante la primera mitad del siglo XVIII sobre papel europeo con un estilo también europeo.



IZQUIERDA

Los dioses de la Vía Láctea en sus aspectos masculino y femenino como pareja divina sacralizada según el *Códice Telleriano-Remensis* [Aguilera, 2000: 33]. A la izquierda como el dios Mixcóatl y a la derecha como la diosa Tonantzin-Cihuacóatl. Mixcóatl, se destaca por el cuerpo pintado con rayas en color rojo y el *tzoncuetlach* que es una cinta frontal roja, así también por el *cuauhpilolli* que es un colgajo de plumas de águila; Tonantzin-Cihuacóatl por su parte porta su representativa falda con motivos estelares.

Mixcóatl se presenta iconográficamente con su cuerpo rayado de rojo y blanco por ser un dios astral como lo apreciamos en el *Códice Telleriano-Remensis*, su atavío diagnóstico es el *cuauhpilolli*, un colgajo de plumas de águila que le cuelga de la nuca. Es la única deidad masculina que lo lleva, el *cuauhpilolli* se sostiene con una banda frontal roja de cuero llamada *tzoncuetlach*. Su mujer, Cihuacóatl, en algunas representaciones también porta el *cuauhpilolli*. La fiesta de Mixcóatl se realizaba durante la veintena Quecholli, de octubre a noviembre según Sahagún, era la fiesta de la caza. Por otra parte, Iztac Mixcóatl, es la advocación del viejo dios celeste como origen, como creador de los pueblos mesoamericanos, sobre todo para las comunidades de tradición otomí.

Asimismo, la Vía Láctea entre los mexicas estaba asociada en una de sus variantes míticas al nacimiento de Quetzalcóatl, según el *Códice Vaticano 3738*, una deidad denominada Citlallantónac mandó un embajador del cielo en una encomienda a una virgen que estaba en Tula, llamada Chimalman, la cual tenía dos hermanas: Xochitlicue y la otra Coatlicue. Estando en su casa al ver al embajador murieron las hermanas de espanto, quedando viva Chimalman. Dicho embajador dio el mensaje que aquel dios quería concebir un hijo; así, barriendo concibió al hijo, el cual fue llamado Quetzalcóatl, dios del viento [Laurette Séjourné, 2004: 30-31]. También Citlalicue[176] era conocida como la Vía Láctea debido a poseer la falda de estrellas, esta representación se encuentra en el *Códice Borbónico*, en ocasiones se le denominaba Citlaline, la que tiene estrellas, o Citlaltonac, la que da resplandor estelar. En la *Historia de los mexicanos por sus pinturas*, se menciona que el cielo estaba dividido en 13 estratos

176 En otros contextos se escribe Citlacueye, es la misma advocación de la Cihuacóatl, deidad suprema que en su carácter reúne todos estos aspectos de morir y parir; es una diosa del inframundo, un ser espeluznante, pero también es creadora y protectora de la gente como Vía Láctea, es entonces: "La de la Falda de Estrellas".

por encima del plano terrestre. En el segundo nivel se encontraban las estrellas; aquí viven los dioses Citlaltonac, el resplandor de estrella y su dualidad femenina Citlalicue, la de falda de estrellas, nombre con el que se conoce a la Vía Láctea.

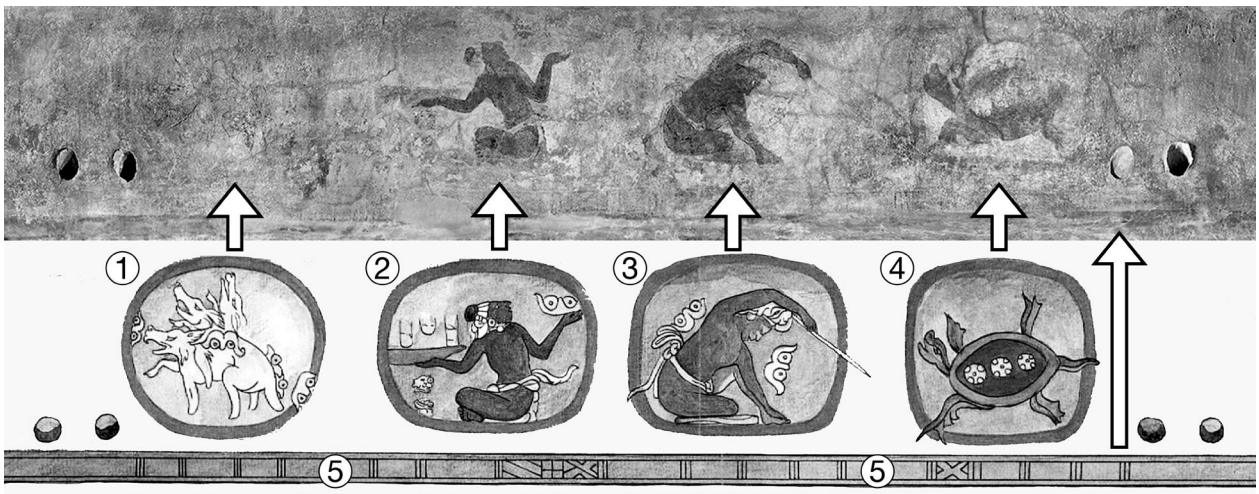
Entre los mayas el aparente movimiento de la columna de luz que es la Vía Láctea fue significativa con referencia a la eclíptica, cuando se cruzaban en el cielo la Vía Láctea y la eclíptica se hacía una lectura sacralizada del suceso. En el Edificio de las Pinturas, que forma parte del conjunto arquitectónico de la acrópolis de Bonampak, según Galindo [2009: 68-69] se representa la Vía Láctea en uno de los estucos polícromos realizados al fresco en el intradós norte de la bóveda del recinto central. Los mayas dejaron evidencia de la fecha del suceso marcando el día 2 de agosto de 792 d. C., día del paso cenital del Sol[177] aunque hay otras posibilidades calendáricas todas para finales del siglo VIII d. C, pero esta al parecer es la más relevante. La propuesta de Galindo, *et al.* [1998] apunta a que el eje de simetría del acceso al recinto está orientado con z = 33° 07', de tal suerte que después del ocaso fue posible apreciar el ascenso de la estrella Ruchbah (δ Cas) de la constelación de Casiopea, en la región estelar que corresponde al extremo distal norte de la Vía Láctea, con lo cual se denotaría que la intención fue pintar la Vía Láctea; sin embargo, esta no es la región estelar más luminosa, la cual, por cierto, en ese momento estaba al SO, justamente a espaldas del edificio. La bóveda presenta cuatro motivos contenidos en medallones: el primero al extremo oeste manifiesta una manada de seis pecaríes[178] rodeados de glifos de estrellas que imitan el orden de las Pléyades, pues a simple vista se observan seis luminarias; a su derecha, el segundo, es un personaje sedente, acaso un astrónomo que mira al cielo y porta un espejo en su mano derecha, la composición muestra dos glifos de estrellas, quizá es la representación de Marte; el tercer cartucho muestra un individuo rodeado de glifos estelares, en su mano derecha sostiene un objeto que asemeja una batuta, parece representar el poder y las obras de Chaan Muan II[179] que se armoniza con dos glifos de estrellas que se supone son la representación de la estrella Aldebarán y la constelación de Tauro; finalmente al extremo este, una tortuga con 3 glifos de estrellas en su caparazón

177 El cálculo realizado por el autor para el día del paso cenital de Sol en Bonampak (φ16°42'13" λ -91° 03'58.5") para el año 792 d. C. aconteció el 2 de agosto, difiere de una errata de 4 días publicada en la revista electrónica *Imágenes* (2006) del IIE-UNAM.

178 El pecarí es un mamífero de la familia *Tayassuidae*, su aspecto es similar a un porcino.

179 Gobernante de Bonampak cuyo mandato comenzó en el año 776 d. C.

que se identifica como la constelación de Orión. Son diferentes las interpretaciones de esta expresión iconográfica celeste, no hay consenso entre los investigadores; sin embargo, podemos apuntar como la propuesta más coherente que se trata de las Pléyades, Marte, Aldebarán en la constelación de Tauro y Orión, justamente en ese orden fueron visibles esa noche más tarde por el este. Los cuatro cartuchos ocupan el espacio entre la Vía Láctea pintada en la cerradura de la bóveda y la eclíptica plasmada a todo lo largo de la escena por una banda celeste al pie de los cartuchos con representaciones del Sol, la Luna y Venus [Galindo, *et al.* 1998: 156]. A lo largo de los tres recintos del edificio se registran otros tantos mascarones solares y personajes que portan glifos de Venus.



ARRIBA

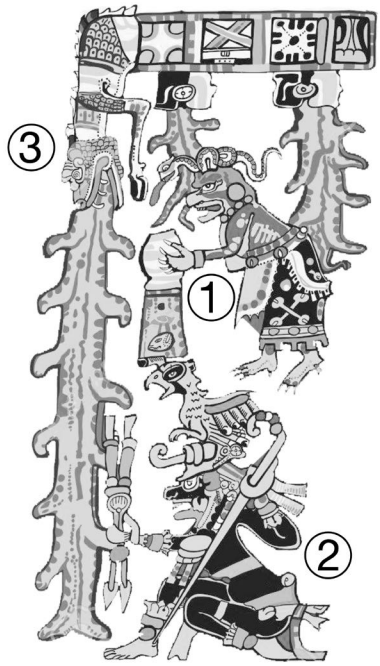
Interpretación de Jesús Galindo de los cartuchos astronómicos de Bonampak: 1) seis pecaríes representan a seis estrellas visibles de las Pléyades; 2) un astrónomo con la mirada al cielo porta un espejo para la observación celeste, se acompaña de glifos estelares que se supone representan a Marte; 3) personaje sedente asociado a un gobernante que muestra un instrumento como una batuta que apunta al siguiente cartucho por lo que puede representar a la estrella Aldebarán en relación con el Cinturón de Orión, en cambio para Rodas y Mejuto [2020:77] es Saturno; 4) una tortuga muestra en su caparazón tres estrellas, es el cinturón de Orión; 5) banda celeste con representaciones del Sol, la Luna y Venus. En la parte superior fotografía reciente de las pinturas, en la inferior reproducción de José F. Villaseñor en Galindo, *et al.* [1998: lámina 15].

La Vía Láctea en la iconografía maya consigue variadas advocaciones: en algunas expresiones es un monstruo celeste, en otras es un crótalo con la boca hacia el sur y la cola al norte, también es el árbol-cocodrilo, igualmente es Itzamná como divinidad creadora celestial, de igual forma puede ser un sacbé,[180] el camino blanco en el cielo, en otros casos es el *xibal bey*, el camino espantoso que conduce a las almas.

180 Dícese en lengua maya de un camino construido para enlazar ciudades.

DERECHA

La diosa de la Luna envejecida por estar en fase menguante (1) y Venus como el Dios L (2), ambos bañados por el agua que brota del hocico del Monstruo Cósmico (3) que simboliza una sección de la Vía Láctea durante la estación de lluvias, *Códice de Dresde*, lámina 74.





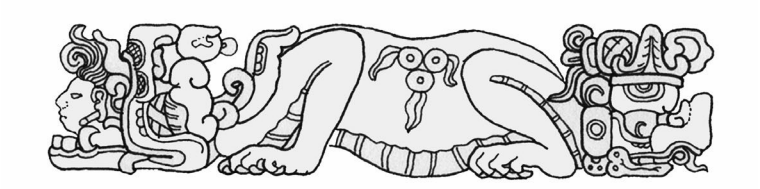
ARRIBA

Estela 25 de Izapa, el cuerpo del cocodrilo es el camino entre estos planos cósmicos del cielo, la tierra y el inframundo.

En la estela 25 de Izapa apreciamos un monstruo cósmico con las fauces de cocodrilo como en Copán, se trata de un fabuloso reptil celeste que representa para algunos especialistas a la Vía Láctea como entidad celeste a partir de la dualidad cocodrilo-árbol. El contexto permite suponer que se trata de una representación del cielo, los motivos abstractos de las fauces corresponden a lo terrestre y las ramas del árbol a lo celeste. Entendemos que el cocodrilo constituye simbólicamente los tres niveles del Universo mesoamericano: el cielo, la tierra y el inframundo. El cuerpo del cocodrilo es el camino entre estos planos cósmicos.

En un fragmento de hueso de venado esgrafiado cubierto de cinabrio, del período Clásico, proveniente del entierro 116 de Tikal, se representa una canoa ocupada por diversos personajes y animales, Linda Schele [Schele, *et al.*, 1999: 88] identifica a la canoa como a la Vía Láctea, es una canoa cósmica que transporta constelaciones zoomorfas. La canoa es conducida por dioses remeros[181] que conducen al dios del maíz por el inframundo hasta al lugar de su resurrección en la constelación de Orión, se trata entonces de personajes psicopompos.[182] En otro par de huesos de venado esgrafiados del mismo entierro, la canoa parece hundirse, zozobra con la agitación de sus ocupantes, sugiriendo el paso al inframundo. El movimiento de la Vía Láctea asemeja el hundimiento de la embarcación al inclinarse en la

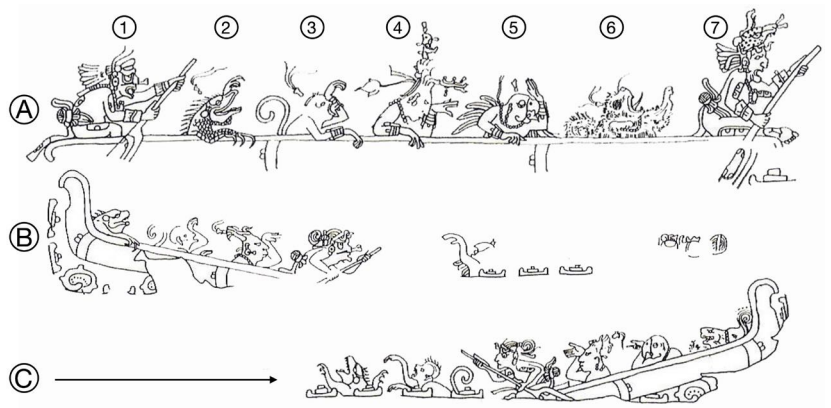
181 Para más detalle sobre los dioses remeros véase Sánchez y Adrian [2013].
182 Psicopompo, dícese de un ser que en las mitologías o religiones tiene el papel de conducir a las almas de los difuntos.



IZQUIERDA

En Copán durante el período Epiclásico se esculpió el Altar 41 que representa a un monstruo cósmico bicéfalo con elementos de cocodrilo que representa a la Vía Láctea; sin embargo, hay autores que no lo consideran así y asumen que no se trata de una advocación cósmica sino terrestre.

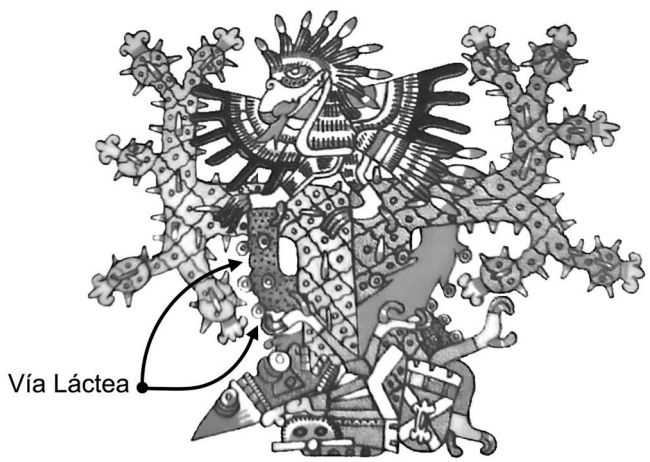
bóveda celeste. Para Galindo, el remero con tocado de jaguar en la proa de la canoa corresponde a la constelación occidental del Escorpión, identificada como un felino, es el gran Jaguar de Xelhá, que en su asterismo estaría complementado por estrellas de las constelaciones de Ofiuco, Sagitario y La Liebre.



IZQUIERDA

La Vía Láctea como una canoa en el entierro 116 de Tikal. Dioses remeros llevando al Dios del Maíz. Banda "A": 1) remero espina de mantarraya, por su nariguera que atraviesa el septum de su nariz, 2) iguana, 3) mono araña, 4) dios del maíz, 5) loro, 6) can lanudo, 7) remero jaguar. Las bandas "B" y "C", muestran la zozobra de la canoa conforme la Vía Láctea se inclina por la bóveda celeste ante la angustia de sus ocupantes.

Por otra parte, en la mixteca, región de Mesoamérica distante del contexto maya, apreciamos en su iconografía que la Vía Láctea se representa como una franja de estrellas en un fondo gris con puntos dispersos que aluden a la nube que caracteriza a la banda estelar como se aprecia en la lámina 50 del *Códice Borgia*, donde la Vía Láctea forma parte de una composición donde el aspecto central es un nopal que a la manera de un árbol cósmico sostiene al Universo.



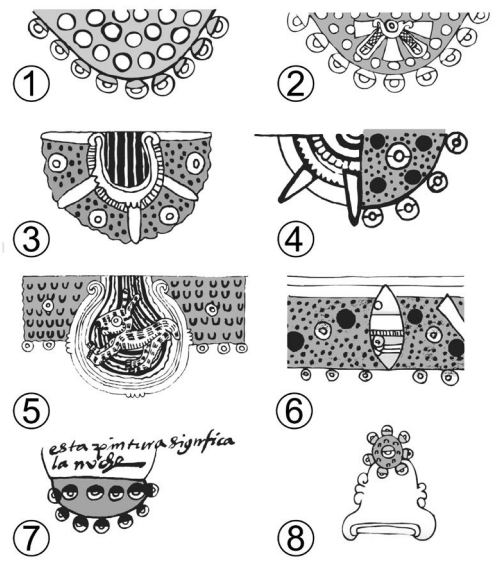
IZQUERDA

Un águila se posa sobre un nopal que es el *axis mundi*, la planta arbustiva del género Opuntia se levanta sobre un personaje sacrificado, en la parte alta el águila sostiene con su pata izquierda a la Vía Láctea, que se representa como una franja estelar, *Códice Borgia*, lámina 50.

Es necesario apuntar que en las culturas mesoamericanas no es fácil marcar una diferencia conceptual o iconográfica entre la bóveda celeste y la Vía Láctea, parecen ser lo mismo; sin embargo, hay contextos que si destacan la diferencia como apreciamos en el *Códice Vaticano A* (véase pág. 213), y también cuando se atiende el término *ilhuicatl-mamaloaco*, de las palabras *Ilhuícatl*, 'cielo'; *mamali*, 'hender' o 'agujereado'; y *co*, 'lugar': "El cielo con agujeros" [Chavero, 1899: 276], se hace referencia a los espacios obscuros que apreciamos en la Vía Láctea que se denominan constelaciones oscuras.[183] Este es el segundo estrato celeste del universo vertical náhuatl, es el sitio donde se trasladan los cometas y las estrellas errantes, es regido por la pareja celeste Citlalicue, diosa de las estrellas hembras que es la Vía Láctea y Citlaltónac, dios de las estrellas varones que es el cielo agujereado o taladrado. Así también los mayas denotaron la zona luminosa como el "camino blanco" y la zona oscura como el "camino al inframundo". Cuando la posición de la Vía Láctea se orienta verticalmente con respecto al horizonte, la forma de las regiones oscuras también se identifica como las fauces abiertas del "cocodrilo". De cualquier forma, el cielo nocturno y la Vía Láctea están ligados ante los ojos del observador, y todas las estrellas como ojos celestes nos miran desde el cielo con diferentes representaciones que dan fe de la riqueza iconográfica de Mesoamérica.

DERECHA

Ejemplo de diferentes representaciones iconográficas en códices de *ihuícatl*, el cielo: 1) cielo con símbolos de estrellas, *Códice Borbónico*, lámina 10; 2) cielo con el símbolo de Venus, *Códice Borbónico*, lámina 12; 3) cielo con el símbolo de la Luna, *Códice Borgia*, lámina 59; 4) combinación celeste del día y la noche, *Códice Borgia*, lámina 57; 5) cielo con el símbolo de la Luna como un conejo dentro de una olla, *Códice Borgia*, lámina 71; 6) cielo con estrellas y pedernales, *Códice Borgia*, lámina 59; 7) cielo con glosa explicativa, *Códice Mendocino*, f. 60r; 8) cielo como signo locativo del *altépetl* de Yoallan, *Códice Mendocino*, f. 37r. Adaptación del autor a las ilustraciones de Nadezda Kryvda y Katarzyna Mikulska [Katarzyna, 2008: 159].



183 Las constelaciones oscuras están compuestas de polvo y gas interestelar que bloquean la luz de las estrellas y oscurecen espacios de la Vía Láctea, culturalmente han sido muy significativas, destacan los grupos andinos de incas y quechuas que interpretaron estos espacios del cielo como manifestaciones sacralizadas de especies animales que se mantenían con vida en el firmamento.

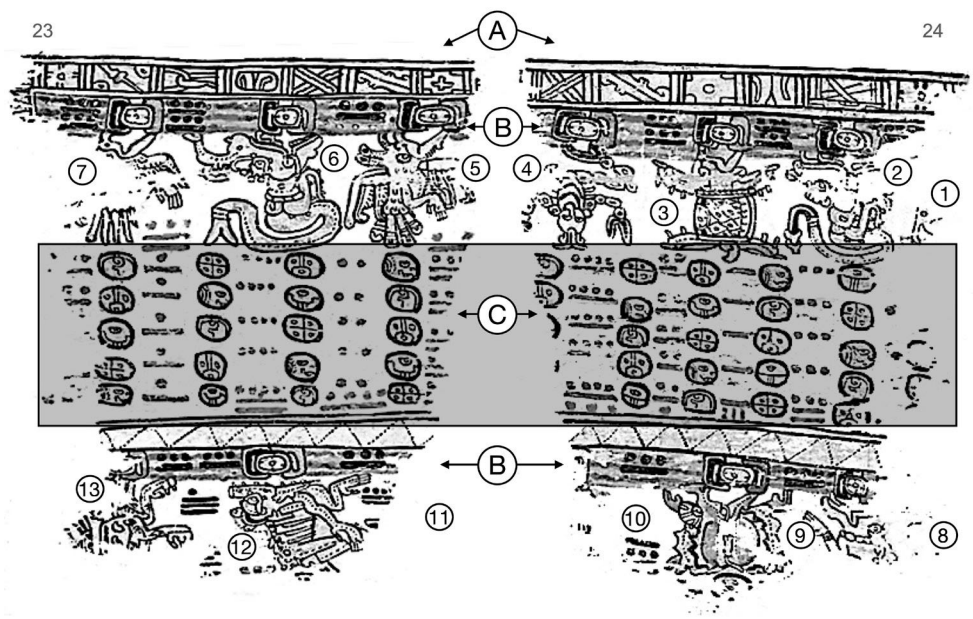
5.5.6.2 El zodiaco

Pasemos ahora al zodiaco. En la astrología occidental contemporánea[184] el zodiaco es una banda que divide en doce partes los 360º de la circunferencia celeste de la eclíptica (360º ÷ 12 = 30º), resultando doce sectores de 30º de arco, a cada uno de los sectores le concierne una casa astral o signo zodiacal; esta banda de ancho ocupa una medida angular de 9º a cada lado de la eclíptica, conformándose así una franja imaginaria de 18º. Desde el equinoccio vernal se cuentan 30 días en promedio para complementar un sector, a cada sector como ya se apuntó se le asigna un asterismo en una pareidolia que asume la forma de un animal, un ser mítico, algún personaje o un objeto, de ahí su nombre de zodiaco que significa "rueda de los animales". Durante el año, cada noche apreciamos constelaciones zodiacales diferentes a medida que la Tierra orbita alrededor del Sol.

No son pocos los que han imaginado la posibilidad de un zodiaco entre los mayas. En las páginas 23 y 24 del *Códice París* aparecen dos bandas celestes de las que cuelgan trece figuras de animales en actitud de devorar al signo solar *kin* con una especie de alas de mariposa para representar un eclipse por lo que se considera están sobre la eclíptica. Los animales fácilmente identificables son: un escorpión, una tortuga, una serpiente de cascabel, un par de aves, otra serpiente, un pecarí, un esqueleto,

ABAJO

¿Un zodiaco maya en las páginas 23 y 24 del *Códice París*? Leyenda: A) banda celeste; B) símbolos del Sol en la franja con la representación de eclipses que atañen a la eclíptica; C) tabla de 1820 días, que concierne a cinco períodos de 364 días. Con números la representación de constelaciones: 1) sin identificar; 2) serpiente de cascabel; 3) tortuga; 4) escorpión; 5) buitre [Aveni, 2013: 277], para Rodas y Mejuto [2020: 82] un búho; 6) serpiente, aunque la cola parece de pez; 7) ave; 8) rana; 9) murciélago; 10) sin identificar; 11) sin identificar; 12) esqueleto; 13) pecarí, para Rodas y Mejuto [2020: 82], para otros un jaguar.



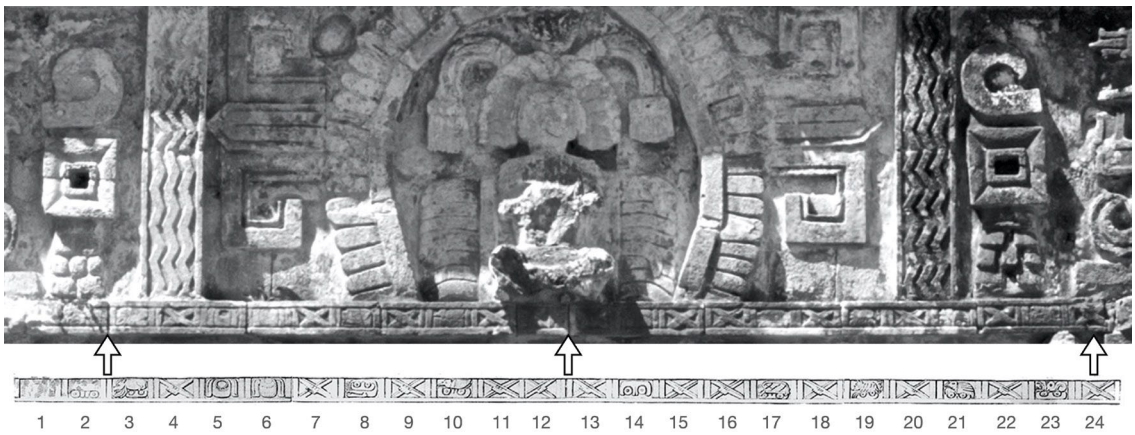
184 La astrología es una pseudociencia que pretende conocer el destino de las personas y pronosticar ciertos sucesos interpretando eventos celestes entre planetas y constelaciones, esencialmente es un método de adivinación.

una rana, un murciélago y tres figuras más apenas perceptibles que no es posible reconocer. El hecho de que sean trece figuras separadas entre sí por cuentas de 28 días que suman 364 días ha sugerido que se trata de un zodiaco. De tal suerte que puede tratarse del curso de la Luna entre las estrellas, dividiendo el cómputo lunar en 13 meses de 28 días cada uno; de esta forma se completaría un año lunar de 364 días [Montero, 2014b].

Si las páginas del *Códice París* en verdad representen la trayectoria de la Luna entre las estrellas dividiendo el calendario lunar en 13 meses de 28 días, sumando 364 días, este calendario como afirma Aveni [2013: 278] pronto quedaría desfasado con respecto al movimiento de la Luna; por tanto, habría necesidad de una corrección, así que los números 8 y doble 8 que aparecen en la franja celeste entre las figuras colgantes pudieron servir para ese propósito. Las páginas 23 y 24 del *Códice París* no son un zodiaco en los términos de la astrología occidental, son constelaciones, pero no un zodiaco como lo entendemos en la actualidad, en todo caso son un zodiaco porque simplemente los asterismos son identificados como animales. Es necesario apuntar que la banda de 1820 días puede resultar de diferente aritmética: 140 ciclos de 13 días, o 65 ciclos de 28 días, o 20 ciclos de 91 días, o 7 ciclos de 260 días y también a 5 ciclos de 364.

De igual forma se reconoce otro zodiaco en el dintel de la fachada oriente del anexo al edificio de Las Monjas en Chichén Itzá, se trata de 24 símbolos en una configuración en forma de franjas, la mayor parte son bandas cruzadas, donde siete son de animales, cuatro de los cuales se han identificado como las mismas criaturas que se representan en el *Códice París* y aparecen en la misma secuencia, según Aveni [2013: 278], se trata de la tortuga, el escorpión, el buitre y la serpiente. En otro orden: un ave, una calavera y un pecarí comparten identificaciones comunes menos seguras, aunque con una secuencia diferente. Es de suponerse que el códice y el dintel seguramente se refieren a fenómenos celestiales. Como lo apunta Love [2015: 13], lo que tenemos en Chichén Itzá es una banda celeste con constelaciones, no un zodíaco, es una banda del cielo por debajo de un trono resaltado en su base por bandas celestes que son omnipresentes tanto en el arte monumental como en la cerámica maya.

Es necesario mencionar que, por debajo de los recuadros del edificio de Las Monjas, que representan a cada constelación zoomorfa se aprecia el glifo *ek'*, asociado al planeta Venus muy similar a los contextos como la Tabla de Venus en el *Códice de Dresde*, glifo que también se relaciona al concepto de estrella en otras fuentes, lo que refuerza la idea de que estas bandas y



ARRIBA

Dintel del ala oriente del edificio de Las Monjas, Chichén Itzá, se identifican según Aveni [2013: 277] los siguientes asterismos: 3) constelación del pecarí, 8) constelación de la calavera, 10) constelación del ave,17) constelación de la tortuga, 19) constelación del escorpión, 21) constelación del buitre y 23) constelación de la serpiente. Fotografía del autor (2014), la franja inferior corresponde a los dibujos de Annie Hunter's a partir de una fotografía de Alfred Maudslay de 1889.

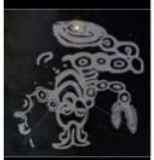
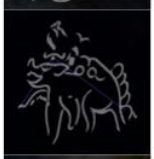
las figuras contenidas en ellas tienen un carácter celestial. Sin embargo, si se tratara de un zodiaco faltarían dos recuadros iconográficos en el dintel para completar 26 elementos, como múltiplo de 13 casas zodiacales. Por otra parte, la tortuga, identificada generalmente como el cinturón de Orión no está dentro de la franja zodiacal. En suma, lo que tenemos en el códice y en el dintel son asterismos zoomorfos que podían estar al norte o al sur de la eclíptica, y por lo tanto no conforman un zodíaco en los términos occidentales de la astrología.

En los párrafos anteriores que tratan sobre la Vía Láctea y sobre el zodiaco se han mencionado constelaciones, en un extraordinario trabajo del Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural de la Universidad Autónoma de Honduras, Rodas y Mejuto [2020] utilizando como herramienta informática el planetario digital *Stellarium*, identifican las más importantes constelaciones zodiacales de los mayas, en su sentido estricto por tratarse de asterismos de animales. Es necesario apuntar al respecto que para el caso del Altiplano Central mexicano, la descripción de fray Bernardino de Sahagún permitió identificar los principales asterismos entre los nahuas, pero para el caso de los mayas no fue sino hasta la segunda mitad del siglo XX, que los estudios sobre la interpretación de la escritura maya permitieron identificar y ubicar en el cielo las constelaciones de los mayas.

La información recopilada sobre constelaciones mayas por Rodas y Mejuto [2020], incorpora el significado para los antiguos mayas a partir del *Códice París*, los murales de Bonampak y la iconografía recopilada en estelas acorde a los estudios recientes de mayistas y epigrafistas como los trabajos de Linda Schele, Jesús Galindo, y Šprajc entre otros.

DERECHA

Constelaciones zodiacales mayas según Rodas y Mejuto [2020] en el planetario digital *Stellarium* v. 0.22.0 con apuntes del autor para inicios del siglo XVI y posición en coordenadas ecuatoriales [E].

		CONSTELACIÓN		COORDENADAS
		maya	occidental	[E]
	zopilote	Ch'oom	Cetus	$\alpha = 2^h\ 10^m\ 46^s$ $\delta = +5^\circ\ 31'\ 17''$
	tiburón	Xoc	Sagitario	$\alpha = 13^h\ 38^m\ 17^s$ $\delta = -33^\circ\ 53'\ 34''$
	búho	Kulte'	Tauro	$\alpha = 3^h\ 47^m\ 42^s$ $\delta = +9^\circ\ 20'\ 52''$
	jaguar	Balaam	Microscopium	$\alpha = 20^h\ 47^m\ 43^s$ $\delta = -34^\circ\ 07'\ 55''$
	sapo	Uo	Corvus	$\alpha = 12^h\ 04^m\ 36^s$ $\delta = -13^\circ\ 45'\ 48''$
	muerte	Kimi	Leo	$\alpha = 9^h\ 24^m\ 50^s$ $\delta = +6^\circ\ 34'\ 36''$
	escorpión	Sina'an	Escorpión	$\alpha = 16^h\ 18^m\ 32^s$ $\delta = -33^\circ\ 14'\ 10''$
	pecarí	Kitam	Géminis	$\alpha = 7^h\ 15^m\ 4^s$ $\delta = +29^\circ\ 05'\ 59''$
	serpiente	Chaan	Corona Austral	$\alpha = 17^h\ 51^m\ 33^s$ $\delta = -34^\circ\ 27'\ 56''$
	murciélago	Zotz	Cetus	$\alpha = 0^h\ 18^m\ 49^s$ $\delta = -20^\circ\ 42'\ 32''$
	tortuga	Aak	Orión	$\alpha = 5^h\ 11^m\ 21^s$ $\delta = +1^\circ\ 37'\ 48''$

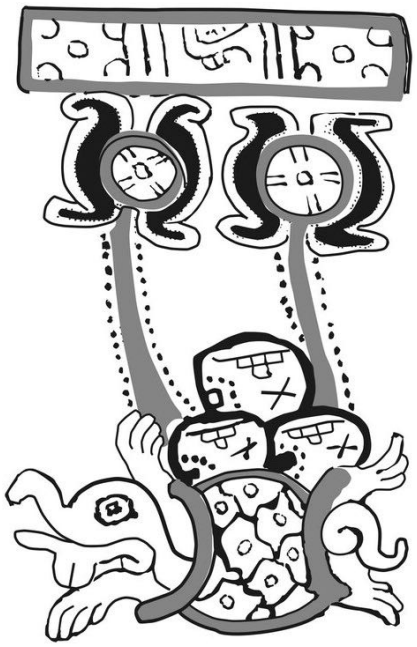
5.5.6.3 Constelación de Orión

En la tradición Occidental predomina la cultura de identificación y denominación de las estrellas. Sin embargo, esta catalogación celestial no es la única ni la mejor. Por su parte, la civilización mesoamericana aportó su propia interpretación simbólica de la bóveda celeste asignando nombres y composiciones estelares. El asterismo más conocido del cielo para todas las civilizaciones del mundo es el cinturón de Orión que se identifica fácilmente por tres estrellas brillantes alineadas que son visibles desde ambos hemisferios, este hecho las hace inconfundibles y universales. En el hemisferio norte, Orión es visible a lo largo de toda la noche durante el invierno; y en contra parte para el hemisferio sur durante el verano es visible toda la noche.

Entre los mayas del período Clásico las tres estrellas que conforman el cinturón de Orión forman parte del cuerpo de una tortuga celeste. El quelonio está asociado directamente con los mitos de creación, donde en el amanecer del día 4 Ahau 8 Cumku, fecha sagrada de inicio del ciclo maya,[185] las tres piedras del fogón original se posicionaron sobre el cenit para dar paso al renacimiento de Hun Nal Ye, el primer padre, quien es la deidad del maíz que brota del caparazón de la tortuga primigenia, cuyo cuerpo está formado por las estrellas del cinturón de Orión.

En el medallón superior de la cámara dos en los murales de Bonampak se encuentra plasmada la imagen de una tortuga que podría estar relacionada con Aak Ek, 'Estrella Tortuga', pues sobre su caparazón lleva tres glifos estelares, como vemos en la página 333; sin embargo, algunas fuentes etnohistóricas asocian esta imagen con la constelación de Géminis. En el *Códice Madrid* quedó registrada una imagen alusiva a lo descrito para Bonampak con una tortuga que presenta tres piedras posicionadas en triángulo sobre su caparazón. El animal está suspendido de cuerdas celestes que provienen de dos astros ubicados por debajo de la eclíptica. Las cuerdas son consideradas como cordones umbilicales celestes. Al nacer el dios del maíz, su cordón umbilical se extiende para convertirse en la eclíptica, por donde su esposa, la Luna y sus hijos, el Sol y Venus transitarán durante el nuevo período creativo. Cuando la eclíptica se cruza con la Vía Láctea, es el momento en que surge la planta de maíz, anti-

185 El ciclo del calendario maya de la Cuenta Larga comenzó el día 13.0.0.0.0, que corresponde 4 Ahau 8 Cumku, que equivale, según una correlación al 11 de agosto del 3114 a. C. en el calendario gregoriano; sin embargo, la mayoría de los mayistas prefieren la fecha del 13 de agosto de 3114 a. C.



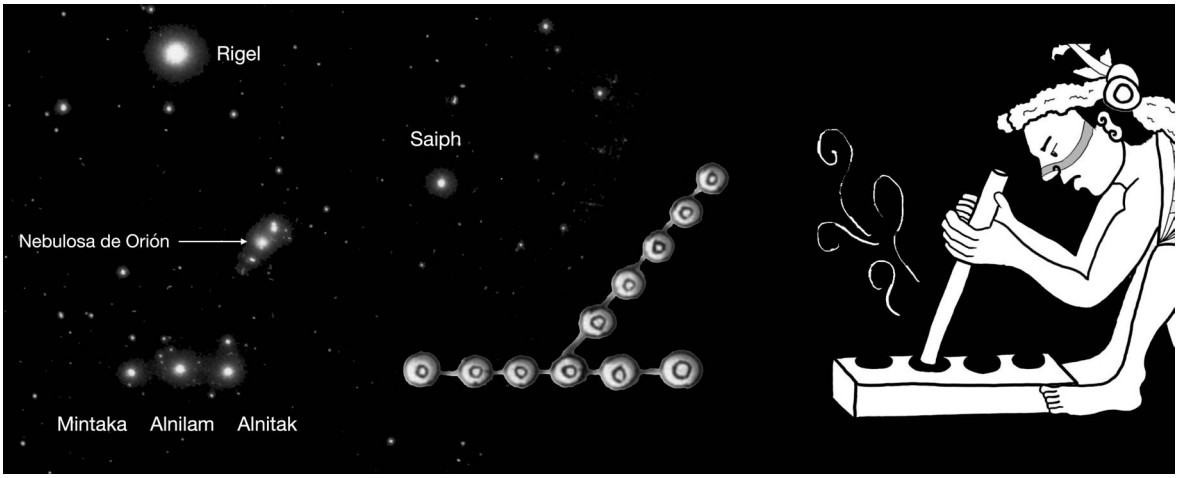
ARRIBA

Representación de la constelación maya de la tortuga en el *Códice Madrid*, p. 71a. Por arriba del quelonio dos glifos que representan eclipses solares unidos por cordones umbilicales celestes a la tortuga. Remata en la parte superior una banda celeste, es la eclíptica, por encima del caparazón de la tortuga las tres estrellas representativas del cinturón de Orión.

guamente conocida como Na Te Kin, el 'Primer Árbol Precioso'. Resulta coherente deducir que, a partir de la cosmovisión maya, la constelación de Orión es el espacio donde nace, habita y es adorado el dios del maíz. El análisis del mito de la creación nos permite apreciar su carácter agrícola, sugerido por el nacimiento de la planta de maíz, es decir, el renacimiento del primer padre. Si trasladamos el hecho mítico al plano real, el nacimiento de la planta de maíz indicaría el inicio del proceso civilizatorio en la región maya de Mesoamérica; el cual queda evidenciado por la aparición de la agricultura y su cultivo más importante, el de maíz [Rocha, 2017: 38].

Con referencia al Centro de México, la narrativa de fray Bernardino de Sahagún apunta a que los nahuas denominaban Mamalhuaztli al patrón estelar que compone el cinturón y la espada de Orión. Para los antiguos habitantes del Altiplano, el *mamalhuaztli* era un instrumento útil para obtener fuego a partir de la fricción de dos palos, les parecía al mirar al cielo que había una semejanza entre la forma del utensilio y la disposición de estas estrellas. Aseguraba el clérigo del siglo XVI, que de ahí les vino la forma de sacar fuego para su rito y ceremonia del Fuego Nuevo. Sahagún [1985: 434] en su libro VII, capítulo III, así describe al Mamalhuaztli:

> Hacía esta gente particular reverencia y particulares sacrificios a los Mastelejos del cielo que andan cerca de las Cabrillas, que es en el signo del Toro. Hacían estos sacrificios y ceremonias cuando nuevamente parecían por el oriente, después de la fiesta del Sol. Después de haber ofrecídole incienso, decían: "Ya ha salido Yoaltecutli y Yacauiztli. ¿Qué acontecerá esta noche? o ¿Qué fin habrá la noche, próspero o adverso?". Tres veces ofrecían incienso, y debe ser porque ellas son tres estrellas: la una vez a prima noche, la otra vez a hora de las tres; la tercera cuando comienza a amanecer.
>
> Llaman a estas estrellas Mamalhuaztli, y por este mismo nombre llaman a los palos con que sacan lumbre, porque les parece que tienen alguna semejanza con ellas, y que de allí les vino esta manera de sacar fuego. De aquí tomaron por costumbre de hacer unas quemaduras en la muñeca los varones, a honra de aquellas estrellas; decían que el que no fuese señalado de aquellas quemaduras, cuando se muriese, que allá en el infierno habían de sacar el fuego de su muñeca, barrenándola como cuando acá sacan el fuego del palo.



ARRIBA

Al centro la representación de la constelación Mamalhuaztli, según el fol. 282r de los *Primeros Memoriales*, de fray Bernardino de Sahagún, que evoca a los instrumentos ceremoniales utilizados para encender el Fuego Nuevo como se aprecia en la imagen de la derecha; a la izquierda, fotografía reciente de la constelación de Orión con los nombres occidentales de las estrellas que la conforman.

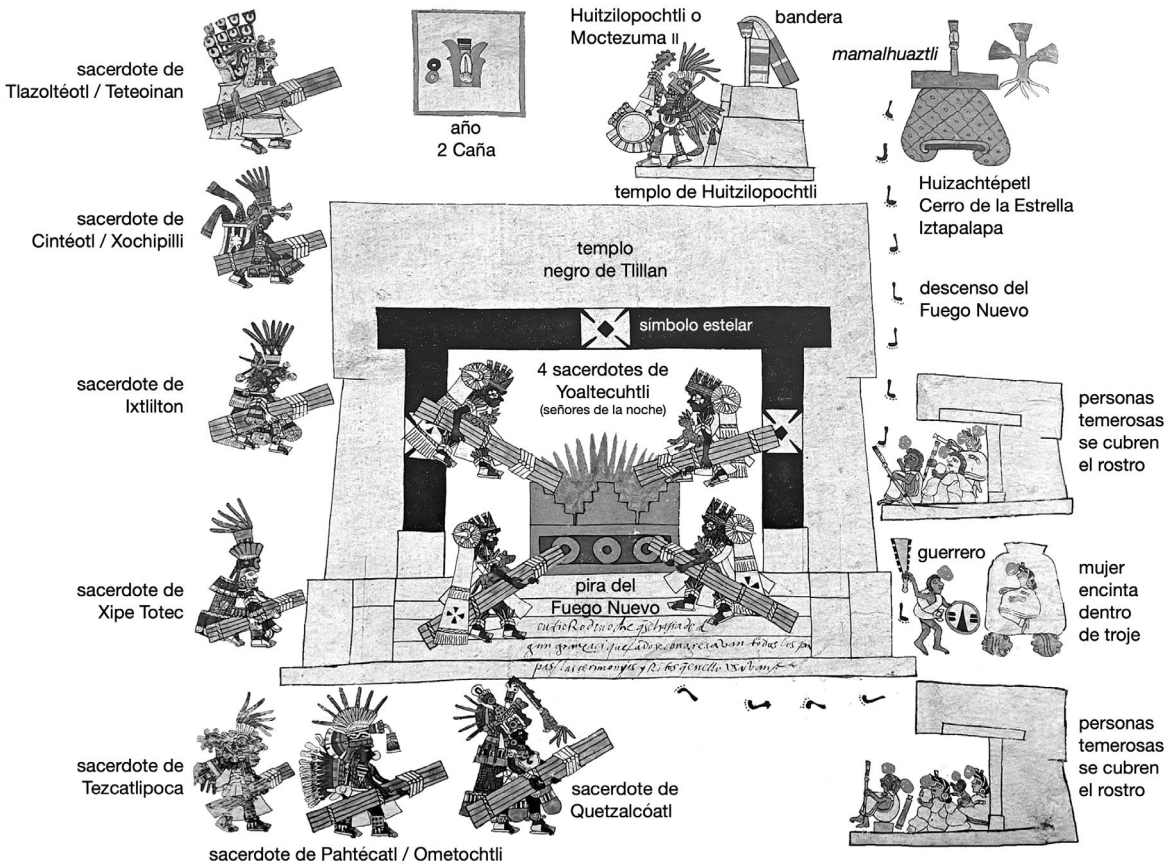
Si la composición en el cielo invitó a interpretar por su formación el encendido del fuego, bien quedaría entonces considerar que el chispazo de dicho ejercicio podría tratarse de la supernova del Cangrejo,[186] que estalló durante la primavera del año 1054 d. C., su brillo fue tal que durante 23 días relució en el cielo diurno, suceso que posteriormente se observó durante la noche por casi dos años. Las crónicas japonesas consignaron que brillaba como un cometa de rayos cortos y que era del tamaño de Júpiter, los chinos también hicieron registro de este suceso argumentando que brillaba hasta cuatro veces más que Venus. Acaso esta explosión celeste a una distancia angular de 23º del Mamalhuaztli podría haber sido un referente simbólico a la ceremonia del Fuego Nuevo, ¿sería la chispa del fuego celeste la explosión de la supernova y el humo que sale del Mamalhuaztli la Nebulosa de Orión? Si duda una conjetura interesante.

Según los *Primeros Memoriales* de Sahagún, la constelación del Mamalhuaztli estaba relacionada con el cúmulo estelar de las Pléyades durante la ceremonia del Fuego Nuevo. La ceremonia del Fuego Nuevo fue en muchos sentidos la celebración calendárica más importante entre las culturas del centro de México por muchos siglos. Este ritual está documentado por fuentes etnohistóricas compiladas en el siglo XVI por frailes de las órdenes mendicantes.[187] La ceremonia del Fuego Nuevo o *xiuhmolpilli*, el "atado de los años" se celebraba al final de un período de cincuenta y dos años para dar cabida a un nuevo ciclo de vida con la misma duración. El mayor temor era que durante la celebración el fuego no pudiera encenderse, esta sería la antesala de que

186 Recientemente Daniel Flores y Marie Areti Hers, asumen que hallaron un registro arqueológico de dicha explosión en un petrograbado de influencia teotihuacana en la región duranguense de Tuitán.

187 Véanse en este volumen las páginas: 87, 223, 228 y 240.

el mundo se hundiría en la oscuridad y el tiempo se detendría, así que todos esperaban expectantes que el fuego se encendiera para entonces dar cabida con júbilo a un nuevo ciclo de vida. La última celebración que realizaron de manera fastosa los mexicas fue en 1507, doce años antes de que Occidente irrumpiera en Mesoamérica, de este suceso tenemos una descripción detallada no solo en las fuentes históricas, sino iconográfica en el *Códice Borbónico*, lámina 34, donde se establece que el ritual se realizó en el año 2 Caña (1507) en el Huizachtépetl, hoy Cerro de la Estrella, en la alcaldía de Iztapalapa, Ciudad de México.



ARRIBA

En el *Códice Borbónico*, lámina 34, se ilustra la celebración del Fuego Nuevo en el Templo Mayor de Tenochtitlan según Broda [2002: 163], para Vela [2009] se trata del templo de Tillan Cihualcátl. Sea cual fuere el templo, el fuego procede del Cerro de la Estrella, en Iztapalapa, Ciudad de México. Durante la ceremonia, se ocultaba a las mujeres encintas en grandes trojes por temor a que las *tzitzimime* las dañara; los niños se mantenían despiertos, pues si se dormían se convertirían en ratones. El resto de la población portando máscaras debían observar y esperar en sus casas hasta que la nueva flama señalara que el mundo no se terminaría.

Para Silvia Trejo [2002: 119], antes de la media noche comenzaban los preparativos en el templo del Huizachtépetl, esperando que el Mamalhuaztli celeste cruzara por el cenit, para entonces,

en un momento de clímax ritual encender la solemne pira utilizando para ello un *mamalhuaztli* sobre un cautivo sacrificado. Sin embargo, pudo tratarse de otro asterismo y no del cinturón de Orión, en efecto, según la crónica de fray Bernardino de Sahagún [1985: 260] se trata de las Cabrillas, un asterismo que hoy conocemos como las Pléyades, cuando estas a la media noche alcanzaban su punto más alto en el cielo. Al cúmulo estelar de las Pléyades, los mexicas denominaban Tianquiztli, "el mercado", así lo describe el fraile:

> [...] a prima noche, iban hasta la cumbre de aquel cerro que está cabe Itztapalapan (Iztapalapa), y que ellos llaman Uixachtécatl (Huizachtépetl, Cerro de la Estrella); y llegada a la cumbre a la medianoche o casi, donde estaba un solemne cu edificado para aquella ceremonia; llegados allí miraban a las Cabrillas (Pléyades), si estaban en medio, y si no estaban esperaban hasta que llegasen; y cuando veían que ya pasaban del medio, entendían que el movimiento del cielo no cesaba y que no era allí el fin del mundo, sino que sabían de tener otros cincuenta y dos años seguros que no se acabaría el mundo.

Según Johanna Broda [2002: 150-151], se trata del momento en que las Pléyades pasaban por el cenit. Apoyada en cálculos astronómicos de Aveni, Broda considera que el paso de las Pléyades por el cenit tenía lugar en la época mexica alrededor del 16 de noviembre a la media noche. Por otra parte, sustentada en la correlación del calendario mexica de Tichy, asume que esta fecha coincidía con los últimos días del mes prehispánico de Quecholli. Para Broda, no es relevante determinar el día exacto en que se realizaba la ceremonia, sino el hecho de que la fiesta del Fuego Nuevo se conmemoraba entre los últimos días de la veintena Quecholli y los primeros de Panquetzaliztli.

Considero pertinente advertir al lector que los asterismos prehispánicos del Mamalhuaztli (el cinturón de Orión) y Tianquiztli (las Pléyades) no alcanzan el cenit observados desde la cuenca de México. Me explico, para principios del siglo XVI, las Pléyades distaban del cenit en una medida angular de 3º, para ubicarlas justamente en el cenit habría que posicionarse unos 300 km al norte, sobre la latitud 22º 30´; con referencia al Mamalhuaztli, la diferencia es aún mayor, con 23º de separación, situarlas en el cenit obligaría a estar en el sur sobre el Ecuador terrestre. Así que en ambos casos no se hace referencia en la fuente histórica a su paso por el cenit, sino a su culminación superior, que en otras palabras es la altura máxima que un cuerpo celeste al-

canza en el cielo, esto sucede cuando cruzan por el meridiano. Por otra parte, si aceptamos la fecha propuesta por Broda del 16 de noviembre para el paso de las Pléyades por el meridiano, este evento no aconteció como se asume a la media noche, sino una hora y dieciséis minutos antes, a las 22:44 hora local. Para ajustarse a la media noche, la fecha precisa que propongo es el 30 de octubre; además, en esta fecha coinciden el inicio de una veintena y una trecena, un hecho poco común en el calendario, siendo más específico: el 30 de octubre empieza la veintena de Quecholli[188] y la trecena de Ce Xóchitl.

Continuando con el asterismo del Mamalhuaztli, para Alvarado Tezozómoc [1944: 396-397], son las estrellas que se conocen como las Llaves de San Pedro, así lo apunta en su *Crónica mexicana* del año 1598:

> [...] y sobre todas estas cosas de avisos y consejos, el tener especial cuidado de levantaros a media noche, que llamaban yohualitqui mamalhuaztli las llaves que llaman de San Pedro de las estrellas del cielo, Citlaltlachtli el norte y su rueda, ytianquiztli las cabrillas, la estrella del alacrán figurada colotlixayac, que son significadas las cuatro partes del mundo, guiadas por el cielo; y al tiempo que vaya amaneciendo tener gran cuenta con la estrella Xonecuilli que es la encomienda de Santiago, que es la que está por parte del Sur, hacia las Indias y chinos, y tener cuenta con el lucero de la mañana, y al alborada que llamaban Tlahuizcalpan Teuctli: os habéis de bañar y hacer sacrificio; embijaros de negro, y luego habéis de hacer penitencia de punzaros y sacaros sangre de las orejas, molledos y piernas; tomar luego el incensario, y antes que le echéis el sahumerio de copal, mirar hacia el noveno cielo y sahumar.

Alvarado Tezozómoc al referirse a las llaves de San Pedro, es posible que se refiera a la constelación de Aries, pues durante la Edad Media, se cambiaron los nombres griegos de las constelaciones a denominativos cristianos.

Centremos ahora nuestra atención solo al cinturón de Orión, con sus tres estrellas: Mintaka, Alnilam y Alnitak, este asterismo era conocido por los europeos del siglo XVI, como los Mastelejos según fray Bernardino de Sahagún.[189] Al parecer la palabra mas-

188 Según la correlación de Sahagún.

189 Es necesario apuntar que sin importar de que se trata del mismo autor, hay divergencias en su descripción de los cuerpos celestes como lo advierte Anderson [1994: 64] al mostrar diferencias entre los *Primeros Memoriales* y el *Códice Florentino*.

telejo deriva de la palabra mástil o mastel, porque los marineros equiparaban a las tres estrellas del cinturón de Orión con los tres mástiles principales de sus naves: trinquete, mayor y mesana. Sin embargo, hay quienes consideran que los Mastelejos no conciernen al cinturón de Orión, sino a los Castillejos, un conjunto de estrellas que se encuentran cerca de las Cabrillas, identificadas como la constelación de Aldebarán, un segmento de la actual constelación de Tauro. Cabe apuntar que Michael Coe [cit. por Galindo, 1994: 93], al consultar el *Diccionario* de Nebrija, publicado en 1493 o 1495, encontró que los Castillejos originalmente si se refirieren a la constelación de Orión. Los Mastelejos podrían relacionarse también con las Híades del Tauro y su ojo, que es la estrella Aldebarán.

Para el padre Alonso de Molina [1970: 15 y 52], en su *Vocabulario* de 1571, apunta que los Mastelejos atañen a la constelación de los Astillejos. Los Astillejos, según el *Diccionario histórico de la lengua española* [Academia española, 1933: 892] se refiere al nombre que se empleaba en la antigüedad para identificar a las estrellas Cástor y Pólux, dos de las dieciocho estrellas que formaban la constelación de Géminis. Este criterio se corrobora con lo escrito por fray Pedro de Aguado [1917: 169], quien afirmaba que ciertos naturales de lo que hoy es Colombia presumían que las estrellas, que los europeos del siglo XVI denominaban las Cabrillas, eran las hermanas de los Astillejos que eran las estrellas Cástor y Pólux de la constelación de Géminis contigua a la de Tauro. Aunque para otros, los Astillejos corresponden a las Híadas, un cúmulo estelar como el de las Pléyades. Por cierto, son tan cercanas las Pléyades y las Híadas, que hacen una singular aglomeración visual. Finalmente, para cerrar este apartado, resulta interesante considerar que la palabra mastelejo no se refiera a ninguna constelación en particular, sino a un término genérico para estrella, pues mastelejo podría tratarse de la corrupción de la palabra astillejo; se asume entonces, que la voz astillejo provine del griego *ἀστήρ* (*astḗr*), que significa estrella, por ejemplo, la palabra asterismo es útil en esta entrega para referirse a un conjunto de estrellas.

Finalmente, para cerrar el apartado sobre la constelación de Orión, tenemos que las estrellas Rigel y Bellatrix, según Morante [2021: 220] son las deidades estelares de Yohualtecuhtli y Yacahuitztli. Yohualtecuhtli, es otro nombre de Tezcatlipoca y Yacahuitztli corresponde a Yacatecuhtli, dios de los mercaderes, también vinculado a Tezcatlipoca. Yohualtecuhtli, para los mexicas era el Señor de la Noche y de las horas nocturnas, y Yacahuitztli era otra de sus advocaciones, pero asociado a la puesta del Sol.

Según el astrónomo Joaquín Gallo [1954: 13] el Mamalhuaztli estaba conformado por Yohualtecuhtli, que corresponde al cinturón de Orión y Yacahuitztli, a la espada. Aunque para Chavero, Yohualtecuhtli, corresponde a la estrella roja que conocemos como Aldebarán, la estrella que presidía la noche.

Sin duda el lector dará cuenta que tantas discrepancias poco ayudan para desenredar tanta confusión, pareciera que no es posible interpretar de manera correcta el paisaje celeste del México antiguo.

5.5.6.4 Cúmulo estelar las Pléyades

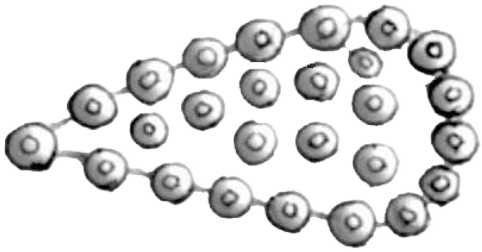
Las Pléyades son un cúmulo estelar abierto compuesto de estrellas calientes del tipo Espectral B. El cúmulo se ubica en la constelación de Tauro, y por ser el cúmulo más cercano a la Tierra es perceptible a simple vista. Las Pléyades son un grupo de estrellas que también se conocen con el nombre de Las Siete Hermanas o Cabrillas, su fácil identificación en el cielo nocturno las colocó como preponderantes en términos culturales.

Las Pléyades son una de las constelaciones más importantes en Mesoamérica, ya que la salida heliaca de esta constelación anunciaba el inicio del tiempo de lluvias y con ello el inicio del ciclo agrícola. Las Pléyades, junto con la constelación Orión marcan los ciclos de siembra y nacimiento del maíz de temporal, dividiendo el año en dos partes: la del cultivo y la de la cosecha [Broda, 2002: 162]. Durante el mes de mayo, corresponde al mes mexica de Tóxcatl, las Pléyades desaparecen de la visibilidad del cielo nocturno precediendo al paso cenital del Sol y con ello se marca el comienzo de la época de lluvias [ibidem: 157].

Por otra parte, resulta interesante la dicotomía posicional entre las Pléyades y la constelación de Escorpión, situadas a 180º de distancia una de la otra, expresan, por lo tanto, una relación de contrarios que es al mismo tiempo de complementos estacionales, esto según Broda [2002: 154-155], expresa una estructuración básica del tiempo y del espacio en forma de un diagrama cósmico que divide el tiempo y el espacio del cielo nocturno en dos secciones más o menos simétricas; representan un eje que se puede usar como línea de orientación para calcular distancias en el espacio celestial y terrestre.[190]

190 Esta propuesta al comprobarse en el planetario Stellarium para el siglo XVI, no es tan convincente, pues Escorpión apenas culmina a 40º por encima del horizonte, así que no alcanza una altura considerable en el cielo.

Los mexicas según Sahagún identificaban a las Pléyades con el nombre de Tianquiztli y Miec, palabras que tenían por significado mercado o muchedumbre, marcando así una similitud entre el aglomerado estelar y el humano.



IZQUIERDA

Representación de la constelación de las Pléyades, denominada Tianquiztli por los nahuas según el fol. 282r de los *Primeros Memoriales*.

Las Pléyades fueron prominentes para marcar el momento idóneo para realizar la ceremonia del Fuego Nuevo, como ya se apuntó párrafos atrás en el apartado que trata sobre la constelación de Orión, cabe mencionar que los mexicas denominaban a la solemnidad del Fuego Nuevo como Toximmolpilia, y que los principales protagonistas de este acontecimiento eran los sacerdotes del fuego denominados *tlahuizcalli* traducido como aurora, porque ellos eran los que encendían el Fuego Nuevo en el templo del Huizachtépetl cuando las Pléyades alcanzaban su culminación superior a la media noche, estos personajes aderezaban su rostro con una máscara bucal de largos colmillos, cruces en forma de aspa rodeando los ojos, chalchihuites como orejeras y en la frente un rosetón de papel. Los personajes así representados se han identificado con Tlahuizcalpantecuhtli, el dios del amanecer.[191]

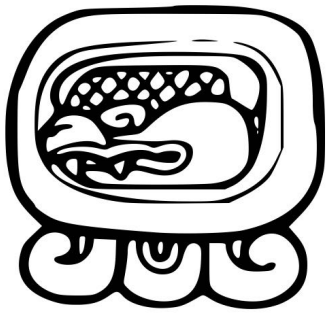
Según Broda [2002] en su extraordinaria publicación sobre las Pléyades, existen variantes en la lengua maya para designar a las Pléyades, en todos los casos se les denomina con términos similares a los utilizados por los nahuas para referirse de las Pléyades como multitud o como algo amontonado; por ejemplo, los mayas quichés utilizan la palabra *motz*, que significa puñado o montón, pues asumen al cúmulo estelar como un puñado de semillas de maíz, considerando que su primer avistamiento en el horizonte marca el inicio de la época de siembra. Otras comunidades utilizan el término *tzáab*, que se traduce según el diccionario maya-español *Calepino de Motul* como cascabel de serpiente, así que resulta coherente que en el *Ritual de Bacabes* se presente una diosa asociada con las Pléyades denominada "La de los Cin-

ABAJO

Tlahuizcalpantecuhtli, como deidad del amanecer muestra la indumentaria facial de los sacerdotes dedicados a encender el Fuego Nuevo según una escultura mexica en la que se destaca la máscara bucal de largos colmillos, chalchihuites como orejeras, en la frente un rosetón de papel y como antifaz un par de cruces en forma de aspa rodeando los ojos que supongo eran útiles para filtrar la luminosidad de quienes miraban al Sol con detenimiento durante el amanecer, Museo Nacional de Antropología, México.



191 Véase la propuesta de Bertina Olmedo, curadora del Museo Nacional de Antropología en línea para 5 de septiembre de 2022 <https://www.mna.inah.gob.mx/detalle_pieza_mes.php?id=81>.



ARRIBA

Chicchan también era el nombre de un día del calendario *tzolkin* y del dios asociado al número 9. Se ha propuesto que Chicchan en su aspecto celeste asume funciones de fertilización y es proveedora de agua, según Mercedes de la Garza, es la forma deificada de la serpiente de cascabel de la especie *Crotalus durissus terrificus*.

co Cascabeles". En todo caso, para Milbrath [2016: 17-18] las Pléyades son la representación de los cascabeles de la serpiente Chicchan que trae la lluvia, en su aportación que nos conduce al apropiado término de *agroastronomía*, la serpiente Chicchan es la contraparte de Quetzalcóatl para el Altiplano como advocación de Venus, sucede que cuando Venus -la serpiente- pasa por las Pléyades que son su cascabel en los meses de marzo y abril, el crótalo se complementa simbólicamente, es así como la serpiente Chicchan porta cascabeles en el principio de la secuencia calendárica del *Códice Madrid*. Para Milbrath, no hay duda de que el posicionamiento de Venus cerca de las Pléyades se convirtió en un marcador para el inicio de la estación agrícola.

Los lacandones contemporáneos también reconocen a las Pléyades con la palabra *tzáab*, para ellos representa la sonaja de la serpiente de cascabel, que por cierto se relaciona con el dios creador Itzamná según Tozzer y Brinton [cit. por Broda, 2002: 150], sustentando este criterio encontramos en el *Chilam Balam de Chumayel* que el dios creador Itzamná lleva el símbolo de *tzáab* en su cara, también la diosa mexica Coyolxauhqui manifiesta como una de sus características iconográficas cascabeles en sus mejillas, aunque estos son de cobre.

5.5.6.5 Constelación de Escorpión

El mito occidental que da sentido simbólico a la constelación del Escorpión[192] cuenta que Orión, el cazador, fue cegado por el rey Enopión de Quíos por haber intentado seducir a su hija, y mientras vagaba ciego por el mundo pisó un escorpión que lo picó con su aguijón, provocando su muerte. Los dioses elevaron a Orión y al escorpión a los cielos colocándolos en extremos opuestos de la bóveda celeste, de forma que cuando el Escorpión sale por el horizonte, Orión se oculta huyendo del animal que causó su muerte. Orión, según la mitología griega se desplaza en el cielo hacia el oriente, siguiendo al Sol, con la intención de recuperar la vista, que por cierto recobró. En otras variantes míticas, Orión el más hermoso de los mortales es el amante de Eos, la diosa del amanecer y en su aspecto celeste Orión es la conste-

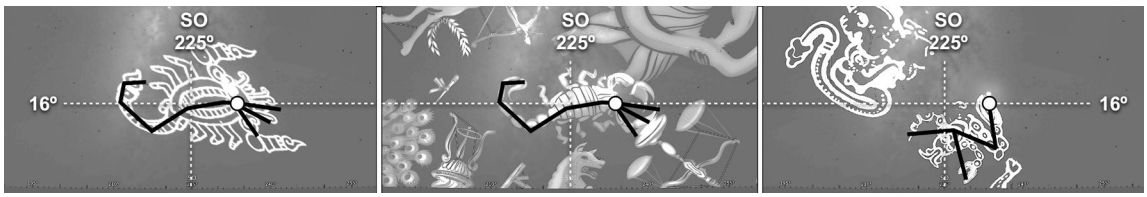
192 En esta entrega se utiliza el término escorpión para distinguir a la constelación y no la palabra alacrán, el lector no debe confundirse considerando que se trata de especies diferentes de artrópodos, son el mismo animal reconocido con palabras diferentes según el país o la región, se suele usar más una u otra.

lación cuyos movimientos son determinantes para organizar las faenas agrícolas de la antigüedad en el Viejo Continente.

He recurrido a citar el mito griego de la constelación del Escorpión porque es el único caso donde Occidente y Mesoamérica coinciden en la identificación de una constelación. El escorpión es un artrópodo arácnido depredador de picadura mortal por su uña venenosa -aguijón- que porta en el extremo de su icónico metasoma curveado que lo hace singularmente perceptible en el cielo nocturno. Obviamente el mito celeste mesoamericano es distinto del griego, como también lo considera Torres [2002], pero no deja de sorprendernos cómo este artrópodo de distribución global impactó en el imaginario colectivo de tal manera que se le identificó en el cielo por civilizaciones distantes en tiempo y espacio; es una hierofanía. La relevancia de la constelación del Escorpión y su primordial estrella Antares, su relación con el jaguar y el planeta Venus ya han sido glosadas en esta obra, sobre todo entre las páginas 147, 311, 318 y 335; a esas líneas se agregan los siguientes apuntes.

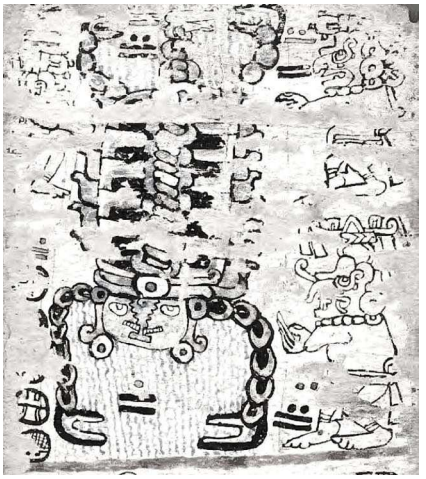
ABAJO

Diferentes registros de la constelación del Escorpión según *Stellarium*: izquierda, nahuas; centro, actualidad; derecha, mayas. Todos los asterismos en la misma posición para el 30 de septiembre de 2022 a las 21:30 horas, sobre el horizonte al SO (225°), se destaca la estrella Antares a 16° de altura.



La importancia de la constelación del Escorpión dentro de la cosmovisión mesoamericana radicó en la aparición por el horizonte occidental de Antares, que es la estrella más brillante de la constelación del Escorpión, que antecede en un rango aproximado de una semana a un día a la salida heliaca de las Pléyades por el oriente, y corresponde siempre con el inicio de la época de las primeras lluvias. El Escorpión cruzaba el meridiano al final de la estación de secas, marcando así con su aparición en el cielo nocturno el final de esta época del año. Se explica la iconografía ligada al escorpión expresada en el *Códice Madrid*, láminas 7 y 31 y su doble relación tanto con motivos pluviales como de la caza ritual asociada al tiempo de secas.

El registro superior de la página 7 del *Códice Madrid* presenta un almanaque con un gran escorpión, pintado de negro, rojo y azul, flanqueado por 3 deidades, que incluyen a Chaac, en la parte inferior derecha; Itzamná, en la parte superior derecha; y una tercera figura, que esta erosionada, en la esquina superior izquierda. El escorpión está en posición descendente, y de sus patas inferiores y superiores brota lluvia. Su rostro tiene apariencia humana, e incluye una nariguera y orejeras. La mayor



ARRIBA

Un escorpión descendente con rostro humano asociado a la lluvia en la página 7 del *Códice Madrid*.

parte de la columna inicial con fechas del *tzolkin* está erosionada, pero parece comenzar con 13 Kab'an.

En la página 31 del *Códice Madrid* otra representación de un escorpión asociado a la lluvia, se trata, al igual que la cita anterior de la página 7 de un almanaque, en la parte central de la página se representa a Chaac pintado de azul, está suspendido en el cielo con brazos y piernas abiertos. Lleva una cola de escorpión y de las entrepiernas brota agua. Sentadas en cada uno de los cuatro rumbos hay una rana luciendo un collar de cuyas bocas también brota agua, cada rana está asociadas a uno de los cuatro punto cardinales.



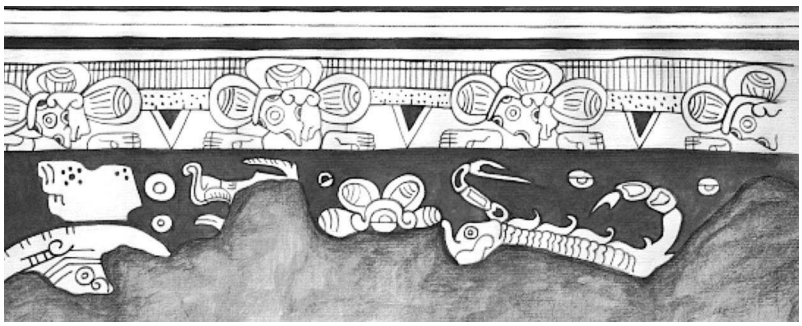
DERECHA

Chaac con el icónico metasoma curveado de escorpión es flanqueado por los rumbos del Universo representados por cuatro ranas en sus extremos, página 31 del *Códice Madrid*.

Para los mayas según el *Diccionario de Motul*, la constelación de Escorpión podría tratarse de Síina'an Eek', 'Estrella Alacrán'. Por su parte Lamb [cit. por Galindo, 1994], cree que Ek Chuah, otro tipo de alacrán podría significar Estrella Escorpión.

En Mitla, urbe distintiva de la cultura zapoteca, se representa en un mural del Grupo I, la conjunción entre la constelación del Escorpión y el planeta Marte según Daniel Flores [2008: 362-363], así que la importancia de esta constelación en la cosmovisión mesoamericana está arraigada a su aparición en el horizonte y en la relación con las conjunciones que ocasionalmente tiene con otros astros durante el año.

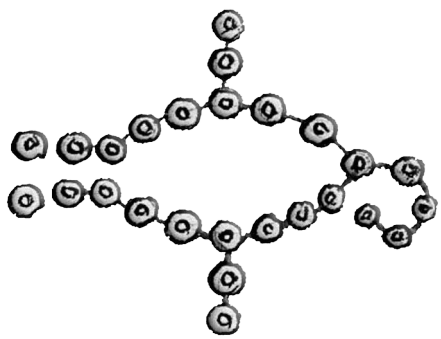
Para las culturas del Altiplano Central de México la constelación de Escorpión es Citlalcólotl, compuesto de las palabras nahuas *citlali*, 'estrella'; y *colotl*, 'escorpión': "Estrella Escorpión",



IZQUIERDA

El mural del dintel norte del Grupo I, que corresponde al Patio I de Mitla en Oaxaca, según Flores [2008, figura 11.5] muestra el perfil de un escorpión asociado al planeta Marte acompañado de glifos estelares característicos de la cultura zapoteca.

también con la palabra *colotlixayac*, de las voces nahuas *colotl*, 'escorpión; y *xayac*, 'cara': "Cara de Escorpión". La cola enroscada del lado derecho de la figura es semejante a la cola enroscada de la constelación moderna, pero es evidente que las culturas mesoamericanas veían el resto del grupo estelar combinado de manera distinta con partes de constelaciones adyacentes. Según Aveni [2013: 59] las estrellas Cástor y Pólux son la boca del escorpión y Rigel es el aguijón de la punta de su cola. Como la zona de nuestro Escorpión está atestada de estrellas de la Vía Láctea es imposible identificar a estrellas específicas. Escalona Ramos [1940, cit, por Galindo, 1994] no identifica Colotl con Escorpión, sino que propone que el alacrán estelar lo formaban estrellas Betelgeuse y Bellatrix de la constelación de Orión, las de Géminis y el Toro. Las estrellas de esta última constelación configurarían la cola del arácnido.



IZQUIERDA

Representación y de la constelación Citlalcólotl según el fol. 282v de los *Primeros Memoriales*.

Con referencia al Altiplano, en la *Historia General*..., de Sahagún [1985: 435] escribe: *A aquellas estrellas, que en algunas partes se llaman el Carro, esta gente las llama Escorpión, porque tienen figura de escorpión o alacrán, y así se llaman en muchas partes del mundo*. En los *Primeros Memoriales* del mismo autor [Sahagún, 1974] representa la forma de la constelación del Escorpión. La constelación del Escorpión o Colotl como se denominaba entre los nahuas, se dibuja con las atribuciones de un arácnido, no obstante, el mismo cronista vincula a dos alacranes celestes con la constelación del Carro es decir en la Osa Mayor. Aunque

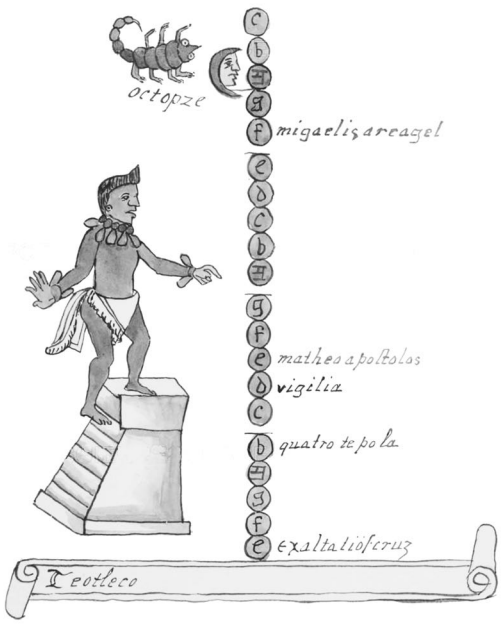
también, podría tratarse de las constelaciones de Acuario, Capricornio, Sagitario, Pez Austral y Águila. Según Orozco y Berra, los mexicas llamaban Colotl Ixayac a la constelación de la Osa Mayor y a la de Escorpión, por lo que podría ser también la Osa Mayor que guarda parecido con la de Escorpión.

En el *Códice Tovar*, el texto describe con gran detalle el festival en honor a Huitzilopochtli. El festival culmina con la aparición de las huellas de un niño a quien se ve yendo hacia una ofrenda de alimentos. Sobre la cabeza del muchacho hay un escorpión. El mes, identificado como octubre con el símbolo astrológico de Escorpio, se llama Teotleco o Pachtontli (la subida de los dioses). El mes estaba dedicado a Huitzilopochtli, el dios del Sol y de la guerra, o Tezcatlipoca (Espejo Humeante), el dios del cielo nocturno y la memoria. El peinado del niño recuerda a las coronas de la nobleza.

También en el *Códice Tovar*, un escorpión junto a una media Luna se representan sobre un joven ataviado que asciende por una pirámide, estos son los distintivos de la veintena de Teotleco o Pachtontli, festividad que conmemoraba el retorno de los dioses, el ritual estaba dedicado a Huitzilopochtli para los mexicas, pero para otros pueblos del Altiplano no sujetos a los mexica se rendía pleitesía a su advocación como Tezcatlipoca, deidad relacionada al cielo nocturno, por eso llama la atención que se represente junto a la Luna, por lo que se asume es la constelación del Escorpión. La veintena de Teotleco o Pachtontli ocurría en fechas que en nuestro calendario corresponden al mes de octubre, época del año en que la constelación del Escorpión se aprecia después del ocaso sobre el horizonte al suroeste.

DERECHA

Veintena de Teotleco, la subida de los dioses, el decimosegundo mes del calendario solar mexica que corresponde a octubre según el *Códice Tovar*, denota la importacia de un escorpión asociado con la Luna por lo que se asume corresponde a la constelación del Escorpión.



5.5.6.6 Constelación de la Osa Mayor

El jaguar en la cosmovisión mesoamericana posee un carácter nocturno, caza de noche, es su etología, sus facultades visuales son extraordinarias en la oscuridad, es la advocación de Tepeyóllotl, el "Corazón del Cerro", es el octavo Señor de la Noche, divinidad asociada a las cuevas, es el Sol del ocaso, el Sol nocturno. Los totonacas nombran al gran felino *stáku-nisi*, la 'estrella jaguar' [Oliver 1998: 106-107]. En los *Anales de Cuautitlán* se compara el cielo estrellado con la piel manchada del jaguar, se dice que tiene tantas manchas como estrellas. Estos argumentos se sustentan en un fragmento de la *Historia de los mexicanos por sus pinturas*, capítulo tercero, párrafo 44:

> [...] que pasados trece veces cincuenta y dos años, Quetzalcoatl fue sol y dejólo de ser Tezcatlipuca, porque le dio con un gran bastón y lo derribó en el agua, y allí se hizo tigre y salió a matar a los gigantes. Y esto parece en el cielo, porque dicen que la Ursa maior se abaja al agua, porque es Tezcatlipuca y está allá memoria de él.

Así que Tezcatlipoca manifiesta su aspecto zoomorfo, como también lo considera Olivier para la lámina 15 del *Códice Bodley*, donde se representa un jaguar que lleva en su espalda un observatorio astronómico, Yólotl González [1975: 124] asume que se trata de la representación de la Osa Mayor. Según Alfonso Caso [1967: 158], el glifo de bandas entrelazadas corresponde a un gran felino, es una iconografía muy socorrida en la cerámica teotihuacana, posiblemente las bandas sean una representación del cielo. Olivier [1998: 129] también apunta que el viejo dios del trueno podría tratarse de una representación de la Osa Mayor.

Para algunos autores, la Osa Mayor se confunde con la Osa Menor parque a ambas se les asocia con el asterismo mexica del Xonecuilli, el bastón de muescas en forma de "s", en cambio, para fray Bernardino de Sahagún es la constelación del Carro y por lo tanto es la Osa Mayor.

Entre los mayas, la Osa Mayor podría estar relacionada con el nombre que se le da al juego de pelota de Éek'el Eek', 'Oscuridad Estrella'. Otra alternativa de la traducción de éek'el es que significa el manchado, es decir, el jaguar estelar y con ello se asemeja a la narrativa de los mitos del Altiplano.

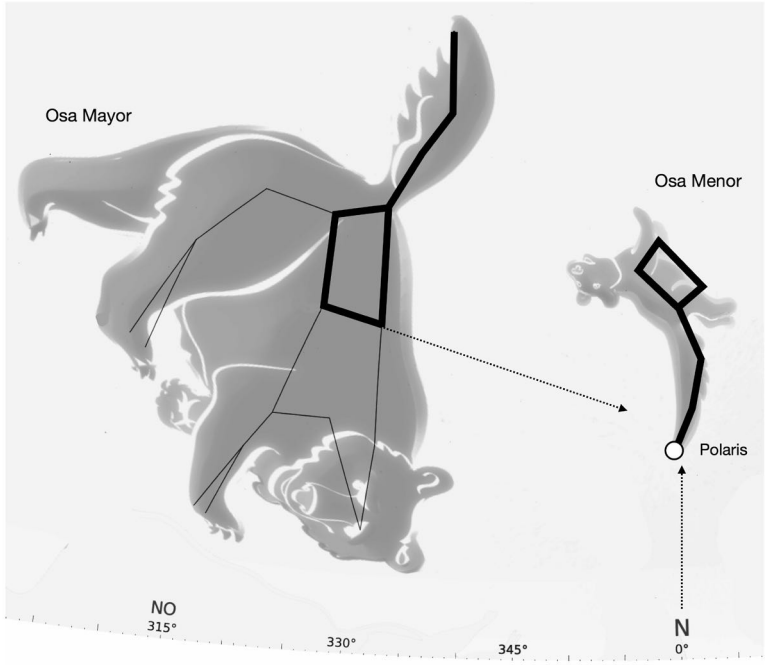
ABAJO

En el *Códice Bodley*, lámina 15, un jaguar porta a la espalda una casa estelar, para Olivier [1998: 103] esta es una representación de la Osa Mayor.



DERECHA

La Osa Mayor y la Osa Menor en su trazo contrapuestas en el horizonte del Altiplano a la media noche del 15 de mayo. Se destaca en la cola de la Osa Menor la estrella Polar o Polaris.



5.5.6.7 Constelación de la Osa Menor y las estrellas circumpolares

El elemento más conocido de la Osa Menor es la estrella polar, llamada Polaris, la cual se encuentra próxima a la prolongación del eje de la Tierra señalando el norte geográfico o verdadero, visualmente se le percibe fija en el cielo marcando el Polo Norte Celeste en la actualidad, porque siglos atrás, por el fenómeno de la precesión de los equinoccios[193] la posición de Polaris era distinta, por ejemplo, hace mil años estaba más distante del Polo Norte Celeste que en la actualidad con una diferencia angular de 6º.

La Osa Menor fue denominada por los nahuas del Centro de México como Citlalxonecuilli, fray Bernardino de Sahagún [1985: 435] apunta sobre esta constelación:

> A las estrellas que están en la boca de la bocina, llamaba esta gente *citlalxonecuilli*. Píntalan a manera de una S, revueltas siete

193 En astronomía, la precesión de los equinoccios o precesión axial es el cambio lento y gradual en la orientación del eje de rotación de la Tierra, que hace que la posición que indica el eje de la Tierra en la esfera celeste se desplace alrededor del polo de la eclíptica, trazando un cono y recorriendo una circunferencia completa cada 25,776 años, período conocido como año platónico. El valor actual del desplazamiento angular es de un grado cada 71.6 años.

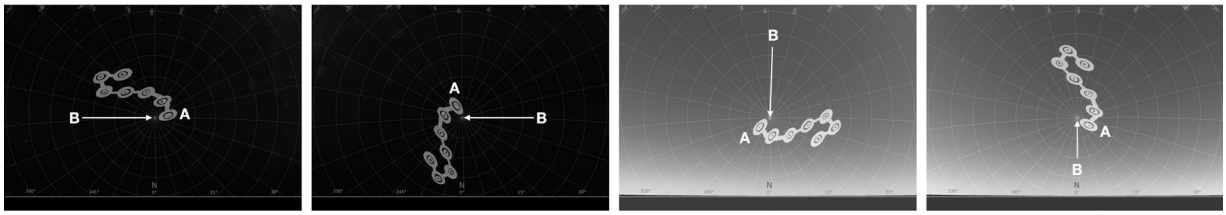
> estrellas; dicen que están por sí apartadas de las otras y que son resplandecientes. Llamanlas *citlalxoneculli* porque tienen semejanza con cierta manera de pan, que hacen a manera de la letra S, al cual llaman *xonecuilli*, el cual pan se comía en todas las casas un día del año que se llama *xochilhuitl*.

Según el *Diccionario de Autoridades* de 1726 [Real Academia Española, 2013], la Bocina es una constelación celeste del hemisferio norte, que consta de cierto número de estrellas, que por su forma retorcida forma una bocina, que es como la llaman los marineros, pero los astrónomos la conocen como Ursa Minor.

Los mexica tlatelolca señalaban la constelación Citlalxonecuilli por siete estrellas resplandecientes medianamente separadas y alineadas en forma de "s". Fray Bernardino de Sahagún, se refiere al *xonecuilli* como las ofrendas de pan que simbolizaban relámpagos y que eran consagradas a las Cihuateteo. Este alimento también se consumía solemnemente en las casas un día al año, en ese contexto recibía el nombre de *xochilhuitl*.

ABAJO

La constelación Citlalxonecuilli como se ilustra en los *Primeros Memoriales* (fol. 282v) se sobrepone al planetario *Stellarium* para denotar su movimiento circumpolar durante un día para la latitud 19º norte en el año de 1507 d. C. Con la letra "A" la estrella Polaris, con la letra "B" el polo norte celeste.



Según Eduard G. Seler [1963: 193-194] la constelación del Xonecuilli, se relacionaba con el dios Mixcóatl, porque éste lleva en la mano un cetro con esta forma, este elemento se asocia también con el rayo que cae del cielo, es un atributo común en varios dioses, representa la actitud de bajar sobre la tierra como seres estelares y astrales.

Para Alvarado Tezozómoc [1987: 584] la constelación del Xonecuilli, no es la Osa Menor, porque afirma que se encontraba al sur, por lo tanto, se trata de la Cruz del Sur, porque la Vía Láctea es el Camino de Santiago y la Cruz del Sur su encomienda:

> (...) y al tiempo que vaya amaneciendo tener gran cuenta con las estrellas [constelación] Xonecuilli que es la encomienda de Santiago, que es la que está por parte del Sur, hacia las Indias y chinos.

En la complejidad y confusión estelar prehispánica, entendemos que la Osa Menor y otros asterismos próximos constituían una

constelación que los nahua asumían era Itzpapalotl, la "Mariposa de Obsidiana", que a su muerte pasó a ser una Mocihuaquetzqui, una de las estrellas acompañantes del Sol e hija de los dioses que regían la Vía Láctea, según *la Histoire du Mexique*. En fuentes del siglo XVI se apunta que ocupaba un lugar relevante en el cielo boreal, precisamente en la Osa Menor y en el Dragón; aunque Galindo [1994] propone que tal constelación estuviese en la Osa Mayor y en el Lince. Resulta interesante saber que Itzpapalotl aparece citada en el *Códice Telleriano- Remensis* como una deidad celeste que cayó a la tierra junto con otros dioses, todos ellos eran tenidos como hijos de la pareja primordial que habitaba en la Vía Láctea.

Entre los mayas destaca la deidad denominada Xamán Ek' Chuak, catalogada por los especialistas modernos como Dios M, es el dios de los comerciantes, la quinta deidad más recurrente en los códices. En el firmamento es reconocido como el dios de la Estrella Polar. Se le personifica con una nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado con la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como la estrella polar. También se argumenta en tierras mayas sobre Xamán Ek', el guía de los mercaderes, y bien pudo serlo, puesto que la estrella polar es la única estrella fija que se observa en las latitudes del Área Maya. Se dice también que los mercaderes le ofrecían copal en los altares que se ven a la orilla de los caminos. Era una deidad indulgente; se encuentra asociada con el dios de la lluvia y era probablemente el patrono del día *chuen*. Al parecer el nombre del dios se refiere no a su color negro sino a *ek'*, 'estrella', sobre todo porque en el *Diccionario de Motul* se define Xamán Ek' como 'Estrella del Norte', guía de los mercaderes [Montero, 2013a: 76-77]. Esta interpretación concuerda con el dios jaguar del número siete como Señor del Cielo Estrellado. Dice Landa que los viajeros, y seguramente quiere decir los comerciantes, llevaban incienso e incensarios consigo, durante la noche disponían tres piedras y sobre ellas varios granos de incienso, y también ponían incienso en otras tres piedras planas dispuestas delante de las primeras, rogando a Ek' Chuah que les hiciera volver al hogar sanos y salvos [Thompson, 2004: 371-372]. Según Pérez [2007: 63], su nombre se traduce como 'Escorpión Negro', es el dios del centro del mundo que está asociado a Xiuhtecuhtli o Huehuetéotl en el Altiplano.

También se trata de Ajchiikum Ek', "La Estrella Guiadora", otro denominativo de la Estrella Polar. En el *Diccionario de Viena* tenemos Yaah Baak'ul Xaman, "Los que Cercan Rodeando en el Lado Lejano Norte"; también como Yaah Suutil Xaman, "Los que dan Vueltas en el Lado Lejano Norte". Lamb [cit. por Galindo, 1994] considera que la Osa Menor estuvo relacionada con el mono ya que Ix Yaxal Chuen, el "Pequeño Mono Verde", correspondía a una constelación del norte.

Una nota anecdótica, recientemente el Banco de México acuñó una moneda que identifican con la constelación Xonecuilli, aunque el sello de la moneda es el de infinito, corresponde a la colección Sellos Prehispánicos, mide 20 mm y su material es plata, Ley 0.999, con peso de $^{1}/_{10}$ de onza en acabado mate brillo.

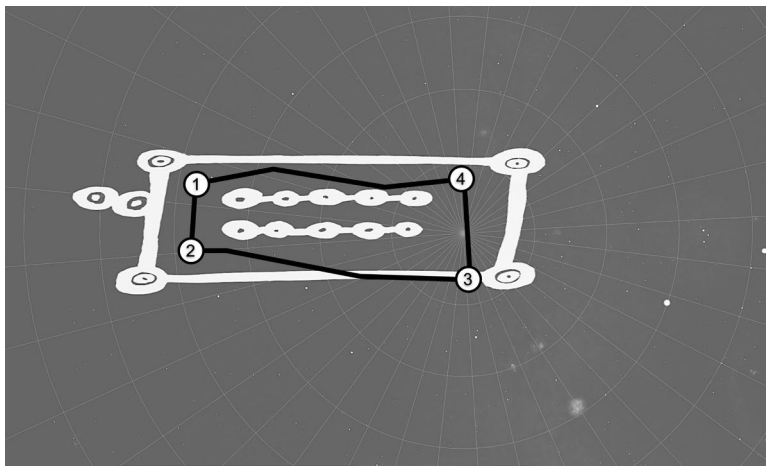


ARRIBA

La estrella Polaris como el dios Ek' Chuwaj en el *Códice de Dresde*, lámina 16.

5.5.6.8 Constelación de Géminis

Los mexicas identificaron un grupo de estrellas que llamaron *Citlaltachtli*, 'Juego de Pelota Estelar' que se ha identificado con las estrellas de la constelación de Géminis. Sahagún representa este asterismo en los *Primeros Memoriales* como un cuadrángulo con un par de estrellas en uno de sus lados y dos hileras paralelas de estrellas a su interior. Algunos especialistas identifican este asterismo con la Osa Menor y asumen que el desplazamiento de las estrellas circumpolares alrededor de la Estrella Polar corresponde a los movimientos del juego de pelota [Paso y Troncoso, 1882, cit. por Galindo,1994:94].



IZQUIERDA

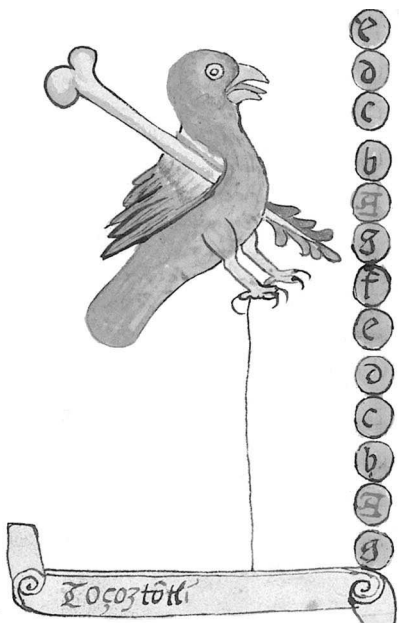
La constelación de Géminis según el fol. 282r de los *Primeros Memoriales* sobrepuesta al *software Stellarium*, muestra sus principales estrellas: 1) Cástor, 2) Pólux, 3) Alhena, y 4) Tejat. En la imagen de Géminis, o si prefiere Citlaltachtli, vemos en coordenadas altazimutales que cruza por el cenit para la media noche de un 28 de diciembre.

Avalos Guzmán [1960, cit. por Galindo, 1994] considera que un asterismo que contiene una serpiente de turquesa, asume que es la constelación de Xiuhcóatl compuesta de las constelaciones de Orión, del Toro y de Géminis. Las Pléyades serían el apéndice estelar característico de esta serpiente. Aldebarán coincidiría con un colmillo de la mandíbula inferior. Cástor y Pólux delinearían la lengua bífida. Betelgeuse, Rigel y el Cinturón de Orión configurarían el extremo de la *xiuhcóatl*. De esta manera, Avalos cree que la referencia al Señor de la Noche como Yacahuiztli (el de la nariz puntiaguda, que pica como espina) estaría plenamente en concordancia, con la disposición de esas estrellas en el cielo.

Para los mayas, la constelación de Géminis era algo muy distinto. Representaba dos pecaríes de monte (*ak*) copulando, se trata de dos estrellas Cástor y Pólux. Este concepto nos recuerda las pinturas de Bonampak donde se ven seis pecaríes de monte (véase pág. 333 en este volumen). Para los mayas el lugar de la creación estaba entre Orión y Géminis. Para Milbrath [1999: 269] Géminis es un ave, una de las aves gobernantes supremas del cielo, aunque cabe decir que también representan a los planetas, otras constelaciones y estrellas individuales de la cosmología maya, pero es difícil distinguir cuál es cuál.

ABAJO

Aveni [1991: 285] identifica al asterismo que hoy denominamos Cruz del Sur como "un pájaro galano, con un hueso atravesado", en el *Códice Tovar*, del siglo XVI, está es la representación mexica de las celebraciones de Tozoztontli.



5.5.6.9 La Cruz del Sur

Anthony Aveni [1991: 285] afirma que los mexicas veneraban la Cruz del Sur, asterismo que describían como "un pájaro galano, con un hueso atravesado". Según la crónica de fray Diego Durán, su aparición y desaparición del horizonte en distintas épocas del año determinaba algunas festividades. Su aparición era considerada señal de que había llegado el momento de pedir a los dioses buenas cosechas e hijos sanos. Para Acuña [1976: 287], la festividad de "un pájaro galano, con un hueso atravesado" corresponde a la veintena de Tozoztontli, que en el moderno calendario acontece a mediados del mes de marzo.

Como ya se apuntó páginas atrás, Alvarado Tezozómoc [1987: 584] hace referencia a las constelaciones que se tenían por vistas en la Edad Media, según su descripción la Cruz del Sur o Encomienda de Santiago corresponde al Xonecuilli, de ser así, Aveni [2013: 58] considera que para completar el Xonecuilli habría de agregarse al asterismo de la Cruz del Sur (Crux) una cadena de estrellas brillantes de la constelación de Centauro, entre ellas, las estrellas conocidas como Alfa y Beta. Esto hace

suponer que los mexicas situaban sus principales asterismos en los puntos cardinales y, por lo tanto, también habrían construido templos en orientación hacia ellas. Para Escalona Ramos [1940] la Cruz del Sur es Nahui Xihuitl, "Cuatro Turquesa". Entre los mayas, la Cruz del Sur podría tratarse de Nohol Eek'. Según el *Calepino de Motul*, es la Estrella del Sur, la Contraria del Norte

5.5.7 Los demás enigmas del cielo

Este es un apartado dedicado a lo que es irregular en el cielo, de ahí que sea un enigma su presencia. En efecto, la astronomía en Mesoamérica se destaca por el sistemático registro de los cambios en el firmamento, ahí está el computo del período sinódico de Venus, la certidumbre por predecir un eclipse y el calendario por decir lo menos. Así que un objeto celeste nuevo, un resplandor momentáneo o una columna lumínica son sucesos aberrantes porque rompen con el orden de lo siempre y metódicamente registrado.

En Mesoamérica, el cielo está ordenado para articular su heterogénea naturaleza, un orden aún, para objetos sorpresivos que de vez en cuando aparecen como son los cometas. Para los mayas, el creador del cosmos fue Itzamná, señor del cielo, el día y la noche. Era hijo de Hunab K'u, deidad abstracta e invisible. El cielo estaba sostenido por cuatro dioses cargadores, los *bacab*, uno por cada punto cardinal, a cada uno le corresponde una ceiba sagrada, el árbol de la abundancia que había proporcionado el primer sustento a la humanidad. Se creía que el cielo estaba dividido en 13 niveles superiores, en los que residían los Oxlahuntikú o 13 señores del supramundo (véase pp. 212-213 en este volumen). Esta estratigrafía celeste también se infiere en las culturas del Altiplano con trece niveles, por textos como el *Códice Ríos* y el manuscrito *Historia de los Mexicanos por sus Pinturas*, entendemos que estaban articulados de tal manera que esas irregularidades celestes como cometas y estrellas fugaces tenían su propio lugar en el v nivel:

I. contiene a las nubes y es por donde se mueve la Luna
II. alberga a las estrellas, y a los dioses Citlaltonac y su esposa Citlalicue, ambos corresponden a la Vía Láctea
III. donde transita el Sol
IV. donde se encuentra Venus
V. ocupado por los cometas y las estrellas fugaces

VI. es verde, pero de lejos se ve negro, es la noche, donde habita Tezcatlipoca y moran los vientos
VII. es azul, es el día, corresponde a Huitzilopochtli
VIII. ocupado por cuchillos de obsidiana donde se producen las tormentas las guerras y los sacrificios
IX. es blanco, ocupado por Quetzalcóatl
X. es amarillo, es el Teteocan, la morada de los dioses
XI. es rojo, es la casa de Tezcatlipoca rojo
XII. es Omeyocan ocupado por la pareja suprema de dioses
XIII. También es un Omeyocan ocupado por la pareja suprema de dioses.

Para la cultura náhuatl, los cuatro cielos superiores se les consideraba invisibles a diferencia de los nueve inferiores donde la actividad celeste era notoria. Cuando las estrellas aumentaban su tamaño y brillo, lo que para nosotros es la magnitud aparente[194] se les denominaba *huei citlalin* que se puede traducir literalmente como estrella grande, gran estrella; también como sinónimo se utilizaba *citlalpol*, cuya terminación *pol* es un aumentativo, como decir "estrellota". Supongo que este término se daba ocasionalmente a objetos celestes bien identificados como los planetas que variaban su luminosidad, por ejemplo, Venus como estrella matutina aumenta su resplandor cuando presentaba su fase llena -como la Luna- y orbitaba más cerca de la Tierra.

5.5.7.1 Cometas

Para Bernd Fähmel [2001: 189], los cometas son una de las advocaciones de Tezcatlipoca, si asumimos ciertas características simbólicas de esta divinidad en las representaciones de las páginas 10 y 3 del *Códice Nuttall* y en la Tumba 2 de Mitla; para él, estas dos representaciones son suficientes para acreditar su suposición, que se aventura aún más, al considerar que se trata del cometa Halley contemplado en el año 1456 d. C. al distinguir la iconografía de la Tumba 2. Resulta interesante entonces que la siguiente aparición del cometa Halley, 75 años después, también se registre, aunque en un contexto diferente, pues lo hallamos en el *Códice Telleriano Remensis*, folio 44 r, donde se representa

194 Las estrellas más brillantes según su magnitud aparente: Sirio -1.47, Canopus -0.72, Alfa Centauri -0.27; Arturo -0.04; Vega -0.03 (véase en este volumen las pág. 39). Para el Sistema Solar: Sol -26.7, Luna llena -12.6, Venus -4.7, Marte -2.9, Júpiter -2.9, Mercurio -1.9, Saturno -0.03.

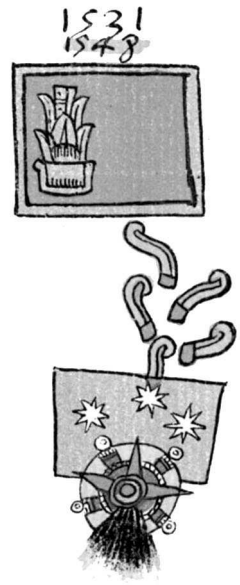
como un cielo nocturno con volutas de humo, por arriba de un eclipse parcial de Sol. El eclipse se registró al mediodía del 18 de marzo de 1531 d. C., año 13 Caña, y el cometa fue visible cinco meses despues, a mediados de agosto del mismo año.

La siguiente aparición del cometa Halley corresponde al año de 1607, está referida por fray Juan de Torquemada en su *Monarquía Indiana*, libro V, capítulo LXX:

> Se dice que en el año 1607, lunes, segundo día de Pascua del Espíritu Santo que fue el 14 de junio y poco antes de las Aves Marías, en el pueblo de Tultitlán, que es la encomienda de don Luis de Velazco, y cuatro leguas de esta ciudad a la parte del norte, estando el cielo turbado con muy espesas y obscuras nubes, de una de ellas que parecía estar muy baja y con aspecto que ponía temor y espanto, que estova (respecto del pueblo) a la parte del oriente y casi sobre la última casa de el pueblo, se dejo colgar un cometa de el tamaño de una grande braza; fué pasando aun no una vara por encima de las azoteas y casi tocando las copas de los árboles que están en su contorno y patio, de donde el dicho don Luis había salido el mes antes de mayo para otro pueblo suyo, una legua de esta ciudad, llamada Azcaputzalco. A este cometa lo estaban mirando, con gran temor algunos labradores que estaban por allí en sus casas y labranzas; y habiendo caminado de esta manera como una legua, dijeron los labradores que dio la vuelta hacia la ermita de Nuestra Señora de los Remedios (dos leguas de esta ciudad a el poniente), pasando por muy junto a Atzaputzalco donde don Luis estaba y allí desapareció. Dejando muchos testigos que vieron este cometa, sólo se refiere a el padre Fray Gerónimo de Escaceno, que era guardian de aquel convento y hombre de toda la verdad y de él tome la relación referida.

Vale la pena mencionar que en 1910, el cometa Halley se observó en México, y este fue el pretexto para que José Guadalupe Posada manifestara en tres grabados una atinada crítica al gobierno de Porfirio Díaz, por los festejos por el Centenario del inicio de la Independencia. Cuando la prensa dio a conocer la noticia, los desconcertados pobladores pensaron que esto significaría incendios masivos, suicidios, y otros tantos creían que morirían envenenados por los gases despedidos por el cometa; no fueron pocos los que asumieron que el cometa Halley era un emisario divino que anunciaba la caída del régimen porfirista, y que de alguna forma así sucedió, porque poco tiempo después estalló la Revolución.

La aparición de un cometa en el cielo se asume como un presagio de adversidad, esto se entiende porque es un destello que altera



ARRIBA

El cometa Halley contemplado a mediados del año 1531 d. C. es representado en el *Códice Telleriano Remensis*, folio 44 r, su perfil se conjuga iconográficamente con el eclipse parcial de Sol del 18 de marzo del mismo año.

DERECHA

Fragmento de un grabado de José Guadalupe Posada, que muestra el temor de la sociedad ante el avistamiento del cometa Halley en 1910.



el orden cotidiano de los cielos, es un suceso que perturbaba la armonía y, por lo tanto, solo puede entenderse como el anuncio de una calamidad. En la Mesoamérica prehispánica se asume que también así se interpretaba la visión de un cometa, se decía: *Quizá* (el cometa) *hacia acá se detendrá en alguna parte, quizá moverá al agua divina*. Este es el mismo principio que en la antigua Europa y en la actualidad por el mundo estremece a muchas personas cuando se asoma un cometa, pues lo consideran un mal presagio. La interpretación mesoamericana sobre los cometas nos llega por crónicas cristianas del siglo XVI, de tal suerte que no son originales, sino interposiciones del pensamiento Occidental con fines ideológicos, la narrativa de los presagios acontecidos antes de la llegada de los españoles denominados *tetzáhuitl* nos hace recordar los portentos que anuncian la caída de Jerusalén según Flavio Josefo[195] en su Guerra de los Judíos. Revisemos por ejemplo la glosa de fray Bernardino de Sahagún en su *Historia general de las cosas de Nueva España*, libro VII, capítulo IV, para el siglo XVI:

> Llamaba esta gente a la cometa *citlalin popoca*, que quiere decir "estrella que humea"; teníanla por pronóstico de la muerte de algún principe o rey, o de guerra o de hambre. La gente vulgar decía: "Esta es nuestra hambre". A la inflamación de la cometa llamaba esta gente *citlalin tlamina*, que quiere decir "la estrella tira saeta"; y decían que siempre que aquella saeta caía sobre alguna cosa viva, liebre o conejo o otro animal, y donde hería,

195 Tito Flavio Josefo, fue un historiador judeo-romano del siglo I, es célebre por haber transcrito las profecías mesiánicas de la caída de Jerusalén.

> luego se criaba un gusano, por lo cual aquel animal no era de comer. Por esta causa procuraba esta gente de abrigarse de noche, porque la inflamación de la cometa no cayese sobre ellos.



IZQUIERDA

El cometa, o si prefiere con el vocablo náhuatl de *citlalin popoca*, de las palabras *citalin*, 'estrella'; *popoca*, 'humo': "estrella que humea": izquierda, en el *Códice Florentino*, libro VII, fol. 8 v; derecha, en los *Primeros Memoriales*, fol. 282 r.

El cometa como presagio de adversidades en Mesoamérica está documentado en diferentes códices para el período Posclásico y fuentes históricas del siglo XVI. El más celebre, pero no el único, es el cometa Moctezuma de 1519-1520, este fenómeno fue el augurio o *tetzáhuitl* de la decadencia mexica. Durante el gobierno de Moctezuma II de 1502 a1520, se divisaron cuatro cometas en diferentes años: el primero en 1506, el segundo para 1510, el tercero entre 1515-1516 y el último con la llegada de Cortés entre 1519-1520.

Para el primero, el de 1506, no tenemos referencias históricas precisas, a lo más un par de citas: una de Diego Muñoz Camargo en su *Historia de Tlaxcala*; y otra en la *Historia general de las cosas de Nueva España* de fray Bernandino de Sahagún, ambos refieren un avistamiento para el año 12 Calli, que corresponde a 1507 [Morante, 2021: 204], es posible que se trate del mismo evento considerando la cercanía cronológica con 1506. El cometa de 1506 se registra históricamente en Europa, se relaciona con la muerte del rey Felipe el Hermoso, según el capítulo XXI de la *Historia de la vida y hechos del emperador Carlos V*, de fray Prudencio de Salazar, obispo de Pamplona:

> Significó su muerte un cometa muy amarillo que algunos días antes se vio encendido en el aire a la parte de poniente, y los reyes lo vieron estando en Tudela, cerca de Valladolid, de camino para Burgos.

Para el segundo, el de 1510, entendemos que fue visible en el hemisferio norte según consta también en la *Historia de la vida y hechos del emperador Carlos V* de fray Prudencio de Salazar, en el capítulo XXXVII, se apunta que el cometa del año 1510, a diferencia de otros se tomó como buen augurio para los españoles que sitiaban Trípoli:

> [...] vieron una cometa al poniente, que declinaba al mediodía, y tomaron dél buen agüero los soldados y marineros.

Pero este fenómeno no concuerda con la cronología que asienta fray Bernardino de Sahagún [2009: 42] en su *Historia General de las cosas de la Nueva España*, libro VIII, cap. VI, quien revela de un avistamiento para el año de 1509 y lo relaciona con uno de los ocho presagios o *tetzáhuitl*:

> Diez años antes que llegasen los españoles a esta tierra, y según otros once o doce años, apareció una gran cometa en el cielo, en la parte de oriente, que parecía como una gran llama de fuego muy resplandeciente, y que echaba de sí centellas de fuego. Era esta cometa de forma piramidal, ancha de abajo, e íbase ahusando hacia arriba, hasta acabarse en un punto; parecía en medio del oriente. Comenzaba a aparecer un poco después de la medianoche, y llegaba hasta la mañana; la luz del Sol la encubría, de manera que saliendo el Sol, no parecía más. Según algunos, viose un año entero, y según otros, cuatro años arreo. Cuando aparecía de noche esta cometa todos los indios daban grandísimos alaridos y se espantaban, esperando que algún mal había de venir.

La cita cronológicamente es confusa, porque argumenta primero que fue visto 10 años antes del arribo Cortés y los suyos que sucede en 1519, lo que nos lleva al año de 1509; pero después asume que "según otros once a doce años" lo que podría llevarnos al primero, el de 1507. Si aceptamos que fue un fenómeno visible de larga duración "viose un año entero, y según otros, cuatro años arreo", bien alcanza para el año de 1510. Por cierto, es posible confundir este avistamiento con el evento del año 1509 denominado *mixpamitl*, "claridad de noche" o "bandera de humo" que veremos más adelante en el apartado sobre la aurora boreal.

El tercer cometa advertido entre 1515-1516 coincide con el percibido en Europa según el catálogo de Pingré y Mather [cit. por Galindo, 2021: 11]. El *Códice Durán* lo registra como un *tetzáhuitl*, porque anuncia la llegada de los invasores extranjeros, en la glosa del códice transcrita en la *Historia de las Indias de Nueva España e Islas de Tierra Firme*, se relata la anécdota de su aparición que tiene por protagonista a un joven sacerdote dedicado al culto de Huitzilopochtli de nombre Tzocoztli, este mancebo divisa en el cielo nocturno una luminiscencia

maravillosa. Atemorizado, llama a sus asistentes para confirmar la observación. La luminiscencia, que no es otra cosa que un cometa que se desvaneció con el crepúsculo, este portento celestial se le notificó Moctezuma II, el cual se atemorizó con el prodigio, para asegurarse de que lo visto era cierto se instaló esa noche en una azotea como se aprecia en la lámina 24 del *Códice Durán*; al confirmar la presencia del cometa quedó atónito. A la mañana siguiente inició las consultas con sus consejeros que confesaron no ser saber del acontecimiento por estar dormidos, la ira de Moctezuma II los sentenció a muerte por inanición encerrados en una jaula.



IZQUIERDA

Moctezuma II observa un cometa entre 1515-1516, en una azotea de México Tenochtitlan, *Códice Durán*, lámina 24.

Cabe apuntar que Tzocoztli, el icónico mancebo de esta historia, más que sacerdote era el *ixiptla* de Huitzilopochtli,[196] esta categoría aporta al suceso de un singular simbolismo en el ámbito religioso mexica que será determinante para sobrecoger a Moctezuma II, el relato del descubrimiento del cometa fue recopilado por fray Diego Durán en 1528 por informantes de Tlatelolco en su capítulo LXIII, dice:

> [...] hacía la media noche, a cosas necesarias de su cuerpo, y mirando hacia el cielo, vio en la parte de oriente una cometa poderosa, que echaba de sí un largo resplandor el cual amenazaba derechamente a estas partes.

196 Un *ixiptla* es un recipiente simbólico o encarnación de una deidad que se materializa en una persona, un buen ejemplo de este concepto ritual es el esqueleto infantil recuperado en la Ofrenda 111 del Templo Mayor de Tenochtitlan.

La interpretación fatídica de este cometa no corresponde a Moctezuma II ni a sus astrólogos, sino al gobernante de Texcoco, Nezahualpilli, según lo refiere fray Diego Durán en la *Historia de las Indias de Nueva España e Islas de Tierra Firme*, cap. LXIII:

> El rey de Tezcuco le respondió: "Por cierto, señor, grande ha sido el descuido de tus vasallos los astrólogos y agoreros y adivinos, pues siendo ya tan vieja y tan antigua esa señal en el cielo, me digas ahora eso como de cosa nueva, porque yo creí que ya estabas satisfecho y te lo habían declarado tus astrólogos. Pero, pues dices que ahora la viste, has de saber que ya ha muchos días que apareció en el cielo esa estrella con ese resplandor, la cual sale de oriente y se acaba en derecho de México y de este reino todo".
>
> "Y has de saber que todo su pronóstico viene sobre nuestros reinos, sobre los cuales ha de haber cosas espantosas y de admiración grande; habrá en todas nuestras tierras y señoríos grandes calamidades y desventuras; no quedará cosa con cosa; habrá muertes innumerables; perderse han en todo nuestros señoríos, y esto será por permisión del señor de las alturas, del día y de la noche y del aire; de lo cual todo has de ser testigo y lo has de ver y en tu tiempo ha de suceder; porque yo, ya, en yendo de tu presencia, me iré a morir y sé cierto que ya no me verás más y esta será la postrera vista que nos veremos en esta vida, porque yo me quiero ir a esconder y huir de estos trabajos y aflicciones que te esperan. No desmayes, ni te aflijas, ni te desesperes: haz el corazón ancho y muestra ánimo y pecho varonil contra los trabajos de la fortuna".

Nezahualpilli desde tiempo antes ya era afamado por ser un destacado adivino, había vaticinado la llegada de los españoles por la intromisión inusual de un conejo al palacio de Texcoco, según lo apunta fray Juan de Torquemada en el capítulo 78 de la *Monarquía Indiana*. Fray Diego Duran al referirse al mismo Nezahualpilli, explica que había profetizado las derrotas mexicas en Huejotzingo, Tlaxcala y Cholula[197] años antes, como también vaticinó su muerte como leemos en la cita anterior acontecida en el año 11 Técpatl o 1516, y la caída del Estado mexica al

197 En 1518 Moctezuma II exigió a Huejotzingo, Tlaxcala y Cholula entregar la imagen de Camaxtli, su deidad principal, lo que implicaba su sometimiento. El hecho propició el rompimiento con los mexicas y en consecuencia, hacia 1518, cholultecas, tlaxcaltecas y huejotzincas volvieron a unir filas para enfrentar al poderío mexicano al cual derrotaron.

interpretar la visión del cometa de 1515-1516, justamente años antes de que arribara Cortés. Según fray Juan de Torquemada [tomo I, libro II, cap. LXIV], Nezahualpilli era un gran astrólogo (astrónomo):

> [...] dicen que fue grande astrólogo y que se preciaba mucho de entender los movimientos de los astros celestes; y con esta inclinación que a estas cosas tenía hacia inquisición por todas las partes de sus reinos de todos los que sabían algo de esto y los traía a su corte y comunicaba con ellos todo lo que sabía; y de noche se subía a las azoteas de su palacio y desde allí consideraba las estrellas y argüía con todos los que de ellas dificultaban. Al menos yo sé decir haber visto un lugar en sus casas, encima de las azoteas, de cuatro paredes no más altas que una vara (91 cm) ni más ancho el lugar que lo que puede ocupar un hombre acostado (180 cm), y en cada esquina tenía un hoyo o agujero donde se ponía una asta en las cuales colgaban un cielo. Y preguntando yo que ¿de qué servía aquel cuadro?, me respondió un nieto suyo (que me iba mostrando la casa) que era del señor Nezahualpilli para cuando de noche iba con sus astrólogos a considerar los cielos y sus estrellas, de donde inferí ser verdad esto que de él se dice; y pienso que el estar levantadas las paredes una vara del suelo y tener puesto cielo de algodón o seda pendiente de las varas debía de ser para mejor tantear el curso celeste; como el otro Filósofo que metido en una cuba estuvo treinta y dos años mirando con puntualidad el curso de una estrella.

El cometa de 1515-1516, en Mesoamérica no solo fue inscrito en fuentes históricas de la cuenca de México, también lo fue entre los purépechas, como consta en el capítulo XIX de la *Relación de Michoacán*, donde se asienta que cuatro años antes de que los españoles llegarán, los templos comenzaron a destruirse y se mostraron dos cometas:

> Ansímismo dicen que vieron dos grandes cometas en el cielo y pensaban que sus dioses habían de conquistar o destruir algún pueblo, y que ellos habían de ir a destruille. En la lámina XLII se representan estos sucesos junto con otros presagios.

El último cometa de esta tétrada es el de 1519. Está registrado por fray Juan de Torquemada, lo describe como un cometa grande. Jesús Galindo [1994: 111] apoyado en registros chinos considera que fue visible entre 1519 y 1520. En este sentido agrega que en el

DERECHA

Un sacerdote y un personaje que lo acompaña señalan un cometa (sección inferior izquierda), la composición muestra una pirámide que se derrumba (sección superior izquierda) ambos sucesos son presagio del arribo de los españoles en la lámina XLII de la *Relación de Michoacán* (1540).



documento conocido como *Unos anales coloniales de Tlatelolco*[198] se refiere:

> [...] que en esos tiempos vinieron a llegar los españoles. Y humeaba la estrella. Al verla los viejos lloraban mucho.

Sobre este cometa hay otra referencia en la *Historia Eclesiástica Indiana* de fray Gerónimo de Mendieta, libro III, cap. II, se anota:

> Ultimamente, en el año que llegaron los españoles á esta tierra, que fué el de diez y nueve, apareció un cometa grande en el aire, de gran resplandor, que estaba fijo en el mismo aire y no se movia, y duró así muchos dias. Por espacio de estos años sobredichos, muchas veces se oia de noche la voz de una mujer que á grandes gritos lloraba y decia acuitándose mucho: ¡Oh! hijos mios, del todo nos vamos ya. Y otras veces decia: ¡Oh! hijos mios, ¿á dónde os llevaré?

El cometa de 1519-1520 se adverte en la parte superior del folio 87 r del *Códice Vaticano A Latino Ríos 3738*, folio 87 r, como una serpiente de fuego o de nubes que desciende de un cielo estrellado sobre el Templo Mayor de Tenochtitlan para el

198 Obra de autor anónimo, el manuscrito narra sucesos acaecidos entre los años 1519 y 1641. Existe una edición del texto en náhuatl con versión al castellano por Byron MacAfee y Robert H. Barlow de 1948 en *Memorias de la Academia de la Historia*, vol. 7, núm. 152.

momento de la matanza de Tóxcatl en mayo de 1520.

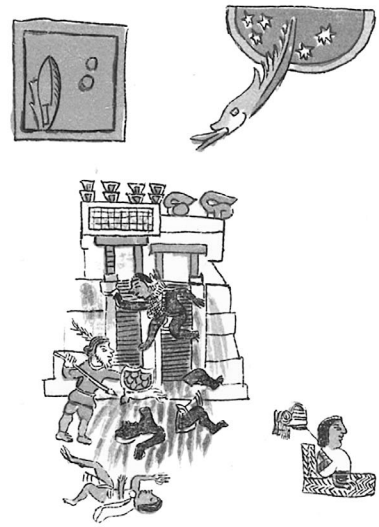
El cometa es un *tetzáhuitl* en su contexto natural, y como signo es un *tetzauhmati*, que como oráculo se personifica en el Cometa Moctezuma como la mejor expresión mesoamericana, pero en los Andes también sucede con el Cometa Atahualpa (1533).[199]

Con estos fenómenos la temporalidad cíclica se enfatiza. Bien apunta Johansson [2013: 73], al preguntarse si la irrupción de Occidente en 1519 no constituyó el fin del Quinto Sol (4-Ollin) y el comienzo de otra era desde el punto de vista indígena. Se parece en esto a los textos proféticos del *Chilam Balam* en relación con la llegada de los españoles a Yucatán y a la destrucción del mundo maya.

El acervo mejor documentado de avistamientos de cometas corresponde a los que anuncian la invasión europea, pero no son los únicos, bien apunta fray Diego Durán en su *Historia de las Indias de la Nueva España*, capítulo I:

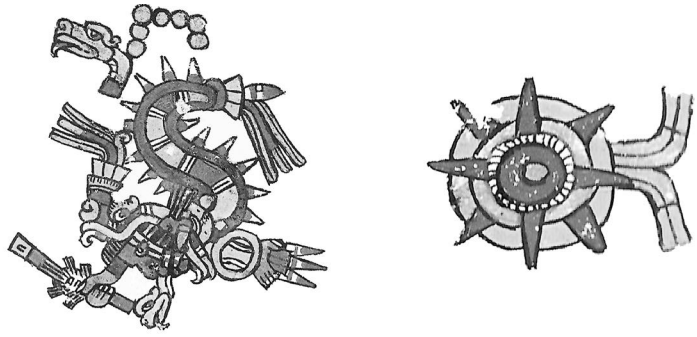
> De esta suerte tenían su cuenta de todos los acontecimientos y casos memorables que acontecían, así de guerras como de hambres, como de pestilencia, de cometas, de muertes de reyes, de príncipes, de señores, sin poder errar mes, ni año, ni día.

El cometa más antiguo documentado es para el del año 912 d. C., según Fähmel [2001] está registrado en las páginas 3 y 10 del *Códice Nuttall*. En la página 3 se manifiesta como un personaje que se asoma por las fauces de una serpiente descendente con espinas o pedernales; en la página 10 como un Sol con cauda bifurcada, así que Fähmel se pregunta si ese mismo año fueron vistos dos fenómenos distintos, o se trata de dos representaciones para el mismo evento.



ARRIBA

Representación del cometa de 1519-1520 en el *Códice Vaticano A-3738*, folio 87 r, la composición muestra la matanza de Tóxcalt en el Templo Mayor de Tenochtitlan con Moctezuma II a un lado para el año 2 Pedernal (1520 d. C.).



IZQUIERDA

En el *Códice Nuttall*, según Fähmel [2001] se representa al cometa del año 912 d. C., a la izquierda en la página 3, como serpiente que baja del cielo; a la derecha, como un Sol con cauda bifurcada como se aprecia en la página 10 del citado códice.

199 El cometa fue visible poco antes de la ejecución de Atahualpa en Cajamarca.

En secuencia cronológica toca el año 1051 d. C. o 1 Ácatl, según el *Memorial breve acerca de la fundación de la ciudad de Culhuacan* de Domingo Francisco de San Antón Muñón Chimalpahin Cuauhtlehuanitzin [1991: 15, 155, 157]:

> Quetzalcóatl asumió el mando de Tullan cuarenta y tres años, sumándose todo desde que se dignó vivir allí en Tullan. Y aunque vino a perderse la población de Tullan, todavía hizo once años en Tullan el Quetzalcóatl; una estrella que humeó sobre el pueblo de Tullan fue por lo que se escandalizaron los tulteca.

En la página 157 se indica con referencia al mismo cometa de 1051 d. C.:

> [...] el gran pueblo de Tullan al que destruyó él sólo, nuestro señor Jesucristo, a causa de los grandes defectos de los tulteca. Y fue por esto que once años les pasó humeando una estrella por el cielo.

Así que el abandono tolteca de Tula se anuncia con un cometa en el año 1051, y con un cometa se anuncia en el año 1064 la partida de Aztlán de los que serán los herederos de los toltecas, queda claro entonces el simbolismo celeste de renovación contando con un mitológico lapso de 13 años. Chimalpahin [1991: 35] así asienta sobre el cometa del año 1064 d. C. o 1 Técpatl:

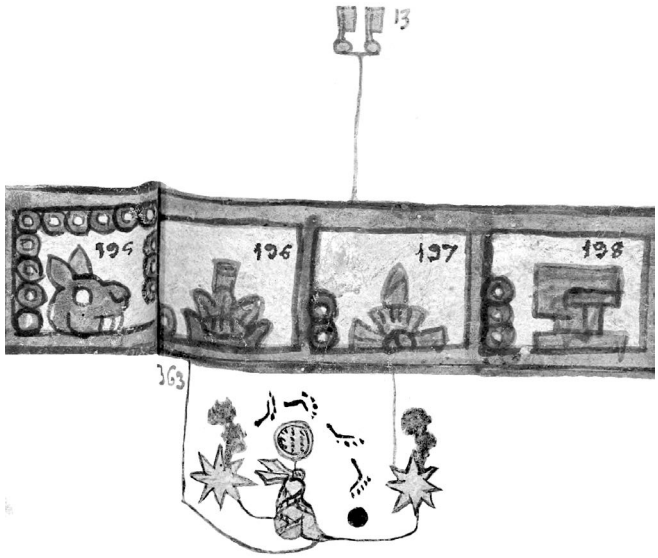
> Y asimismo, para entonces han pasado veinticinco años desde que se perdió la gran población de Tullan, desde que se dispersaron los tulteca cuando les pasó humeando una estrella, que sucedió por disposición de nuestro señor Jesucristo.

Como ya se apuntó, este fue el año en que salieron del lugar de las siete cuevas, de Chicomoztoc Tzotzompa Quinehuayan los aztecas mexitin teochichimeca, salieron de Aztlán para iniciar su peregrinación. Este cometa podría tratarse del mismo que fue observado en diciembre de 1063 en Corea y en pleno 1064 en Europa [Galindo, 1997].

Posteriormente, en el *Códice Mexicanus*, imagen 43, se ilustran los acontecimientos más significativos que sucedieron cada año, llama la atención que para el bienio 1363-1364 d. C.,[200] se marque la aparición de dos cometas, el primero en el

200 Según Galindo, observadores chinos reportan un cometa visible en el pri-

año 1 Ácatl que corresponde a 1363 y el segundo para el año 2 Técpatl que es 1364, el cometa estuvo asociado a la muerte de un personaje llamado Chimalli. Se destaca la presencia de huellas denominadas *xocpalli* y un círculo negro o fosa que es un *tlaxapochtli*.



IZQUIERDA

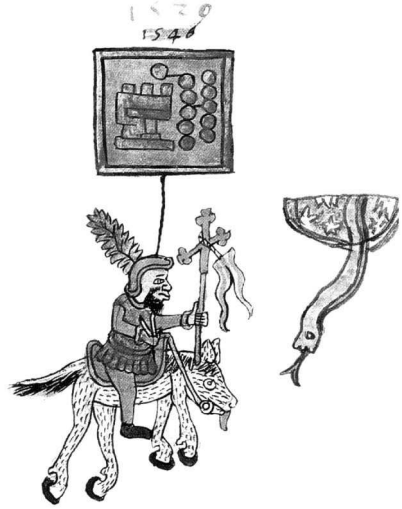
Códice Mexicanus, imagen 43. El sintagma pictórico es críptico, pero de manera general se entiende el carácter profético de los cometas con la muerte y la destrucción.

Ya entrados en el siglo XVI, después de sucumbir Tenochtitlan, el *Códice Telleriano-Remensis* continúa citando hechos históricos, en 1529 ilustra la partida de Nuño de Guzmán a Jalisco inscrita con una serpiente descendente de un cielo estrellado, es el folio 44 r, al parecer no se trata necesariamente de un cometa, sino más bien de un mal presagio para los indígenas que habrán de sufrir con la llegada de los cristianos, Perri [2008: 131-132] nos comparte la glosa del código:

Año de onze casa y de 1529
se partio nuño de guzman
para jalisco yendo A su
jeptar Aquella tierra fin
jen que sale la culebra del cielo
diziendo que les venia trabajo
A los naturales yendo los
cristianos Alla

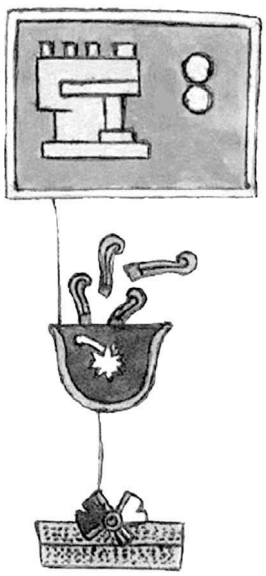
ABAJO

Signo de un mal augurio y no necesariamente de un cometa es una serpiente descendente de un cielo estrellado como se advierte en el *Códice Telleriano-Remensis*, f. 44 r, la ilustración muestra a Nuño de Guzmán partiendo para Jalisco en el año 11 Casa (1529 d. C.).



El lector encontrará coincidencias iconográficas entre la serpiente que desciende de un cielo estrellado que se mostró páginas

mer día de la Luna, el 16 de marzo de 1363. Los coreanos, el 30 de marzo del siguiente año, observan un cometa con coloración rojiza y con una cola de más de un grado de longitud.



ARRIBA

Un terremoto ligado como catástrofe a un cometa para el año 2 Casa (1533 d. C.) en el *Códice Vaticano A-3738*, folio 91 v.

ABAJO

Jamba del Fumador o Jamba del Dios L, Templo de la Cruz, Palenque.



atrás en el *Códice Vaticano A-3738*, folio 87 r, y esta del *Códice Telleriano-Remensis*, sucede que el *Códice Vaticano A-3738*[201] es una ampliación y traducción al italiano de su antecesor el *Códice Telleriano-Remensis*, por eso son tan similares las imágenes.

Continuando con el *Códice Vaticano A-3738*, en el folio 91 v, notamos que en el año 2 Casa que corresponde a 1533 d. C., aconteció un temblor de tierra al mismo tiempo que apareció un cometa. La parte superior muestra la fecha, en medio está el símbolo del cometa y la parte de abajo muestra la tierra y el símbolo de *ollin* o temblor como una hélice.

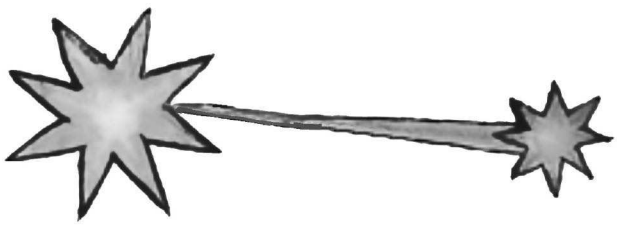
Es interesante apuntar que, en el Altiplano, el cometa es un nominativo, tenemos el caso de Citlalpopocatzin, Zitlalpopocatzin o Zitlalpopoca que se traduce como "Señor del cometa que humea", fue gobernante del *áltepetl* tlaxcalteca de Quiahuixtlan a la llegada de los españoles, fue un aliado relevante de Cortés que coincidió con el sitio a Tenochtitlan y colaboró en la construcción de fustas (bergantines) para el asedio naval de Tenochtitlan, su padrino de bautizo fue Gonzalo de Sandoval.

Los mayas yucatecos consideraban a los cometas como estrellas humeantes; por su lado la cultura otomí consideraba a los cometas como una estrella que echa humo. Cometa en lengua maya se dice *ikom ne*, cuando su cauda es grande se dice, *kak noh ek*, en tzotzil es *xohom' k'anal*, 'la estrella rayo de luz'. Para Susan Milbrath [1999: 251] la imagen del Dios L fumando un cigarro en el Templo de la Cruz de Palenque puede representar el paso del cometa Halley del año 684 d. C., si bien es cierto que el Dios L personifíca a Venus, su cigarro es la representación de un cometa. En este sentido los Héroes Gemelos del Popol Vuh también fuman cigarros, posiblemente aludiendo a una conexión con los cometas. Dado que fumar cigarros tiene lugar en el Xibalbá, identificado como la sección sur de la Vía Láctea donde es posible apreciar lluvia de meteoritos. Sin duda que los cometas pudieron haber sido significativos para los mayas, pero no hay suficientes estudios al respecto.

201 Al *Códice Vaticano A-3738* se le denomina también *Códice Ríos*, consiste en 101 páginas de papel europeo, doblado en acordeón, se conserva en la Biblioteca Vaticana, se le conoce también como *Códice Vaticano A* o *Codex Vaticanus A*. Este documento se atribuye a Pedro de los Ríos, un fraile dominico que trabajó en Oaxaca y Puebla entre 1547 y 1562, se presume que el códice fue escrito y dibujado en Italia después de 1566.

5.5.7.2 Estrellas fugaces

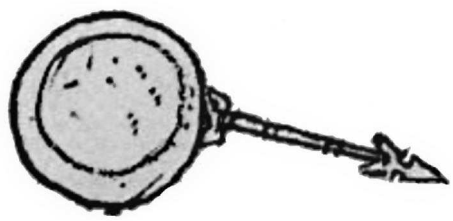
El término estrella fugaz es impropio, ya que no se trata de estrellas, sino de pequeñas rocas,[202] polvo cósmico y hielo, denominados meteoroides, estos cuerpos son provenientes del núcleo de un cometa o de la descomposición de un asteroide y de colisiones en el Sistema Solar. Estos objetos se desintegran al friccionarse en la atmósfera terrestre.[203] En términos astronómicos se trata de un suceso luminoso que muestra una estela persistente de corta duración y gran velocidad, variando su color según su composición química, este fenómeno responde a la ionización del aire cuando el meteoroide atraviesa la atmósfera terrestre. Cuando la magnitud aparente del destello es comparable con la de Venus se les denomina bólidos, cuando su magnitud es aún mayor se les concede el nombre de superbólidos. Si el meteoroide alcanza la superficie de la Tierra debido a que no se desintegró en la atmósfera por su tamaño y velocidad, tenemos un meteorito.



IZQUIERDA

Un bólido manifiesta dos destellos estremecedores, uno al inicio cuando empieza su trayectoria efímera, posteriormente deja una huella luminosa y culmina con otro gran destello para desaparecer, a diferencia de una estrella fugaz, que es una débil luz que se traza en el firmamento, *Códice Florentino*, libro VII, fol. 8 v.

Una estrella fugaz es lo espontáneo y lo efímero, en náhuatl se le denominaba *citlalin tlamina*, "estrella que flecha", aunque parece más correcto el término "estrella que se dispara" por su fugaz y repentino movimiento. En términos precolombinos, realmente había una diferencia: el término náhuatl para el dispositivo que dispara el proyectil se conocía como *xiuhcóatl*, mientras que el proyectil en sí, una estrella, se conocía como *xihuitl* según Kinsman [2018: 32].

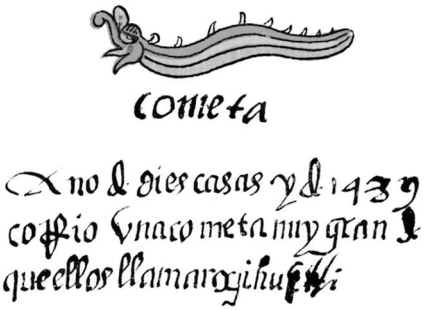


IZQUIERDA

En los *Primeros Memoriales*, fol. 282 r. apreciamos un objeto celeste con una flecha, representación acorde con el término náhuatl prehispánico de estrella fugaz: *citlalin tlamina*, "estrella que flecha".

202 Con un diámetro máximo de 50 m, más detalles en la pág. 66 de este volumen.

203 La velocidad de penetración en la atmósfera es de 11 a 73 $^{km}/_{s}$, arden a una altura de 120 km y se extinguen a 70 km sobre la superficie terrestre.

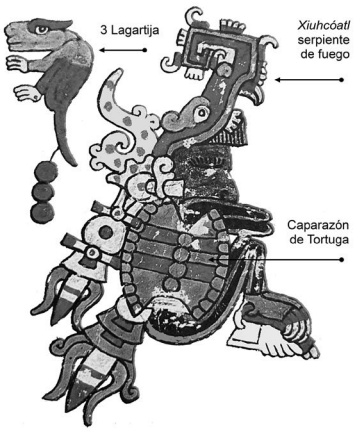


ARRIBA

En el *Códice Telleriano-Remensis*, fol. 39 v, la glosa asume que se representa un cometa, pero la interpretación de Kinsman [2018: 40] es que se trata de un gusano u oruga con cabeza de mariposa, por lo tanto se trata de una estrella fugaz.

ABAJO

La glosa *xiuitl* también significa cometa, de tal suerte que la palabra *xiuhcóatl* de los nahuas se traduce como la "serpiente-cometa", así también el *yahui*, el nahual de los mixtecos representa a un cometa dibujado en la forma de un personaje fantástico con caparazón de tortuga y tocado de serpiente como se aprecia en la página 44 del *Códice Nuttall*, donde el señor 3 Lagartija porta sobre su cabeza una *xiuhcóatl*, una serpiente de fuego.



Para Taube [cit. por Kinsman, ibidem] *xiuhcóatl* es una criatura sobrenatural relacionada con la guerra, el fuego y los meteoroides cuyo desarrollo probablemente comenzó en Teotihuacán y continuó en la cultura maya, en tanto *xihuitli* es un desarrollo posterior del aspecto del meteoroide que incluye rasgos de mariposa y oruga conformando una criatura sobrenatural que también se representa como un gusano con forma de larva, un gusano o una pequeña serpiente negra que aparece después del impacto de un meteorito, posiblemente en la herida de un ser humano o un animal.

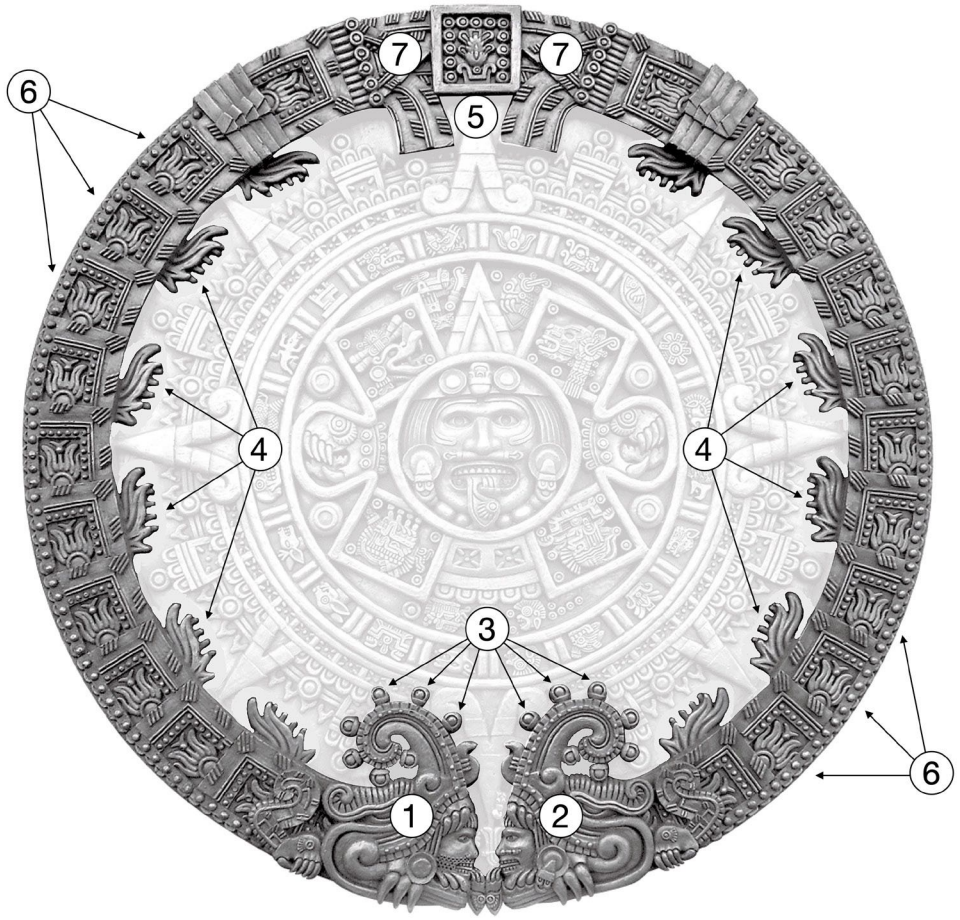
Los cielos superiores conformaban un espacio simbólico cuyas paredes eran las aguas y los cielos superiores el techo, ahí se manifestaba el *tremendum*, es decir, las fuerzas e influencias de los astros y los meteoroides. En la cosmovisión náhuatl, los cometas, las estrellas fugaces y la turquesa comparten el nombre *xihuitl*, raíz del vocablo *xiuhcóatl*, ambos comparten según Aramoni [1998: 22-223] el mismo lugar del cosmos; su vínculo es tan directo que parecen tener la misma naturaleza de señales luminosas como lo son: las auroras boreales, las caudas de los cometas, los rayos, las centellas, los meteoritos, las lluvias de estrellas y hasta el mimo arco iris [Espinosa, 2002: 370-373]. Como Señor de la Turquesa, Xiuhtecuhtli se vincula con el nivel celeste, según entendemos en la *Teogonía e historia de los mexicanos*, donde se dice que en el quinto cielo había culebras de fuego, de donde salían las señales del cielo, por ello el *xiuhcóatl* era una flecha que bajaba del cielo.

En la Piedra del Sol se muestran dos *xiuhcóatl*,[204] que como serpientes de fuego enmarcan el perímetro del emblemático monumento. Ambos cuerpos de la serpiente rodean al disco solar, sus cabezas en la parte inferior se colocan una frente a la otra, de cada boca emana un rostro, tienen grandes dientes e incorporan, además, un colmillo curvo en la comisura de la boca. El cuerpo de las serpientes está conformado por 11 segmentos rectangulares colocados a modo de cadena, según Michel Graulich [1992] en cada segmento hay una mariposa estilizada que simboliza el fuego.[205] Sobre la cabeza de cada *xiuhcóatl* una voluta con siete estrellas que por su número nos recuerda a las Pléyades, estos ojos estelares o estrellas enfatizan el aspecto nocturno de las serpientes de fuego que en algunas

204 Para los mexicas la *xiuhcóatl*, la "serpiente de turquesa", era el arma letal de Huitzilopochtli, pero también suele aparecer bajo otras características y significados en códices y en la escultura monumental de la Piedra del Sol.

205 La mariposa como símbolo de la flama del fuego, es un concepto que se vigoriza gracias al color turquesa con el que se representa a Xiuhpapálotl.

fuentes habitan en el quinto cielo, donde se producían los cometas y otros fenómenos celestes [Hermann, 2011].



Entre los mayas se denominaba l*ub-u lek*, 'caer estrella' o 'caer fuego del cielo' [Álvarez, 1997: 187]. En ocasiones un superbólido se fragmenta al ingresar a la atmósfera terrestre, tal parece que algo así se describe en la *Historia general de las cosas de Nueva España* de fray Bernardino de Sahagún [lib. VII, cap. VI], cuenta que antes de la llegada de los españoles se venían presentando una serie de eventos que los mexicas tomaron como presagios funestos, como señal de la proximidad de eventos catastróficos, uno de ellos, el cuarto de los presagios narra la caída de fuego:

> El cuarto agüero fue que de día, estando el Sol muy claro, vino de hacia el occidente de México una cometa, y corrió hacia el oriente. Iba echando de sí como brasa o grandes centellas; llevaba una cola muy larga. Y luego toda la gente comenzaron a dar alaridos juntamente, que parecía cosa de espanto, y por tal le tuvieron.

Los mayas suponen que las estrellas fugaces son colillas de

ARRIBA

En la Piedra del Sol, a cada lado del disco solar se representa una serpiente de fuego o *xiuhcóatl*, cada serpiente se conforma por una secuencia de 11 cuadretes que guardan a su interior mariposas ardientes estilizadas (6), el cuerpo se acompaña de seis llamas en forma de alas por cada lado (4), de la boca de cada sierpe surge un personaje: el de lado izquierdo es Xiuhtecuhtli (1) y el de la derecha es Tonatiuh (2); sobre la cabeza de cada personaje vemos una voluta con siete estrellas (3). El remate de la parte superior lo conforma la cola de cada serpiente (7) y en el centro la fecha calendárica 13 Caña (5).

cigarro o flechas arrojadas por las deidades de la lluvia. En este sentido, mencionan que durante la noche los *balamo'ob* disparan dardos de obsidiana, llamados *piliz-dzoncab*, contra ciertas entidades malignas de tal suerte que hay una estrecha relación entre la obsidiana y las estrellas fugaces entendido el termino *citlalcuitlatl* que se apunta más adelante.

Según refieren fuentes históricas, el avistamiento de estrellas fugaces se interpretaba como augurio de sucesos nefastos, aunque ocasionalmente aportaban benéficos terapéuticos, idea que prevalece como se apunta en la *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana*.[206] Los popolucas se cuidan de no señalar a uno de estos cuerpos celestes con el fin de prevenir una erupción incurable de la piel. Similar creencia tienen los tzotziles, con la salvedad de que las estrellas fugaces peligrosas son aquéllas que aparecen antes de la media noche; las que caen después de esta hora dejan fragmentos muy apreciados por sus cualidades terapéuticas. Algunos integrantes de esta etnia también creen que son las tonas o *kibales* de ciertos brujos, y su aparición en el firmamento es considerada nefasta porque puede desencadenar un eclipse, para los zapotecos, estos eventos se conciben como las almas de los muertos que deambulan por la noche, o bien, como unos entes protectores llamados brujos de lumbre, que por lo regular son benéficos, pero llegan a despedir un aire que enferma, conocido como "aigre de hora". El papel desempeñado por las estrellas fugaces entre los tepehuas y los nahuas de la sierra Norte de Puebla es provechoso, ya que son disparados por los dioses siderales para matar a los animales nocturnos peligrosos, idea similar a la de los mayas en cuanto a los *balamo'ob*. Entre estos grupos existe la creencia de que durante la noche las piedras se convierten en jaguares para devorar a los humanos. Se piensa que las piedras con hoyos alguna vez fueron animales mágicos, muertos por los disparos de los dioses siderales, dichas piedras son muy apreciadas por sus cualidades curativas.

5.5.7.3 Lluvia de estrellas

En ciertos períodos del año y en un determinado horario se pueden apreciar multitud de estrellas fugaces que emanan de un área específica del cielo nocturno, se pueden contar más

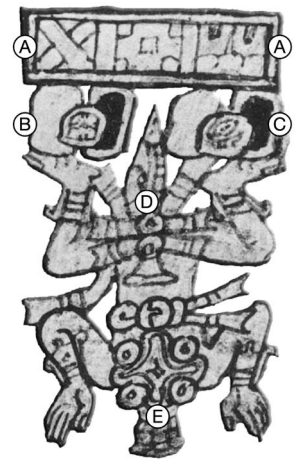
206 Edición de la UNAM que puede consultar en línea: <http://www.medicina-tradicionalmexicana.unam.mx/demtm/termino. php?l=1&t=cometa>.

de 20 destellos por hora, es un fenómeno que denominamos coloquialmente lluvia de estrellas, no es un suceso cotidiano, pero si recurrente que sin duda marcó una incógnita en la antigüedad que al final de cuentas fue significativa en su imaginario. La lluvia de estrellas resulta del impacto en la atmósfera terrestre de los escombros remanentes de un cometa (véase la tabla de la pág. 67). Cuando la actividad de una lluvia de estrellas sobrepasa mil meteoros por hora, se denomina tormenta de meteoritos, el último fenómeno de este tipo se registró el 12 de noviembre de 1833.

Según asienta Yershoba [2001: 1017], los estudios de los textos jeroglíficos del período Clásico (600-900 d. C.) han demostrado que los cometas y los meteoros eran indudablemente conocidos en esta cultura a través de las observaciones astronómicas y su periodicidad. Por tratarse de un fenómeno periódico anualmente, Galindo [1994] citando a Stansbury Hagar,[207] considera que las lluvias de estrellas se incorporaron al imaginario religioso mesoamericano, ya sea con la representación en códices de personajes descendentes en contextos celestes o en rituales específicos como Las Leónidas, para la celebración del mes Quecholli. El fenómeno de Las Leónidas acontece a mediados de noviembre, justamente cundo la Tierra cruza en su movimiento de traslación con los remanentes del cometa "55 P", durante Quecholli se festejaba la bajada del cielo de Tzontemoc una advocación de Mictlantecuhtli, al parecer las trazas luminosas de su tocado son la representación de una lluvia de estrellas, en los códices esta deidad es representada con las mandíbulas abiertas recibiendo a los astros que caen a su centro durante el día. Leónidas cada 33 años es más abundante en el número de meteoroides que manifiesta por hora, esto obedece a que coincide con el regreso del cometa a las cercanías del Sol, según Trenary [cit. por Galindo 1994] en el *Códice de Dresde*, se registra un intervalo de 33 años que corresponde a este incremento de destellos, considera que el personaje descendente con el glifo de estrella en la cabeza, que aparece en esta tabla de eclipses, muestra en su parte posterior un abdomen con un cuchillo de obsidiana, de esta manera ideográficamente se tendría la representación de una lluvia de estrellas, en la articulación obsidiana-excreta de estrellas que veremos más adelante.

207 Stansbury Hagar, un destacado etnólogo y astrónomo nacido en el siglo XIX.

Dos personajes descendentes en diferentes contextos culturales mesoamericanos.



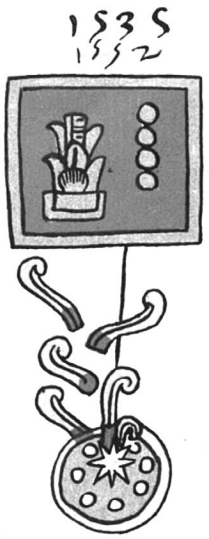
ARRIBA

Página 58 del *Códice de Dresde*, corresponde a la Tabla de Eclipses, donde se aprecia con las letras: A) una banda celeste, B) eclipse de Sol, C) eclipse de Luna, D) un pedernal como lluvia de estrellas, E) representación de una estrella.

ABAJO

Lapida de Tepetzintla o Monolito de Tuxpán, representa a Tzontémoc, "el que cae de cabeza", es el Sol en el crepúsculo, en su tocado con la letra A) se representa una lluvia de estrellas según Jesús Galindo [1994].





ARRIBA

La iconografía prehispánica para representar un cometa, una estrella fugaz o una lluvia de estrellas no marca diferencias, esto confunde a los investigadores, un ejemplo lo tenemos en el folio 45 r del *Códice Telleriano Remensis*. ¿Acaso se trata de un cometa o de una lluvia de estrellas? Considero se trata de una lluvia de estrellas porque se representan varias las volutas.



ARRIBA

Los meteoroides como excreta divina en el *Códice Borgia*, lámina 26.

También fueron significativas según Hagar, Las Táuridas,[208] al ser registradas por los mayas en un panel del friso estucado de Acancéh, donde se aprecia a un personaje descendiendo con símbolos estelares, en el panel contiguo se representa a una serpiente de cascabel, lo que podría indicar precisamente a Tzab, las Pléyades en la constelación del Toro, por lo cual el autor considera que se trata de Las Táuridas.

Para el Altiplano, Muñoz Camargo [1998, lib. II, cap. I.] cronista de Tlaxcala, describe lo que parece ser una lluvia de estrellas, apunta que salieron cometas por el aire, y que saliendo por el occidente de tres en tres, corrían hacia el oriente con mucha fuerza y violencia, al tiempo que iban despidiendo fuego y brasas. En la antigua Mesoamérica, los meteoroides son todos una y la misma cosa, no entraban en detalles para marcar diferencias entre un cometa, una estrella fugaz, una lluvia de estrellas o un meteorito, simplemente manipulaban colectivamente estos sucesos para sustentar su cosmovisión y complementar su discurso religioso.

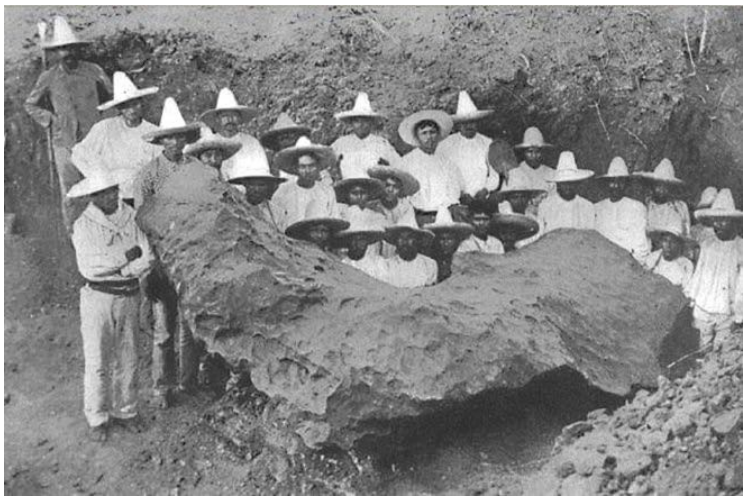
Las estrellas fugaces eran asumidas en Mesoamérica como la excreta de los dioses, una idea que perdura hasta el presente entre diferentes grupos étnicos: en Guerrero con los tlapanecas, en Oaxaca con los chontales y en Chiapas con los tzotziles, tzeltales y tojolabales. Pero esta concepción de deposiciones celestes también apunta a los cometas, por cierto, los totonacos de la sierra Norte de Puebla discrepan un poco, ya que consideran que se trata de la orina de los dioses. Milbrath [1999: 250] también acepta esta interpretación de los meteoros y apunta que en la lámina 26 del *Códice Borgia*, se representa esta creencia. En varios idiomas de Mesoamérica a los meteoroides se les denomina "excremento de estrella", en náhuatl con el vocablo *citlalcuitlatl*, palabra que es sinónimo de obsidiana y que tal vez también incluya a la tectita.

5.5.7.4 Meteoritos

Los meteoritos pueden ser de tres tipos: metálicos, rocosos y rocosos-metálicos, estas características definen su origen a partir de un asteroide, si es metálico proviene del núcleo, rocoso indica que procede de la superficie y si fuera una mezcla, es que viene de la parte media. Uno de los meteoritos más célebres registrado históricamente es el Meteorito de Bacubirito, cayó hace más de

208 Las Táuridas provienen de los residuos del cometa 2P / Encke.

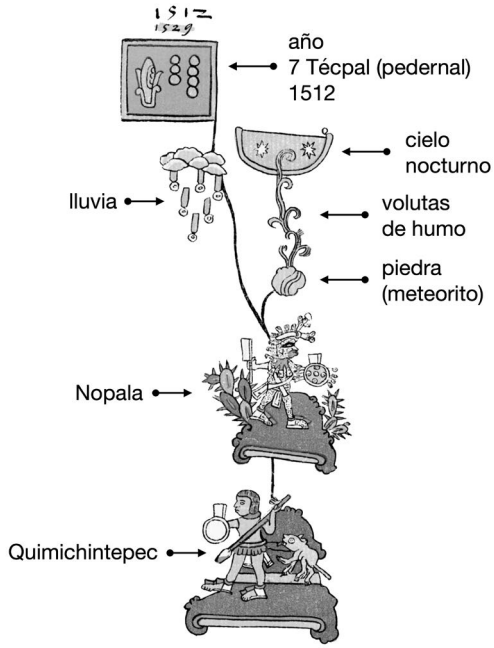
2 mil años y pesa 20 toneladas, se considera que es uno de los más largos del mundo pues supera 4 metros de longitud. En México se tienen registrados más de 80 meteoritos, entre los más célebres están los de Toluca y Chicxulub.



IZQUIERDA

Meteorito de Bacubirito, uno de los más grandes del mundo fue descubierto por campesinos de Culiacán, Sinaloa, en el año de 1863.

La caída de meteoritos provocó gran consternación entre los pueblos mesoamericanos. La palabra náhuatl *xihuitl* significa cometa en sentido literal, sin embargo, su utilización fue generalizada para referirse también a los meteoritos. Según Anders y Jansen [1996: 353], la caída de un meteorito se representa en el *Códice Telleriano Remensis*, lám. 42 v, en él se narra que en el año 7 Técpal, los mexicanos tomaron como sujetos a los pueblos de Quimichintepec y Nopala, en la provincia de Tototepec, ese año se dice: *que las piedras humeaban tanto que dicho humo llegaba hasta el cielo*, el meteorito se representa como una piedra que proviene del cielo.



IZQUIERDA

Representación de un meteorito en el *Códice Telleriano Remensis*, lámina 42 v, una piedra incandescente asociada a un cielo estrellado en el rumbo de Nopala (costa Mixteca) para el año 7 Técpal o 1512 d. C.

Entre los mayas de Yucatán, el recuerdo de la caída de un meteorito se menciona en un texto del siglo XVI, la *Relación de Valladolid*, [1983: 33]: *[…] en una venta que llaman Yocajeque (Yocah-Ek'); porque habiendo en él un gran lago de agua muy hondable, dicen los naturales que cayó en él una estrella con grandes pluvias […]*.

También durante la guerra de Conquista, en el asedio de Tenochtitlan, los mexicas fueron testigos de la caída de un meteorito muy radiante. Se trata de un portento, no de un presagio, porque es *post factum*, o sea que ratifica lo que los presagios habían anunciado, que era la rendición de la ciudad, en las narrativas de fray Bernardino de Sahagún, *Códice Florentino*, cap. XXXIX y en su *Historia general de las cosas de Nueva España*, libro XII, se describe este suceso:

> De como los del Tlatelolco cuando estaban cercados vieron venir fuego del cielo sobre si de color de sangre
>
> De golpe acabó la batalla, todo quedó en calma y nada más sucedió. Se fueron luego nuestros enemigos y todo quedó en calma. Nada aconteció durante la noche. Y al día siguiente, nada en absoluto pasó. Nadie hablaba siquiera. Los indios estaban replegados en defensa. Y los españoles nada obraban. Sólo estaban en sus posiciones […]. Y se vino a aparecer una como grande llama. Cuando anocheció llovía, era cual rocío la lluvia. En este tiempo se mostró aquel fuego. Se dejó ver, apareció cual si viniera del cielo. Era como un remolino; se movía haciendo giros, andaba haciendo espirales. Iba como echando chispas, cual si restallaran brasas. Unas grandes, otras chicas, otras como leve chispa. Como si un tubo de metal estuviera al fuego, muchos ruidos hacía, retumbaba, chisporroteaba. Rodeó la muralla cercana al agua y en Coyonacazco fue a parar. Desde allí fue luego a medio lago, allí fue a terminar. Nadie hizo alarde de miedo, nadie chistó una palabra.

Para Velasco [2010: 1518] no se trata de un meteorito, sino de un *ecatepoztli* un "viento cobrizo" como lo denominaban los mexicas, que en términos modernos se trata de un tornado, este aconteció el 22 de agosto de 1521 *st.n.* En cuanto a su trayectoria, puede deducirse parcialmente de los detalles geográficos aportados en la revisión de Sahagún de 1585 en el libro XII, donde se asienta que se originó por el rumbo del Tepeyac, y que rodeó el recinto de los mexicas en Coyonacazco, que corresponde a un barrio de Tlatelolco en la parte nororiental de la isla. Al final de cuentas,

este fenómeno atmosférico o astronómico -no lo sabemos con certeza- marcó el final, porque al día siguiente, el 13 de agosto *st.v.* la élite de Tenochtitlan se rinde.

Para Galindo [2021: 12] se trató de un fenómeno de electromagnetismo atmosférico compuesto de un plasma altamente ionizado contenido por campos magnéticos autogenerados conocido coloquialmente como relámpago esférico, rayo globular, centella o simplemente bola de fuego:

> Son objetos esféricos u ovalados luminiscentes que se asocian generalmente con tormentas eléctricas. La mayoría surge casi simultáneamente con la descarga de un rayo entre una nube y la tierra; sus colores varían entre rojo, amarillo y azul; su duración es de apenas algunos minutos; se mueven horizontalmente a pocos metros por segundo, y suelen alcanzar un tamaño del orden de decenas de centímetros.
>
> Estas esferas rotan sobre sí mismas y pueden atravesar paredes y ventanas sin provocar daños, pero en ocasiones causan gran devastación; algunas al girar producen sonidos y suelen desaparecer en silencio o en forma explosiva. Se ha reportado que a veces rebotan sobre objetos sólidos como el suelo. Dado su comportamiento es un gran reto explicar su naturaleza exacta.

El término de la época colonial *chamal dzutan* traducido como "cigarro del diablo", se interpreta como un cometa, pero Jesús Galindo [1994: 111] sugiere que cuando estos cigarros son desechados, se transforman en meteoritos. Los huaves creen que donde cae un meteorito, cunde la enfermedad y la muerte, esto concuerda con la descripción de Sahagún que afirma que la inflamación de un cometa o una estrella fugaz, que en nuestro caso se trata de un meteorito, cuando alcanzaba a un ser vivo lo enfermaba, se trata del *citlalocuile*, la estrella oruga o gusano como lo apunta Köhler [2002: 5] y se comentó páginas atrás, a continuación, la descripción de Sahagún [2009: 22]:

> [...] y decían que siempre que aquella saeta (estrella fugaz) caía sobre alguna cosa viva, liebre o conejo o otro animal, y donde hería, luego se criaba un gusano, por lo cual aquel animal no era de comer. Por esta causa procuraba esta gente de abrigarse de noche, porque la inflamación de la cometa no cayese sobre ellos.

Finalmente cabe mencionar que no contamos con referencia arqueológica alguna sobre el aprovechamiento ritual o suntuario de algún meteorito en el México prehispánico, como si sucedió,

por ejemplo, en Egipto con la daga de Tutankamón. Esta pregunta cobra sentido, porque de ser cierto que en la lámina 42 v del *Códice Telleriano Remensis*, se representa una piedra caída del cielo, significa que eran capaces de reconocer estas rocas extraterrestres por sus particularidades como la corteza de fusión,[209] la presencia de regmaglifos, ausencia de bordes angulosos y en su superficie la presencia ocasional de condritas; además de ser piedras densas, compactas y con un peso mayor que el de las piedras de tamaño similar procedentes de la corteza terrestre.[210]

DERECHA

Meteorito de la colección iTiO encontrado en la Zona del Silencio a mediados de la década de 2010.



5.5.7.5 Aurora boreal

La aurora boreal para el hemisferio norte y la aurora astral para el hemisferio sur, son un fenómeno de luminiscencia celeste espectacular que sólo se aprecia en las latitudes próximas a cada polo, son muy raras y esporádicas en las latitudes tropicales, por eso se pone en duda que fueran avistadas en Mesoamérica. Sin embargo, históricamente contamos con referencias de tal fenómeno como lo compilan Consuelo y Salvador Cuevas [2016] en su investigación, que encuentra como el relato virreinal más antiguo el suceso del 4 de noviembre de 1602, cuando una nao proveniente de Filipinas avistó durante su travesía un aurora, posteriormente el 14 de noviembre de 1789 se observó una aurora boreal en la ciudad de México, 70 años

209 Dícese de una pátina muy fina de color marrón que cubre la piedra.
210 Agradezco a Daniel Flores del Instituto de Astronomía de la UNAM el haberme mostrado en el año 2009 la colección de meteoritos que investiga.

después, el periódico *La Sociedad*, acusa que el 1 de septiembre de 1859, los alumnos de la clase de astronomía del Colegio de Minería, admiraron una aurora boreal. Años después, el 4 de febrero de 1872 se registró el avistamiento de otra aurora boreal en San Luis Potosí, este suceso fue publicado en su oportunidad por Florencio Cabrera en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*.

Se considera que el avistamiento de auroras en latitudes tropicales obedece al incremento de energía emitida por el Sol, su aparición esporádica pude estar asociada a los períodos de actividad solar que comprende un ciclo de 11 años[211] o con tormentas geomagnéticas[212] como el evento Carrington de 1859. La Estación Espacial Internacional ha detectado auroras boreales en el Golfo de México para los años 2012 y 2015, y aunque son breves y casi inadvertidas demuestran que en las latitudes tropicales sí suceden y que pudieron ser registradas en la antigüedad por los astrónomos mesoamericanos.

Sin duda alguna, en la historia de México, la aurora de 1789 es la más relevante, porque fue la primera aurora de baja latitud analizada científicamente en el mundo por tres eruditos novohispanos: José Antonio Alzate, Antonio de León y Gama, y José Francisco Dimas Rangel. Alzate realizó observaciones meteorológicas y astronómicas precisas; notó que coincidía con un aumento en el tamaño de manchas solares. León y Gama, escribió el tratado de auroras boreales más completo de América hasta esos años, la clasificó, calculó su altura, propuso un modelo propio, y opinó sobre los límites de la ciencia para comprender su naturaleza. Dimas Rangel realizó un experimento para reproducir -por primera vez- las características de una aurora, opinó sobre algunas explicaciones científicas y propuso la suya propia. A través de las primeras publicaciones y debido a sus diferencias se originó una polémica sobre la naturaleza de este fenómeno que contribuyó a que la astronomía novohispana brillara a nivel local e internacional [Ramos, 2021: 154].

En el *Códice Vaticano 3738*, lámina CXXIX, la glosa explicativa de la recopilación de lord Kingsborough [1964: 278] asume que se representa una aurora boreal para el año 4 Casa que corresponde a 1509 d. C., por tratarse de una copia ampliada del *Códice Telleriano Remensis*, nos referimos a la misma iconografía

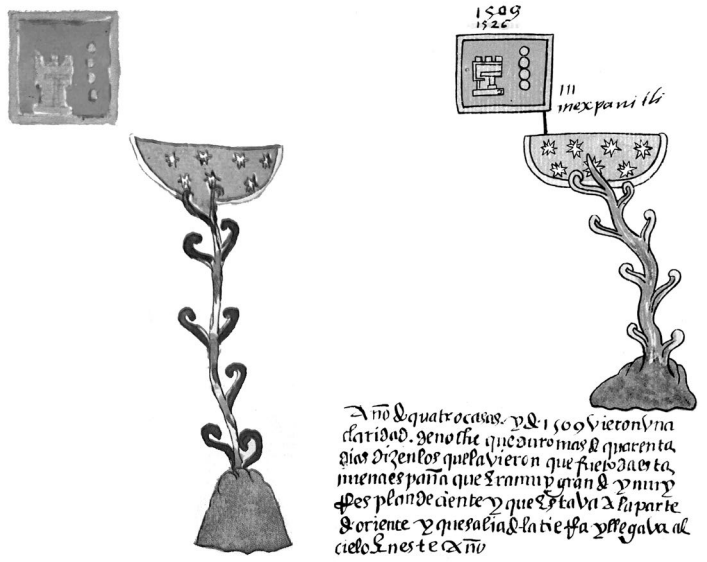
211 El ciclo solar inicia cuando el Sol muestra menos manchas solares, con el paso del tiempo aumenta la actividad solar y, con ella, el número de manchas solares, este ciclo se completa cada 11 años y corresponde al cambio de posición del polo norte y el polo sur del Sol.

212 Corresponde a eyecciones poderosas de energía que emanan del Sol.

en el folio 42 v que se acompaña de un texto adjunto en español que refiere:

> Año de Cuatro Casa. Y de 1509. Vieron una claridad. De noche que duro más de cuarenta días. Dicen los que la vieron que fue en esta Nueva España, que era muy grande y muy resplandeciente, que estaba en la parte oriente y que salía de la tierra y llegaba hasta el cielo en este año [...]. Esta fue una de las maravillas que ellos vieron antes que viniesen los cristianos y pensaban que era queçalcoatle (Quetzalcóatl) al cual esperaban.

Como vemos, no parece tratarse de una aurora boreal, porque la imagen asemeja a un volcán en erupción con su columna pliniana pudiendo tratarse del Popocatépetl o del Pico de Orizaba. El fenómeno de 1509 se anota en el *Códice Telleriano Remensis*, folio 42 v, como *mixpamitli*, que significa "bandera de nube" o "bandera de humo" [Códice Vaticano A, 1996: 351]. En el *Códice Ixtlilxóchitl*, una recopilación posterior, se describe como: *un gran resplandor que se levantó del horizonte oriental y llegó hasta los cielos; tenía forma de pirámide y ardía [...]*, de ser así se asemeja más a una luz zodiacal. Cualquiera que haya sido el fenómeno de 1509, fue considerado con asombro e historiadores posteriores como Ixtlilxóchitl lo interpretaron como uno de los presagios de la Conquista.



DERECHA

Para lord Kingsborough [1964: 278] es una aurora boreal, para otros es una erupción pliniana de un volcán activo, este es el fenómeno que se refiere para el año de 1509 en el centro de México en dos códices, a la izquierda en la lámina CXXIX del *Códice Vaticano 3738*, que es una copia del *Códice Telleriano Remensis*, folio 42 v que se presenta a la derecha, con su glosa en español al pie de la ilustración.

Finalmente un pensamiento de cautela, si el avistamiento de la aurora boreal está determinado por el incremento de la actividad solar y esta actividad presenta episodios recurrentes cada 11 años, y según investigaciones modernas esta actividad altera el clima

terrestre al variar la cantidad de energía que llega al planeta, entendido que este viento solar se manifiesta en acumulados de precipitación pluvial, presión atmosférica y temperatura, entre otros parámetros para diferentes latitudes geográficas y épocas, surge entonces la pregunta, ¿los sabios ancestrales registraron este ciclo de cambio atmosférico, climático y de luminiscencia? Por cierto, entes de cerrar esta edición sabemos que la próxima tormenta solar de gran intensidad será entre los años 2023 y 2024, acaso podremos ser testigos de una aurora boreal.

5.5.7.6 Luz zodiacal

La luz zodiacal es un fulgor, es una banda débil de luz de forma triangular, que se aprecia ocasionalmente en el cielo nocturno extendiéndose a lo largo del plano de la eclíptica, se considera que es responsable de un alto porcentaje de luz natural en una noche sin Luna, esto hace que el cielo se vuelva más claro por la noche hacia el oeste tras la puesta del Sol, o por la mañana hacia el este, antes de que salga; este fulgor obedece a la presencia de un inmenso disco de polvo en torno al Sol, originado por los despojos de innumerables cometas que han cruzado el Sistema Solar por miles de millones de años.

Para Jesús Galindo Trejo [1994] no hay registro en fuentes históricas del siglo XVI, o en la iconografía mesoamericana que sustente el registro prehispánico de una aurora boreal, en ello estamos de acuerdo. Más bien parece que lo registrado en los códices *Vaticano 3738*, lámina CXXIX, y *Telleriano Remensis*, folio 42 v, se trata de la luz zodiacal. El primero en apuntar esta posibilidad fue Alexander von Humboldt [2022: 104] en su *Cosmos*, a mediados del siglo XIX:

> Se puede suponer, con no poca probabilidad, que la luz del zodiaco era aquella extraña luz que ascendía desde la Tierra en forma piramidal que se observó en 1509 sobre el altiplano de México durante 40 noches seguidas, en el hemisferio oriental, y cuya mención encontré en un antiguo manuscrito azteca, el Códice Telleriano Remensis, en la biblioteca Real de París.

Según Galindo [2021: 9] lo referido en los códices *Vaticano 3738* y *Telleriano Remensis*, corresponde al registro del año 1509 de un luz zodiacal que justamente coincide con una etapa particularmente débil de la actividad durante el período

conocido como Mínimo de Spörer,[213] esto es lo que apunta al respecto fray Bernardino de Sahagún [2009: 42] en su *Historia general de las cosas de Nueva España*:

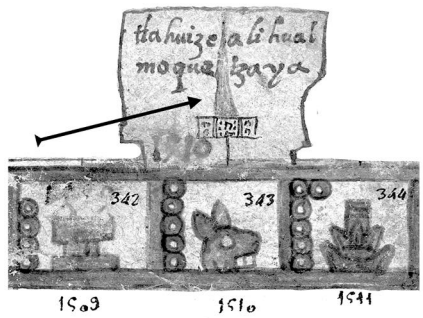
> Diez años ante que llegasen los españoles a esta tierra, y según otros once o doce años, apareció una gran cometa en el cielo, en la parte de oriente, que parecía como una gran llama de fuego muy resplandeciente, y que echaba de sí centellas de fuego. Era esta cometa de forma piramidal, ancha de abajo, e íbase ahusando hacia arriba, hasta acabarse en un punto; parecía en medio del oriente. Comenzaba a aparecer un poco después de la medianoche, y llegaba hasta la mañana; la luz del Sol la encubría, de manera que saliendo el Sol, no parecía más. Según algunos, viose un año entero, y según otros, cuatro años arreo. Cuando aparecía de noche esta cometa todos los indios daban grandísimos alaridos y se espantaban, esperando que algún mal había de venir.

Este relato lo ilustra el mismo Sahagún en el *Códice Florentino*, libro XII, capítulo I, con un dibujo que presenta el fuego celeste en forma piramidal, con un fondo de estrellas, rodeado de personajes señalando hacia el prodigio; también se ilustra en el *Códice Mexicanus*, imagen 55, como un cono que se levanta sobre un campo de cultivo para el año 1510 d. C., la glosa del códice dice en náhuatl: *tlahuizcali hualmoquetz aya*; se traduce como: una luz del amanecer se venía elevando.

ABAJO

Luz zodiacal como un cono: izquierda, *Códice Florentino*, libro XII, capítulo I, como presagio que auguraba la conquista de Tenochtitlan; derecha, *Códice Mexicanus*, imagen 55.





En la región de Tlaxcala también se observó la luz zodiacal, este fenómeno consternó a la población. Se dice en la *Historia de Tlaxcala*, que: *cada mañana salía por el oriente una claridad*

213 Se conoce como Mínimo de Spörer a un período de baja actividad solar que se registró entre 1420 y 1570 d. C., este fenómeno aconteció por variaciones de carbono 14 en los anillos de los árboles, evidencia que guarda una fuerte correlación con la actividad solar. Recibe su nombre por el astrónomo alemán Gustav Spörer (1822-1895).

tres horas antes de la aparición del Sol, esta claridad parecía una niebla blanca que subía hasta el cielo [Historia de Tlaxcala, Muñoz Camargo, libro II, cap. I]. Según Lejarazu [2019], para Muñoz Camargo, los ocho presagios de la Conquista fueron señales enviadas por Dios para dar fin a las tribulaciones que el demonio causaba entre los naturales antes de la llegada del Evangelio; por lo tanto, debido precisamente a su sólida formación cristiana, para el historiador de Tlaxcala los prodigios anunciaban en realidad la salvación de las naciones indias y una manera en la que Dios se manifestaba para anunciar su llegada.

5.5.7.7 Otros sucesos incógnitos

Cesar Morlan [2015], en su interesante publicación *Objetos voladores y fenómenos celestes en el México antiguo: Descripciones en las fuentes del siglo XVI*, nos conduce con citas históricas e ilustraciones a un panorama poco conocido y mínimamente discutido en el ámbito académico respecto a los enigmas del cielo. Inicia con el *Códice Aubin*, lámina 40, con los *nican temoque tlacahuillome*, que se traduce como "los hombres voladores", noción que sin duda es un manjar para los entusiastas del fenómeno OVNI y los alienígenas ancestrales. Pero Morlan [ibidem: 3] no sigue por ese camino y no ahonda más en el tema, así que vale un breve cometario consultando la edición del *Códice Aubin*,[214] que se publica en los *Anales Mexicanos*, en 1902, en la traducción que hace del mismo Antonio Peñafiel en la página 97, se apunta: *En 3 Técpatl se aparecieron los hombres voladores. (¿Serían los españoles á caballo?)*, es todo lo que escribe Peñafiel, pero no puede ser así, porque 3 Técpatl, corresponde a 1508, y respecto a su llegada en el mismo códice se apunta su arribo para el año 13 Tochtli, que corresponde a 1519. Pero más allá de esta atrevida visón, ¿acaso no podrá tratarse de un vuelo ceremonial prehispánico? como el de los "hombres pájaro" hoy *Voladores de Papantla*, inscrito por la UNESCO en la *Lista Representativa del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad*, en el 2009. Un ceremonia que por cierto se remonta al Preclásico.

Sin embargo, Morlan [ibidem: 4] no abandona el tema de personajes voladores, y ahora recurre a una cita de fray Gerónimo de Mendieta [2006], que en su *Historia Eclesiástica Indiana* de 1604, en el capítulo II, libro I, dice a la letra: [...] *en el año siguien-*

214 Manuscrito del año 1576.

te, de mil quinientos once, aparecieron en el aire hombres armados que peleaban unos contra otros y se mataban. Esta cita, corresponde a los prodigios que anticipaban la llegada de los españoles, y posiblemente fue retomada de la obra de Juan Suárez de Peralta [1990] que en su *Tratado del descubrimiento de las Yndias y su conquista*, de 1586 apunta: *[…] y antes de que entraran en la tierra los españoles fueron vistas en el aire gentes que parecían pelear unas contra otras, y los indios estaban maravillados de ello, y espantados, porque jamás habían visto tal.* Sin embargo, ambas glosas, parecen explicarse la relación que guardaba fray Gerónimo de Mendieta con fray Juan de Torquemada, quien en su *Monarquía Indiana*, escrita entre 1592 y 1613, en el capítulo XC, del libro II, escribe sobre las señales que anunciaban el epílogo de los mexicas como estado dominante en Mesoamérica:

> […] poco antes de anochecer, entre el fin de la luz del día y el principio de las tinieblas de la noche, se vieron grandes ejércitos de gente armada, muchos carros de soldados y grandes tropas de enemigos, que vagueando por los aires dieron vuelta a toda la ciudad y la cercaron.

Pero Torquemada no está relatando un suceso acontecido en Mesoamérica, sino uno en Jerusalén cientos de años antes. Está citando a Tito Josefo, como se apuntó en la página 364, es una interposición del pensamiento Occidental con fines ideológicos, y así lo escribe Torquemada al inicio del capítulo XC, libro II:

> En casos arduos y negocios dificultosos, que por justos juicios de Dios acontecen en el mundo, suele haber señales y prodigios que pronostican estos acontecimientos antes que sucedan, en especial en acabamiento y desolación de algún reino.

Así que el lector guardará las respectivas precauciones frente a las crónicas de fray Gerónimo de Mendieta, Juan Suárez de Peralta[215] y fray Juan de Torquemada, quien reafirma este sentido ideológico propio de la patrística de su época en el mismo capítulo con estas líneas:

> […] y que siendo las señales de fuego de espadas, de gente armada y de otras cosas semejantes, entiendan que no pronostican

215 Morlan [2015: 11] cita un apartado de Juan Suárez de Peralta, asegura que un indio cautivo de los mexicas, antes de ser sacrificado vio un mensajero del cielo que tenía diadema y alas. Es por demás asumir que se trata de la alegoría de un ángel cristiano.

> buenos fines sino que los anuncian malos y contrarios. De éstos tuvieron estos mexicanos (también como la república de Israel a quien en mucho los hemos comparado en diversos lugares de esta historia) y en número tan crecido como ella y algunos muy semejantes a aquéllos.

En la *Historia de Tlaxcala* de Muñoz Camargo, se alude que dentro del Sol se había visto una espada, pero ver algo dentro del Sol solo es posible pienso durante un eclipse parcial. Otro acontecimiento que se supone desconcertante se encuentra en la *Historia Verdadera de la Conquista de la Nueva España* de Bernal Díaz del Castillo [2011: 991]:

> Dijeron los indios mexicanos que poco tiempo había, antes que viniésemos a Nueva España, que vieron una señal en el cielo que era como entre verde y colorado y redonda como rueda de carreta, y que junto a la señal venía otra raya y camino de hacia donde sale el sol, y se venía a juntar con la raya colorada; y Montezuma, gran cacique de México, mandó llamar a sus papas y adivinos para que mirasen aquella cosa y señal, nunca entre ellos vista ni oída que tal hubiese.

Esta señal es la descripción de un evento luminoso transitorio, conocido en meteorología como TLES por sus siglas en inglés, también se le denomina duendes o *red sprites* y elfos cuando se trata de un halo circular rojizo. Este fenómeno atmosférico es resultado de descargas eléctricas de gran escala que ocurren en capas muy altas de la atmósfera. Los espectros son descargas de rayos positivos entre las nubes y la tierra, normalmente tienen coloración rojiza, naranja o azul verdosa, con "tentáculos" colgantes y ramas arqueadas, estos destellos en ocasiones son precedidos por un halo circular rojizo que como ya se apunto se denomina elfo. Este tipo de espectros han sido registrados en diferentes momentos históricos y son un recurrente favorito de los asiduos al fenómeno OVNI; sin embargo, en fechas recientes se demostró su origen atmosférico.

Otro relato enigmático, es un suceso apuntado en un diario de navegación de una nave en el Golfo de México un año antes del arribo de Hernán Cortés, sucedió en Nautla, Veracruz, en 1518, durante la expedición de Juan de Grijalva, el itinerario fue escrito por el capellán Juan Díaz:[216]

216 *El Itinerario de la armada del rey católico a la isla de Yucatán […]* forma parte de la colección de documentos para la historia de México publicada por Joaquín García Icazbalceta en 1858, la primera impresión fue en italiano por Zorzi di Rusconi, en Venecia para 1520.

> Este día ya tarde vimos un milagro bien grande, y fue que apareció una estrella encima de la nao después de puesto el sol, y partió despidiendo continuamente rayos de luz, hasta que se puso sobre aquel pueblo grande, y dejó un rastro en el aire que duró tres horas largas; y vimos además otras señales bien claras, por donde entendimos que Dios quería para su servicio que poblásemos en aquella tierra; y llegando así al dicho pueblo, después de visto el referido milagro, la corriente del agua era tan grande, que los pilotos no osaban ir adelante, y determinaron de volver atrás, y dimos vuelta.
>
> *Itinerario de la armada del rey católico a la isla de Yucatán, en la India, el año 1518, en la que fue por Comandante y Capitán General Juan de Grijalva*

Para León Cázares [2016: 81], en el estudio que hace sobre este documento, el relato corresponde a la observación de un cometa, descrito como un suceso adecuado para la narrativa cristina de esa época. Por ese mismo sendero teórico va Pilar Ramiro [2010] que interpreta el acontecimiento como un evento irreal, como una adecuación medieval para describir tierras nuevas y maravillosas. Es en pocas palabras, un texto testimonial escrito a condición para la Corona como un relato providencial que conforma un imaginario característico de los tópicos heredados de la antigüedad es un designio divino de carácter sobrenatural. Una explicación maravillosa que hace de la expedición una tarea justificada ante la fe, una tradición literaria que se remonta a Claudio Ptolomeo en su *Tetrabiblios* del siglo II, para la Edad Media, convirtiendo a la astrología en conocimiento histórico y con ello a cualquier manifestación celeste en profecía.



DERECHA

Ilustración del *Tetrabiblios* de Claudio Ptolomeo en una publicación del siglo XV d. C. donde se representa a la astronomía como una de las *Siete artes liberales*. Durante la Edad Media el conocimiento se divida en dos posiciones: *trivium*, que comprendía la gramática, la retórica y la dialéctica; y el *quadrivium*, con la aritmética, la geometría, la astronomía y la música.

Entendiendo la explicación que de este fenómeno ofrecen León Cázares [2016] y Pilar Ramiro [2010], creo al igual que César Moran [2015], que los navegantes de Grijalva sí vieron algo en el cielo ese día, y que fue algo extraordinario. No sé bien si fue un meteoro dibujando su cauda o un fenómeno atmosférico mal descrito, lo cierto es que la interpretación de los cielos en el México antiguo es un tema apasionante que invita a futuras generaciones de especialistas a sumarse a la investigación. La arqueología del cielo atesora enigmas que permanecen a la espera de la reflexión racional de la ciencia, para ser entendidos y explicados, para ser divulgados en el amplio público, ávido de historias trascedentes que los lleven más allá de la vanalidad y superstición de la especulación comercial del pensamiento.



Porque de eso se trata este libro,
de mirar al cielo.

"El observador del cielo", escultura realizada en piedra caliza procedente del norte de Campeche, Clásico tardío (600 – 800 d. C.), se exhibe en el Museo Arqueológico de Campeche, Reducto de San Miguel.



Conclusiones

Mesoamérica pendía del cielo, porque sólo así se explica y se entiende: desde el cielo. Así lo demuestra su arquitectura, códices y mitos. Mesoamérica procesó de manera excepcional conceptos propios de tiempo y espacio. El tiempo a través de la astronomía y el espacio desde el entorno geográfico. Los antigüos mexicanos elaboraron una cosmología filosófica, una estructura cognitiva única en todo el mundo para interpretar al Cosmos. Tiempo y espacio se hicieron inseparables: el tiempo expresado en el calendario regido por los astros y el espacio expresado en la geografía. Geografía resumida en el perfil orográfico de las montañas del Altiplano o en las cavernas de las planicies peninsulares de Yucatán. La interpretación conjunta del espacio y el tiempo determinó el sitio donde habría de levantarse y orientarse la urbe sacralizada. Mirando al cielo, respetando el movimiento cíclico de los astros a través del horizonte. Obedeciendo al Sol, a la geografía, y sobre todo al calendario, porque la orientación mesoamericana es calendárica.

El calendario estaba arraigado a un horizonte sensorial que permitía determinar episodios de tiempo precisos mediante la posición del Sol, en un anuario dividido en trecenas y veintenas destacando de manera generalizada en Mesoamérica la orientación para las fechas 29 de octubre y 12 de febrero, 52 días antes y después del solsticio de invierno; y el 29 de abril, y 13 de agos-

ENFRENTE

Tres momentos de la historia de México: en primer plano, por debajo del monumento el sitio arqueológico TX-01 Texmalaquillas, sobre el que se levanta una cruz, resultado del proceso de evangelización durante el virreinato; al fondo entre la bruma se aprecia el Gran Telescopio Milimétrico, máxima expresión de la astronomía como ciencia en el México moderno, Sierra Negra o Tliltépetl a 4585 $^{m}/_{nm}$, 2006.

to, 52 días antes y después del solsticio de verano. También fue preponderante la posición en el horizonte que marca la salida del Sol para el 12 de febrero, con su retorno al mismo punto para el 29 de octubre, esto fue por demás significativo, porque la diferencia entre las dos fechas es de 260 días que nos trae a la mente el almanaque del *tonalpohualli* para el Altiplano y el *tzolkin* para las tierras mayas, que bien pueden contarse como 13 veintenas (13 × 20 = 260) o 20 trecenas (20 × 13 = 260). Además, entre el 12 de febrero y el 13 de agosto contamos 182 días que, de alguna manera, marcan una mitad de año, porque fue determinante el equinoccio medio de primavera y el de otoño, señalados como pivotes para el cómputo del tiempo.

Para fijar el tiempo absoluto, el instrumento más significativo fue el registro del paso cenital del Sol, un registro contextual para cada urbe, porque la fecha difiere según la latitud geográfica de cada sitio, por eso se trató de un instrumento excepcional de sapiencia ancestral.

Esta propuesta de orientación calendárica no es aventurada, se demuestra en cada urbe sacralizada donde pirámides y palacios en su composición geométrica señalan direcciones en el horizonte por donde levanta el Sol para fechas específicas. Mesoamérica expresa su diversidad porque no hay dos ciudades idénticas, ni en su trazo, arquitectura y rango azimutal para el eje de simetría de sus edificios; cierto es que exhiben similitudes, pero esto es propio de un marco contextual donde cada urbe desarrolló una estrategia diferente de orientación a partir de parámetros macro culturales. En el *Capítulo IV* de esta entrega, se pone a consideración del lector una tipología arqueoastronómica para las urbes mesoamericanas, identificando semejanzas y diferencias relevantes, porque diversos fueron los modelos ensayados en el México antiguo para hacer conmensurable su relación con el cielo.

La astronomía posicional practicada en Mesoamérica antes del arribo de Occidente sirvió como instrumento cognitivo que asentaba en qué momento del año se vivía, el cómputo del tiempo se contrastaba entre el absoluto establecido por los astros y el relativo propio del crecimiento de la naturaleza manifiesto en plantas y animales; también relativo, en contraste con el absoluto astronómico, era el comportamiento del temporal, tan importante para la agricultura, aseverando si las lluvias estaban adelantadas o retrasadas respecto al calendario. La agricultura, naturaleza ya mediada por la desarticulación del ecosistema natural, requería del trabajo humano para permanecer, es decir, reproducirse, ya que estos ecosistemas artificiales no poseían la

capacidad de autorregularse. El esfuerzo humano, se regía entonces por la división del trabajo y por el calendario productivo que ordenaba las labores de la sociedad. Así se explica la importancia de la astronomía en el ámbito de la supervivencia en Mesoamérica.

Acorde al calendario productivo está el calendario ritual. La observación del cielo y el registro de su movimiento -como magistralmente se expresa en los códices mayas- fue el instrumento que hizo conmensurable la religión. Mesoamérica es la búsqueda y el encuentro del hombre con el orden de la naturaleza, es la expresión de la sacralidad que civiliza y que ordena la sociedad desde una ideología coherente a partir de la dinámica celeste.

Entendemos que al menos desde hace más de tres mil años se llegó al punto en que un grupo mediante la profesión pública de la astronomía legitimó e impuso patrones religiosos definiendo tácitamente los límites de lo pensable y lo impensable, contribuyendo así al mantenimiento del orden social. Por toda Mesoamérica proliferaron los observatorios astronómicos, en espacios naturales, rurales y urbanos donde el culto religioso se extasiaba en un fervor que les permitía entender e interpretar la mecánica de la naturaleza, ya fuera en el movimiento de los astros o en las variaciones atmosféricas.

Por otra parte, la cosmovisión aportó razonamientos al entendimiento, percepción y contemplación del *mundo*, sin que su argumentación estuviera sujeta necesariamente al planteamiento religioso. La cosmovisión incorporó al pensamiento ciertos aspectos del espacio geográfico desde una descripción topológica del entorno donde las propiedades cuantitativas de un lugar no eran tan relevantes como las propiedades cualitativas en las que se conjugan las ideas de una comunidad respecto al espacio y el tiempo como se expone en el *Capítulo v* que trata sobre etnoastronomía. El lenguaje simbólico de los diferentes grupos étnicos que ocuparon Mesoamérica por más de tres mil años hasta la irrupción de Occidente es vasto, complejo y apasionante por su riqueza narrativa. Los sabios de la antigüedad mostraban su anhelo por encontrar la armonía perfecta, demostrando un grado de abstracción admirable para alcanzar el conocimiento del Universo.

Las páginas anteriores de este libro son una reducida exposición del patrimonio cultural y científico de los cielos de Mesoamérica. El proceso de observación e interpretación del cielo es tan antiguo como el arribo de los primeros pobladores hace más de 15 mil años. Un acervo cultural que llega hasta nuestros días, porque el cielo nocturno y el crepúsculo con sus astros

aún cautivan a los pobladores de estas tierras, esto es evidente en los cursos que he impartido, sobre todo durante la pandemia de Covid-19 a través de las redes sociales. Cada día son más los miles de espectadores que por medios digitales o presenciales se reúnen para observar un eclipse o ser testigos de una efeméride astronómica que es digna de apreciar.

La astronomía cultural en esta entrega está contenida por la arqueoastronomía y la etnoastronomía. La astronomía cultural permite indagar los códigos iconográficos y las complejas estructuras mentales que se conjugan y dan coherencia a un lenguaje matemático y geométrico, que como lenguaje científico es posible de ser interpretado desde la racionalidad moderna. Los códigos aritméticos expresados en la arquitectura monumental expresan realidades arquetípicas que constituyen categorías propias del pensamiento y que hacen del hombre un auténtico intermediario entre lo conocido y lo desconocido del Universo. Por todo esto, las proposiciones simplistas de alienígenas[217] que son del gusto de tantos aficionados a la historia que siguen con entusiasmo temas propios de lo "desconocido y el misterio" poco aportan desde los medios de comunicación masivos a la dignificación del pasado y mucho abonan a un mensaje grosero, a una insinuación racista que asume que los pueblos originarios de América no fueron lo suficientemente inteligentes para constituir una civilización por sí mismos, de tal suerte que requirieron de la ayuda extraterrestre para prosperar. Es justamente un racismo similar, pero en el campo terrenal, el que enfrentamos los investigadores independientes contra reductos de la academia europea, norteamericana y nacional; que en un trastorno enquistado por la corrupción intelectual exaltan lo extranjero, lo que viene de fuera, descalifican las aportaciones latinoamericanas de quienes no pertenecen a su gremio o grupo de interés, sin darse cuenta de que con su postura afectan el desarrollo del conocimiento científico. Se hace necesaria entonces una ruptura con ese coloniaje intelectual, que escribe la historia a su modo e intereses, de ahí que esta obra sea un trabajo inclusivo que invita a la suma del conocimiento, porque al final de cuentas, no se trata solo de un patrimonio nacional, sino del patrimonio universal, porque enaltece la riqueza y diversidad cultural de la humanidad.

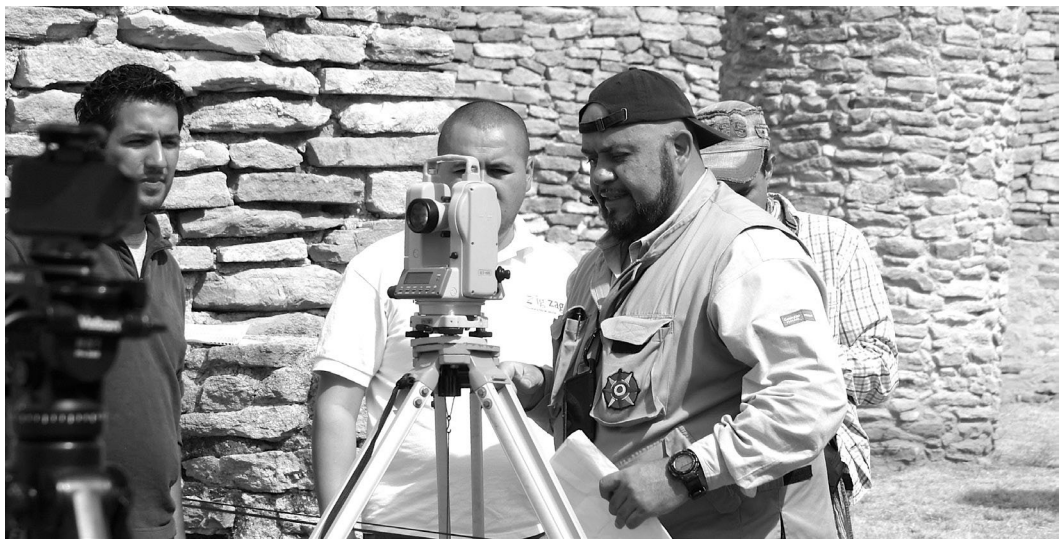
En este plano de ideas y desventuras que va más allá del aspecto teórico que corresponde a una conclusión, y que apunta

217 Alienígena en la cultura popular y en la ufología corresponde a todo ser vivo originario de cualquier sitio ajeno a la Tierra.

a experiencias desafortunadas durante años de investigación en el campo de la astronomía cultural, es necesario apuntar que los investigadores independientes, aquellos que no disfrutamos de una plaza, ni de los beneficios sindicales, ni las prestaciones de *Ley*, se nos descalifica por ser emprendedores e innovadores en el mejor de los casos,[218] porque nos separamos del monopolio intelectual de las instituciones académicas y abandonamos cánones obsoletos al imprimir nuestros propios libros -como este volumen- olvidados por las dependencias del Gobierno que hacen poco por apoyarnos. Al final de cuentas somos muchos más y contribuimos activamente al conocimiento y la educación, tanto que lamentablemente en algunos casos se apropian de nuestros resultados porque simplemente no citan nuestras contribuciones. Por si no fuera suficiente trabajar sin beneficios ni prestaciones, se nos cuestiona y condiciona el acceso a zonas arqueológicas con una maraña de argumentos burocráticos. Felizmente hay excepciones, en mi caso me animó en su momento el apoyo del Conacyt al acreditarme como investigador nacional; recientemente, la Alcaldía de Iztapalapa entre los años 2020-2022 sustentó el proyecto *Cultura Científica Popular*, impulsado por exponer la erudición ancestral y la ciencia indígena con temas de astronomía, matemáticas, geometría y arquitectura. A través de un andamiaje de eventos culturales se logró compartir con el amplio público los alcances del conocimiento que sorprendiera a Europa y el mundo desde el siglo xvi, y que actualmente cada año atrae a millones de turistas que se maravillan al visitar los sitios arqueológicos del país. El objetivo del proyecto fue documentar el saber ancestral fuera de los reductos y formatos académicos que excluyen a quienes no son especialistas, esta propuesta inclusiva se apuntaló en las redes sociales a través de un canal de YouTube,[219] una biblioteca virtual para consultar toda la producción literaria del autor de manera gratuita,[220] una página en Internet con animaciones en 3d de monumentos históricos,[221] y una página de Facebook para promocionar conferencias y eventos.[222] La estrategia fue hacer de la cultura científica un bien común a disposición de todos los interesados por su identidad. También se motivó a participantes del curso de

218 En el mejor de los casos se nos asumen como *early adopter*, dependientes de la tecnología de consumo.
219 Visite < https://www.youtube.com/channel/UC0Ajio3t1pKMvcaCqD-DksBg>.
220 Visite < https://conacyt.academia.edu/ArturoMontero> con un acervo de 11 libros, 76 artículos y tres tesis para el cierre de esta edición en septiembre de 2023.
221 Visite < https://sketchfab.com/ismael4>.
222 Visite < https://www.facebook.com/ArqueologiaExtrema>.

astronomía cultural a compartir sus ideas a través de Facebook para coadyuvar al aprendizaje y enfatizar la memoria colectiva sin requerir para su exposición de credenciales académicas. Con la participación del amplio público la "cultura científica popular" representa un modelo para seguir. Pero igualmente se ha apostado en otras instancias, favorecido por la confianza de colegas solidarios de universidades públicas e instituciones gubernamentales se han publicado artículos, dictado conferencias e impartido cursos de arqueoastronomía desde el año 2009, con la intención de fomentar la astronomía cultural entre las nuevas generaciones de antropólogos, arqueólogos e historiadores.



ARRIBA

El autor capacitando a un grupo de estudiantes de arqueología de la Universidad Autónoma de Zacatecas en el uso del teodolito para su aplicación en arqueoastronomía en el sitio arqueológico de La Quemada, noviembre 2013.

Continuando en el ámbito adverso que nos aqueja, hay una afectación sensible que es más preocupante que las aludidas, es el caso de la contaminación lumínica. Es una amenaza que preocupa, porque atenta contra el cielo nocturno como fuente de inspiración, conocimiento y esparcimiento.

Ocurre que simplemente ya no se ven las estrellas al levantar la vista por la noche. En nuestro caso, la preocupación se atiende porque la contemplación de la bóveda celeste ha contribuido para determinar la forma en que diferentes culturas han concebido el *mundo*; es por tanto un patrimonio cultural, tangible e intangible. Los sitios donde se puede apreciar un cielo estrellado están en proceso de extinción, a manera de ejemplo, las altas montañas del centro de México: Iztaccíhuatl y Popocatépetl, volcanes donde se levantaron observatorios astronómicos en la antigüedad son presa actualmente de la turbulencia atmosférica, el aire limpio escasea, la presencia de aerosoles cada día es mayor, y los efectos térmicos emanados de los grandes centros poblacionales del Valle de Puebla-Tlaxcala y la Zona Metropolitana del Valle de

México, con su sobrepoblación y polución industrial afectan el entorno natural.

Es necesario proteger al cielo y asumirlo como un área natural que debe ser protegida frente a la contaminación atmosférica y la alteración lumínica que interrumpe la visión del paisaje estelar.[223] Esta degradación atmosférica y exceso de luz artificial reduce la posibilidad de observación, resta magnitud visual al brillo de un astro. La contaminación lumínica es producida por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, esto altera las condiciones naturales de luminosidad durante la noche. La contaminación lumínica no solo nos imposibilita de admirar el paisaje estelar, también afecta a la vida, porque más de la mitad de las criaturas que viven en la Tierra son nocturnas, de ahí que la iluminación artificial mal concebida desequilibre la biósfera afectando el comportamiento de especies animales y vegetales. Se alteran los ciclos de vida de las especies,[224] pues la oscuridad o la luz natural de la noche resulta indispensable para el sano funcionamiento de multitud de organismos y ecosistemas.

Desde 1992 activistas involucrados en la ciencia y las políticas públicas han atendido las recomendaciones de la Unesco, para hacer frente al exceso de iluminación que tiene repercusiones físicas, psicológicas y económicas. De continuar así, sin preservar los cielos oscuros, tendremos una bóveda de concreto donde no brillarán las constelaciones sino las luces artificiales de las grandes urbes, por eso desde hace años la Unesco promueve la reserva *Starlight*, un espacio natural protegido en donde se establece un compromiso por la defensa de la calidad del cielo nocturno y el acceso a la luz de las estrellas. Estas reservas tienen como función la preservación de la calidad del cielo nocturno y de los diferentes valores asociados, ya sean culturales, científicos, astronómicos, paisajísticos o naturales. Las reservas *Starlight*, contemplan diferentes categorías, una de ellas es la de sitios Patrimonio, que se refiere a los ámbitos que albergan emplazamientos arqueológicos y sitios de carácter cultural o monumentos creados por la humanidad como expresión de su relación con el firmamento, que han servido para el desarrollo

223 Véase: <https://www.celfosc.org/biblio/general/ambienta.pdf>.

224 Las evidencias científicas sobre los efectos de la contaminación lumínica son evidentes en las aves migratorias, la cría de tortugas marinas y los insectos donde se registra un aumento en la escala de mortalidad. Se alteran también las interacciones competitivas entre las especies, así también la relación predador-presa, el comportamiento reproductivo y fisiológico de las especies. Por lo anterior, cuidar la noche es salvaguardar la biodiversidad.

de la astronomía y sus manifestaciones a través de la religión, la cosmovisión, el arte y la ciencia.

Al mejorar la eficiencia lumínica se logrará disminuir el desperdicio de energía eléctrica por las noches, generando beneficios como la disminución de consumo de combustibles fósiles; con una estrategia adecuada podremos contribuir a que México cumpla con los acuerdos de la *Agenda 2030* de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Afortunadamente, el 18 de enero de 2021, se publicó en el *Diario Oficial de la Federación*, el decreto de reforma a la *Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente*, que en su *Artículo Tercero*, incorpora disposiciones para regular la luz intrusa y la luz difusa por las noches, así como prevenir, reducir y controlar la contaminación lumínica. Esta es parte de nuestra responsabilidad con el medio ambiente, la salud, la ciencia y la cultura.

El principio de conservación implica devolver la oscuridad a la noche cuando la luz artificial ya no es útil, así como el resguardo de otros factores nocivos derivados de la contaminación atmosférica. Como en las reservas terrestres, el área protegida celeste cuenta con una o más zonas núcleo, donde se mantienen las condiciones de iluminación natural que garantizan la nitidez de un cielo prístino. Recuperar la oscuridad es perpetuar la vida en el planeta, es una misión que requiere unir esfuerzos.[225]

Pero también las reservas *Starlight* significan un recurso viable para desarrollar una economía sostenible en las comunidades rurales.[226] Preservar el cielo nocturno permite consolidar destinos turísticos de gran potencial acorde con la tendencia de realizar viajes ecológicamente correctos. El moderno mercado turístico incorpora desde la perspectiva cultural nuevas tendencias que permiten el desarrollo de productos que resultan de investigaciones científicas, este es el caso del turismo arqueoastronómico. El turismo arqueoastronómico es una propuesta que permite al visitante disfrutar de un destino destacando aspectos poco atendidos y fascinantes como lo es la bóveda celeste y la cosmovisión ancestral. Con esta propuesta se ofrece una experiencia extraordinaria y de calidad que busca diversificar el amplio panorama de intereses para el turista del siglo XXI.

Finalmente deseo apuntar que la arqueoastronomía como disciplina ha sido cuestionada, descalificada en sus orígenes, pero

225 Véase propuesta de National Geographic en: https://www.ngenespanol.com/traveler/cielo-tambienhay-areas-protegidas/

226 Confróntese: <http://www.redeuroparc.org/system/files/shared/Programa_2020/PREMIO2019/13_nm_el_cielo_estrellado _como_un_recurso_natural_cultural_cientifico_y_motor_de_economia_sostenible._iipremio_0.pdf>.

con el paso del tiempo y las aportaciones con evidencia científica ha ganado terreno. Sin duda los casos de casualidades astronómicas manipuladas por la ignorancia siguen afectando, pero en algunos casos, ciertas casualidades demuestran el interés y admiración que las personas celebran, así sucede en Nueva York y España. Célebre es el Manhattanhenge,[227] también llamado el Solsticio de Manhattan. Otra casualidad que resulta interesante sucede en Europa, donde el Sol al amanecer acude puntual a su cita cada equinoccio para alinearse con el túnel de Valdealgorfa.[228] Pero no todo es casualidad en el mundo moderno, también orientaciones intencionales, donde los modernos constructores rescatan la cosmovisión ancestral elaborando un mensaje arquitectónico al futuro en la alineación de sus edificios, como es el caso del Centro Financiero de Shanghái que guarda una base cuadrada que es la Tierra y un remate circular que es el cielo. Sería oportuno retomar la cosmovisión mesoamericana y ensayar en una arquitectura moderna inspirada en el pasado como en su momento fue la construcción del Colegio Militar o el mismo Museo Nacional de Antropología.

La riqueza patrimonial de la astronomía en México no se circunscribe únicamente al período prehispánico, se nutre con Occidente a partir del siglo XVI con una nueva interpretación de los cielos.[229] La narrativa se reemplaza por la devoción cristiana y la ciencia. Complejos conocimientos de astronomía permitieron a los pilotos de los navíos europeos llegar a estas tierras; para 1540 fray Alonso de la Veracruz comenzó a explicar conceptos de astronomía geocéntrica en el Colegio Mayor que la orden agustina estableció en Tiripetío, Michoacán. El mismo fray Alonso, para 1557 impartía clases sobre astronomía heliocéntrica en la Real Universidad de México, apoyó su cátedra con la

227 El Manhattanhenge ocurre dos veces al año, el Sol al ocaso se alinea en dirección este-oeste con las calles de Manhattan en Nueva York. El neologismo se deriva de las ruinas de Stonehenge, donde el Sol se alinea con las piedras en los solsticios, provocando un efecto similar. La palabra fue popularizada en 2002. El término se aplica a aquellas calles que siguen el *Plan de los Comisarios* de 1811, que se encuentran desfasadas 29º con la primera vertical.

228 El túnel de Valdealgorfa es una interesante coincidencia; sucede que un agricultor se percató en el año 2003 que los rayos solares pasan a través de un túnel de 2.1 km durante los equinoccios. Actualmente el lugar es visitado por numerosos curiosos deseosos de confirmar la irrupción solar desde la boca oeste del túnel. Para celebrar el evento, el ayuntamiento local invita a los visitantes a un desayuno de pastas típicas para fomentar el turismo. Ahora se le conoce como el Túnel del Equinoccio, la vía férrea fue cerrada en 1973, por lo que se dice que por ahí ya no transita el ferrocarril sino el Sol.

229 Interesante resulta la historia de las astronomía para los últimos 500 años, véase la compilación de Arturo Moreno, *La historia de la astronomía en México*, publicada por el Fondo de Cultura Económica, México, 1982.

impresión de su libro *Physica Speculatio*, el primer texto sobre astronomía publicado en América. Conforme avanza el siglo XVI la enseñanza de la astronomía discurre por más colegios, como el de San Ildefonso de la ciudad de México. De finales de ese siglo son los primeros reportes académicos de eclipses lunares, para inicios del siglo XVII el cosmógrafo Enrico Martínez publicó el *Repertorio de los Tiempos*, explicando el modelo geocéntrico e incluyendo el primer canon de eclipses solares y lunares publicado en América. Para 1637 se abrió la cátedra de Astronomía y Matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México, que fue la primera institución universitaria americana que lo hizo. A finales del siglo XVII contaremos con las aportaciones de Carlos de Sigüenza y Góngora y así veremos incrementar el acervo de esta ciencia en México, que con en venir de los años se verá incrementada. Aportaciones de astrónomos virreinales fueron conocidas en Europa, ahí están Joaquín Velázquez de León, José Antonio Alzate, Antonio de León y Gama e Ignacio Bartolache, por mencionar solo algunos de los astrónomos de estas tierras que para fines del siglo XVIII, observaron eclipses de Sol y Luna y los satélites de Júpiter entre otros sucesos que describieron con exactitud. La docencia se arraigó en el Real Seminario de Minería a partir de 1796. No es el caso apuntar más sobre este tema, pero las líneas anteriores nos dejan ver el potencial virreinal del conocimiento astronómico que continúa y se incrementa en el período del México Independiente con grandes logros como la extraordinaria expedición científica de Francisco Díaz Covarrubias a Japón en 1874 para registrar el tránsito de Venus, y llega hasta nuestros días con la construcción del Gran Telescopio Milimétrico, uno de los más importantes en el mundo en su tipo para este siglo.

Desde el ámbito de la fe, la devoción colectiva eleva su mirada al cielo y es así como la sociedad novohispana encuentra a Dios en el firmamento inducida por complejas alegorías emanadas de la teología medieval. Un buen número de iglesias virreinales se mantenían orientadas con patrones originados en la época paleocristiana en Europa, la tendencia era dirigir los ábsides al equinoccio o a la fecha por donde levantaba el Sol para el día del santo patrono de la iglesia.[230] La mayoría de las iglesias abren hacia el oeste, y el coro mira al este, esto significa que la puerta se ubica por donde cae el Sol, esto implica que el feligrés ingresa desde la oscuridad del pecado para recorrer un camino hacia la

230 Aunque también es posible que la orientación obedeciera a que las iglesias fueron levantadas sobre adoratorios prehispánicos y que respetaran su eje de simetría.

luz cuando se aproxima al presbiterio. Esta es la vía que conduce al lugar por donde surge el Sol de Justicia que es Cristo [Montero, 2020b: 142-143]. Por otra parte tenemos las *Letanías* a María Santísima que la asocian con la Estrella de la Mañana para expresar su resplandor, la *Estrella* anuncia el fin de la noche y su luz acompañada de la aurora anuncian el principio del día, que es Jesucristo como el Sol de Justicia.[231] La riqueza narrativa católica asociada a los cielos es vasta, una de las iconografías más repetidas en los retablos de las iglesias virreinales es la representación de san Miguel Arcángel, el guerrero de atuendo celeste que sintetiza complejos símbolos religiosos. De todo este acervo, me parecen prominentes los atributos asociados a la Virgen de Guadalupe con su manto celeste y la media Luna a sus pies.[232] En las imágenes barrocas de la Virgen de Guadalupe del siglo XVII se construye un proyecto de nación desde la iconografía, porque apreciamos versiones donde aparece el águila y la serpiente bajo una estrella con su nombre, *Stella Maris*, porque la estrella junto a los símbolos de Tenochtitlan no es adorno, sino destino de una patria que está por nacer, y que también se anuncia en *La Estrella del Norte*,[233] estrella que guía, estrella presente en la bandera del Ejército Trigarante de Iturbide. Estos símbolos otorgan un sentido humano y religioso a la promesa del Nuevo Mundo desde los cielos que son parte de nuestra identidad nacional.

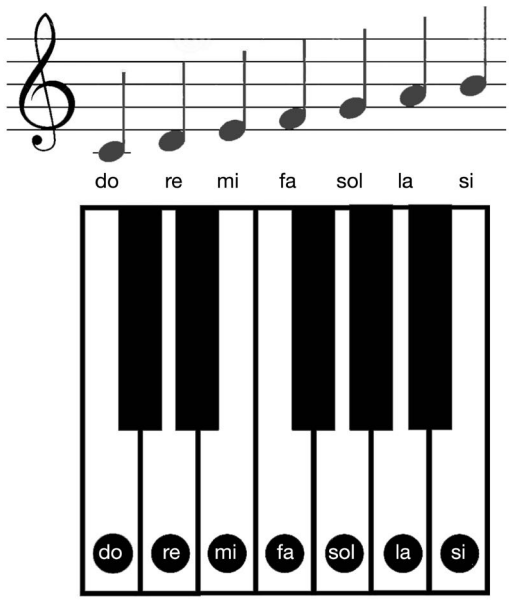
Pero el cielo virreinal no está solamente en la religión y en la academia, también lo escuchamos desde el arte, en efecto, la armonía de la naturaleza celeste es música, como lo demuestra la ilustración de la página siguiente.[234]

231 El Sol representa a Cristo en su segunda venida prometida, Malaquías 4:1.

232 Las imágenes marianas con una Luna a sus pies son denominadas apocalípticas, porque se hace referencia al *Apocalipsis* de san Juan cuando anota que "una gran señal apareció en el cielo: una mujer, vestida de Sol, con la Luna bajo sus pies y una corona de doce estrellas sobre su cabeza".

233 Véase el libro *La Estrella del Norte de México* de Francisco de Florencia (siglo XVII), donde la estrella aparecida al rayar el día es la Luz Evangélica en este Nuevo Mundo, en la cumbre del cerro del Tepeyac a la orilla del mar Texcocano.

234 En el siglo XI, el teórico de la música Guido de Arezzo desarrolló una escala ascendente de seis notas. Los nombres fueron tomados del primer verso del himno latino *Ut queant laxis*. En 1600, el teórico Giovanni Doni, cambió la notación y mnemonizó los nombres como abreviaturas de palabras latinas que corresponden a los astros del cielo.



do
dominus, Dios

re
regina astris, la reina de las estrellas, la Luna

mi
mixtus orbis, el lugar de lo bueno y lo malo, la Tierra

fa
fatum, el destino

sol
solaris, el Sol

la
lacteus orbis, la Vía Láctea

si
sidereus orbis, cielo estrellado

ARRIBA

Las notas musicales y el cielo para la cultura de Occidente.

En México la arquitectura y el arte no se han desligado de la astronomía, si bien es cierto que no se atiende en la actualidad un aspecto ceremonial o religioso, sigue estando presente en un sentido de admiración y respeto que sin duda emana de la memoria histórica. Un buen ejemplo es la *Puerta del Sol*, impresionante escultura de 35 m de altura por 16 de ancho que se levanta al norte de la ciudad de Chihuahua, a un lado del Periférico de la Juventud y avenida Homero, cerca del nuevo campus de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Es una obra arquitectónica del año 1998, proyectada por el escultor Enrique Carbajal González, conocido por su alias de Sebastián. Su forma simboliza las puertas con forma en "T" de la zona arqueológica de Paquimé, ubicada en el municipio de Casas Grandes, Chihuahua. La sencillez minimalista de la escultura rectangular contrasta con el horizonte conspicuo de las montañas circundantes. La orientación de esta moderna estela obedece a los equinoccios, cuando el Sol levanta, un haz de luz solar pasa a través del resquicio superior de la escultura. Los demás días del año se proyectan sombras abarcando diferentes ángulos y posiciones que dan un sentido estético y dinámico excepcional a esta magnífica obra arquitectónica.

Cierto es que las alineaciones astronómicas de los centros ceremoniales del pasado han perdido su razón de ser. El observatorio estelar en el majestuoso urbanismo indígena ha quedado en ruinas, se le rescata del olvido; sin embargo, aún perduran numerosos edificios mirando al horizonte. Ahí están

como testigos las pirámides y los palacios, los contornos de la naturaleza persisten, ahí está el Sol y ahí están los demás astros mostrando cómo aquellas civilizaciones de la antigüedad lograron descifrar el Cosmos como ninguna otra civilización lo hizo en el mundo, porque Mesoamérica pendía del cielo.



IZQUIERDA

Puerta del Sol, Chihuahua, se alinea durante los equinoccios, con la entrada de los rayos del Sol a través del resquicio superior de la escultura, sin duda se trata de un paisaje urbano excepcional.

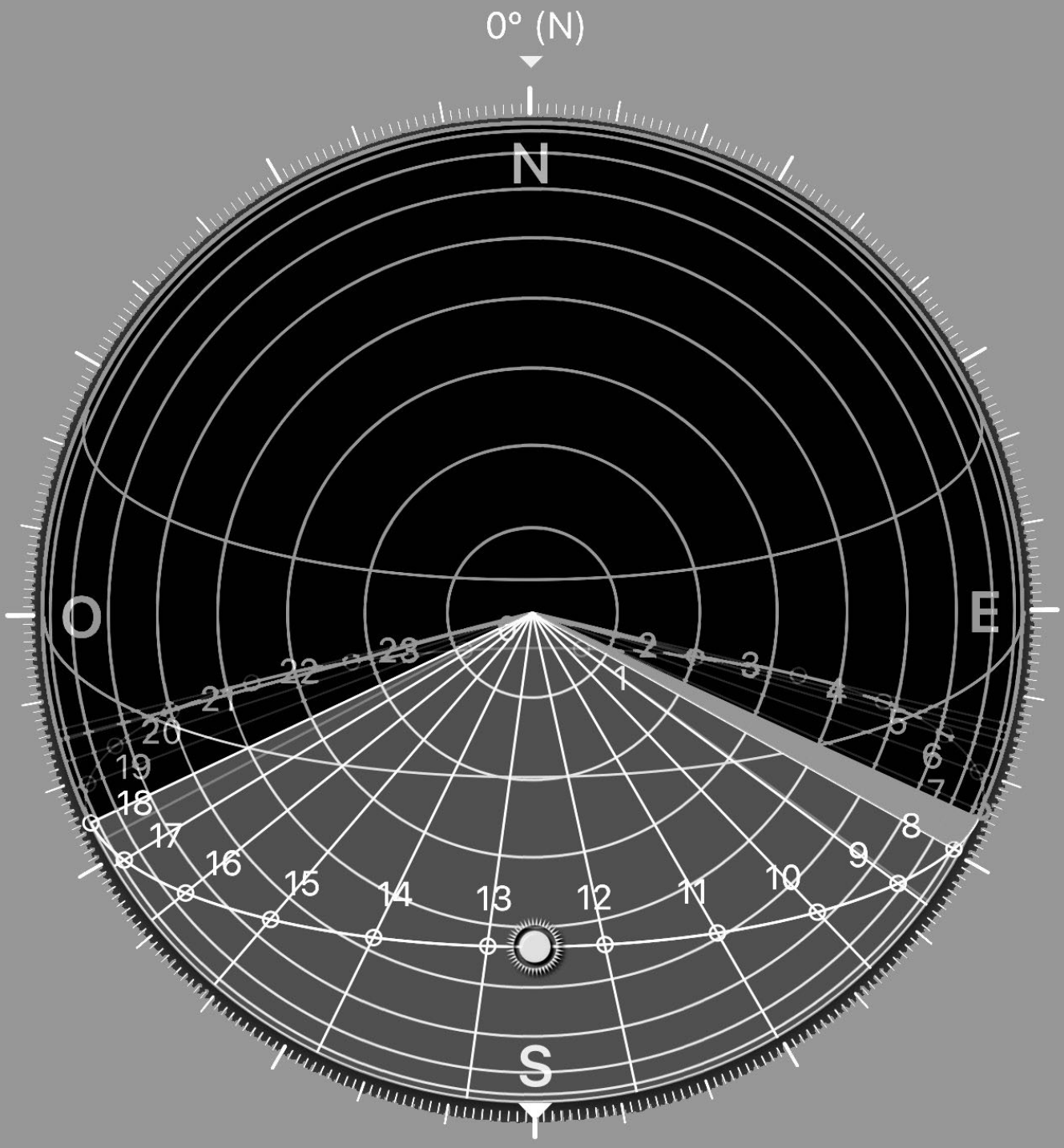
dic 22, 12:36

λ 099°36'25''O

Φ 19°56'36''N

Salió -5h29m

Puesta +5h28m



☼ Azimut 180.11°

☼ Elevación +47.15°

Ratio de sombra 0.93

Longitud recorrido 1.36

Apéndice*

ENFRENTE

Estereografía o representación tridimensional en un plano del solsticio de invierno al cierre de esta edición utilizando la aplicación Sun Seeker.

Apéndice A. Glosario

Concepto	Definición
Afelio	El punto en la órbita más alejado del Sol.
Alineación	Alineación corresponde a un concepto visual propio de la astrología. En astronomía, técnicamente no se utiliza el término "alineación" sino el de conjunción. Ocasionalmente de manera coloquial escuchamos el término "desfile planetario" con lo cual se describe que los planetas se alinean en una fila en la misma área del cielo observados desde la Tierra.
Año sideral	Tiempo que le toma a la Tierra en dar una vuelta completa alrededor del Sol, respecto de las estrellas fijas. Se duración es de 365.25636.
Año trópico	Tiempo que transcurre entre los dos equinoccios o bien el tiempo que le toma al Sol pasar dos veces consecutivas por el primer punto de Aries. Su duración es de 365.24219 días.
Año vago	Dícese del año que no contempla el bisiesto.
Apogeo	Punto orbital más alejado de un cuerpo, respecto de la Tierra
Arco diurno	El arco diurno es la porción de circunferencia en la esfera celeste que recorre aparentemente el Sol en el horizonte desde su amanecer hasta el ocaso. Es el arco que recorre el Sol sobre el horizonte. Su división en arcos de 15° define el número de horas de luz de un día solar. Su valor es mayor de 180° en los días de verano por eso los días son más largos durante el solsticio de verano, es igual a 180° en el equinoccio cuando el arco diurno es el igual al nocturno, siendo inferior a 180° en los días de invierno hasta el solsticio de invierno. Su valor es complementario al arco nocturno.

* **Nota aclaratoria** sobre el uso de mayúsculas, minúsculas y palabras en lenguas maternas de Mezoamérica en este texto.

Las voces Sol, Tierra y Luna se escriben con mayúscula inicial en contextos astronómicos como esta entrega en que los términos funcionan como nombres designativos de los respectivos objetos, pero con minúscula en otros contextos si se hace referencia a los astros en usos derivados o metafóricos. Por otra parte, los nombres de las líneas imaginarias, tanto de la esfera terrestre como celeste, son nombres comunes de referente único y deben escribirse con minúscula como ecuador, eclíptica o trópico de Capricornio. Lo mismo ocurre con los nombres de las divisiones de la esfera terrestre como hemisferio norte; así también, las denominaciones de los polos geográficos se escriben con minúscula cuando designan los extremos del eje de rotación de la Tierra, de modo paralelo a lo que sucede con las líneas imaginarias y los puntos cardinales. En cambio, se escriben con mayúscula inicial las expresiones que designan las regiones geográficas que circulan dichos puntos, justificada por su condición de topónimo o nombre propio del lugar.

En este volumen, por ejemplo, Cerro de la Estrella o Monte Tláloc se escriben con alta, porque el sustantivo genérico forma parte del nombre propio del lugar, por otro lado, cuando se refiere históricamente a la capital de México antes del 29 de enero de 2016, ciudad de México se escribe con baja, pues el sustantivo no era parte del nombre, pero con la reforma de su naturaleza jurídica de Distrito Federal a Ciudad de México, a partir del año 2016 se escribe con alta.

Las voces procedentes de lenguas maternas de Mesoamérica se presentan en letra cursiva, excepto los nombres de dioses, personas, cuerpos celestes, fechas y ceremonias que se apuntan en redonda, con alta y acentuada según la regla ortográfica. Para la Academia Mexicana de la Lengua, las formas acentuadas y no acentuadas de las palabras en cualquier lengua mesoamericana son correctas. Las variantes escritas de gran parte de estas voces se deben al hecho de que, al incorporarse a un texto en idioma español, se adaptan a las reglas ortográficas y de acentuación, aunque no estén completamente adaptadas al español, de ahí que se insista en cursiva. Para la Academia Mexicana de la Lengua ambas formas de escritura son aceptadas.

Concepto	Definición
Asterismo	Asterismo se limita solo a varias estrellas que parecen formar un objeto o silueta, mientras que una constelación incluye todos los objetos en esa zona del cielo, tales como galaxias, cúmulos y estrellas que se encuentran al mirar hacia esa dirección en el cielo.
Astrología	Un sistema de fundamentos subjetivos con el que se pretende explicar el carácter y comportamiento humano tomando como base las posiciones de los astros.
Calendario gregoriano	Calendario introducido por el Papa Gregorio XIII en 1582, con el que modificó el calendario Juliano. Consiste en agregar un día en todos los años que sean divisibles por cuatro; a estos se les llaman años bisiestos. Se exceptúan aquellos años seculares, o de final de siglo, que no sean divisibles por cuatrocientos. Los años 1800, 1900 y 2100 no son años bisiestos, en cambio 1600 y 2000 si lo son.
Ciclo metónico	Con el establecimiento de los calendarios, el ciclo de Metón o ciclo metónico es un común múltiplo aproximativo de los períodos orbitales de la Tierra y de la Luna. En efecto, 19 años tropicales y 235 meses sinódicos no difieren más que en 2 horas; de ahí que después de 19 años, las mismas fechas del año correspondan con las mismas fases de la Luna.
Ciclo solar	Relativo al calendario, es el período de 28 años al final del cual el año comienza el mismo día.
Cielo nocturno	Cielo nocturno, es el término a menudo empleado para referirse al cielo cuando es visto durante la noche. El término está generalmente asociado a la astronomía, a la observación de las estrellas, la Luna y los planetas, que se hacen visibles cuando el Sol se oculta. La visibilidad de los cuerpos celestes en el cielo nocturno es afectada por la contaminación lumínica. La presencia de la Luna en el cielo, ha dificultado históricamente la observación astronómica al aumentar la cantidad de luz ambiental, pero con el desarrollo y la proliferación de fuentes de luz artificiales este problema se ha incrementado considerablemente.
Conjunción	Una conjunción implica una distancia más corta de lo habitual entre objetos en el cielo, Dos astros están en conjunción cuando, observados desde la Tierra, se hallan aproximadamente en la misma longitud celeste o ascensión recta [AR].
Constelación	Una constelación incluye todos los objetos en esa zona del cielo, tales como galaxias, cúmulos y estrellas que se encuentran al mirar hacia esa dirección en el cielo, difiere de un asterismo.
Culminación	La culminación es la máxima altura alcanzada por un cuerpo celeste sobre el horizonte. En algunos textos aparece como “tránsito” o “culminación superior”. La culminación inferior sería el punto diametralmente opuesto. Se dice que un cuerpo celeste está en culminación, cuando cruza, de este a oeste, el meridiano celeste local, es decir, el círculo máximo que pasa por el cenit y que une el norte con el sur.
Diámetro máximo aparente	Solar = 0º 31' 28.5" Lunar = 0º 33' 51.5" (un poco mayor que el diámetro solar) Venusino = 1º 1' 0.4" (1/30 del diámetro solar)
Efeméride	En el estudio de los cuerpos celestes, una efeméride es una tabla de valores que ofrece las posiciones de los objetos astronómicos en el cielo en un momento o momentos determinados. Una efeméride planetaria moderna constituye un *software* como el usado para este libro conocido como Stellarium.
Elongación	Distancia angular al Sol teniendo como referencia a un observador en la Tierra.

Concepto	Definición
Equinoccio medio	Se hace referencia a "equinoccio medio" que corresponde a la mitad del año considerando el punto medio numérico de días entre los dos solsticios. Se trata de un equinoccio temporal que difiere por días del equinoccio astronómico que asumimos en la actualidad. Las fechas 22 de marzo y 20 de septiembre han sido designadas como "días mitad del año".
Galaxia	Conjunto de estrellas, nubes de gas, planetas, polvo cósmico, materia oscura y energía unidas gravitatoriamente en una estructura más o menos definida.
Heliaco	Se dice del orto u ocaso de los astros que salen o se ponen, cuando más, una hora antes o después que el Sol.
Horizonte crítico	Concepto aportado por el autor cuando la distancia entre el punto de observación y un horizonte conspicuo es menor de 2 km, la proximidad obliga a ajustes muy precisos para una astronomía posicional.
Inocciduas (estrellas)	Dícese de las estrellas circumpolares que siempre son visibles, pues no presentan ocaso, al ser observadas desde cierta latitud y no en el Ecuador, pues nunca desaparecen bajo el horizonte debido a su proximidad a uno de los polos celestes. Las estrellas inocciduas son, por lo tanto, visibles desde determinado lugar toda la noche, todas las noches del año y serían siempre visibles durante el día también si no fuera por el efecto del resplandor del Sol.
Irradiancia	Intensidad de la luz solar que llega a la superficie terrestre.
Meridiano y meridiana	Meridiano es el círculo máximo que pasa a través de los polos celestes y el cenit del lugar. La intersección del plano meridiano y el plano del horizonte determina una línea sobre el plano horizontal llamada meridiana, su intersección con la esfera celeste determina los puntos cardinales norte y sur. Su perpendicular corta a la esfera celeste en los puntos cardinales este y oeste.
Movimiento retrógrado	El movimiento retrógrado es el movimiento orbital de un cuerpo en dirección opuesta a la normal en otros cuerpos espaciales de su mismo sistema. Cuando observamos el cielo, esperamos que la mayoría de los objetos parezcan moverse en una dirección con el paso del tiempo. El aparente movimiento de la mayoría de los cuerpos es de este a oeste. Sin embargo, es posible observar a un cuerpo moverse de oeste a este. Esta órbita se denomina movimiento retrógrado. El movimiento retrógrado se utiliza normalmente para referirse al movimiento de los planetas exteriores visibles: Marte, Júpiter y Saturno. Aunque esos planetas parecen moverse de este a oeste de una noche a otra como respuesta a la rotación de la Tierra, lo cierto es que en realidad se desplazan lentamente hacia el este respecto a las estrellas fijas.
Nadir	Punto opuesto al cenit.
Nodo	La intersección del plano de translación de un cuerpo celeste con la eclíptica.
Ocultación	Es la desaparición de un cuerpo astronómico detrás de otro. Se trata de un fenómeno menos espectacular que un eclipse.
Ortiva (o)	El vocablo latino ortīvus derivó en español en ortivo u ortiva. Se trata de un término empleado en la astronomía para nombrar a aquello vinculado al orto. Esta palabra, por su parte, procede de *ortus* y se refiere a la salida del Sol sobre el horizonte.
Orto helíaco	El orto helíaco de una estrella es su primera aparición por el horizonte este después de su período de invisibilidad, que es aproximadamente seis meses, en otras palabras, es el primer día en que se hace visible por occidente de madrugada justo antes de la salida del Sol.

Concepto	Definición
Pársec o parsec, símbolo pc	Es una unidad de longitud utilizada en astronomía que comprende la distancia a la que una UN (unidad astronómica) subtiende un ángulo de un segundo de arco. En otras palabras, una estrella dista un pársec si su paralaje es igual a 1 segundo de arco.
Perihelio	El lugar más cercano en la órbita al Sol.
Período sinódico	Complementación de intervalos de visibilidad e invisibilidad de un planeta, no confundir con período orbital ni sideral que son conceptos diferentes. El período sinódico de la Luna es entre una fase y la misma fase del siguiente ciclo lunar.
Saros	El ciclo de saros es un período caldeo de 223 lunas, lo que equivale a 6585,32 días, algo más de 18 años y 10 u 11 días, tras el cual la Luna y la Tierra regresan aproximadamente a la misma posición en sus órbitas, y se pueden repetir los eclipses. Por definición un saros son 223 meses sinódicos (período de una Luna nueva a la siguiente). Conocido desde hace miles de años, es una manera de predecir futuros eclipses.
Senda estelar	Es un tipo de fotografía que requiere de largos tiempos de exposición para capturar el movimiento aparente de las estrellas en el cielo nocturno debido a la rotación de la Tierra. Una fotografía de estela de estrellas muestra estrellas individuales como rayas a lo largo de la imagen, con exposiciones más largas que producen arcos más largos.
Sizigia	Una sizigia, palabra que proviene del griego συζυγία, y significa "reunión", es un término generalmente utilizado para referirse a la alineación del Sol y la Luna con respecto a la Tierra, y por extensión, también se usa para hacer referencia a una situación en la que tres objetos celestes o más están alineados. Durante el mes de junio de 2022 se alinearon: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno, Neptuno y Urano. El próximo avistamiento similar será dentro de 18 años, el 8 de septiembre de 2040, en promedio cada 57 años sucede algo similar.
Solsticios de invierno y verano	Los solsticios resultan de la inclinación del eje de la Tierra sobre el plano de su órbita. En los días de solsticio, la duración del día y la altitud del Sol al mediodía son máximas para el solsticio de verano, y mínimas para el solsticio de invierno, en referencia con cualquier otro día del año en el hemisferio norte. En la mayoría de las culturas antiguas se celebraban festivales conmemorativos de los solsticios. Es interesante mencionar que en el año 45 a. C., se estableció el solsticio de invierno en Europa para el 25 de diciembre del calendario Juliano, dada la diferencia entre el año civil y el año trópico se trasladó al 25 de diciembre el solsticio astronómico, adelantándose aproximadamente tres días cada cuatro siglos, hasta 1582, cuando el papa Gregorio XIII cambió el calendario con lo que el solsticio de invierno en el hemisferio norte llegaba alrededor del día 21 de diciembre. De ahí que festejemos la Navidad el 25 de diciembre fecha asociada en la antigüedad al solsticio de invierno para el hemisferio norte, pues el evento es visto como la inversión del retroceso de la presencia solar en el cielo, los conceptos de nacimiento o el renacimiento son comunes en diferentes culturas. En el solsticio de verano del hemisferio norte el Sol alcanza el cenit al mediodía sobre el trópico de Cáncer y en el solsticio de invierno alcanza el cenit al mediodía sobre el trópico de Capricornio. Ocurre dos veces por año: el 20 o el 21 de junio y el 21 o el 22 de diciembre de cada año. El solsticio de invierno corresponde al instante en que la posición del Sol en el cielo se encuentra a la mayor distancia angular negativa del ecuador celeste. Dependiendo de la correspondencia con el calendario, el evento del solsticio de invierno tiene lugar entre el 20 y el 23 de diciembre todos los años en el hemisferio norte, y entre el 20 y el 23 de junio en el hemisferio sur.

Concepto	Definición
Terminador	Es la línea de separación entre la parte iluminada y la parte en sombra de un cuerpo celeste.
Tiempo sidéreo y tiempo solar	El tiempo solar se mide por el movimiento diurno aparente del Sol y el mediodía local se define como el momento en que el Sol se encuentra en su cenit, cuando la sombra proyectada apunta exactamente hacia el norte en el hemisferio norte y hacia el sur en el hemisferio sur. Por definición, el tiempo que tarda el Sol en volver a su punto más alto es exactamente 24 horas. Sin embargo, las estrellas tienen un movimiento aparente ligeramente distinto. Durante el transcurso de un día, la Tierra se habrá movido un poco a lo largo de su órbita alrededor del Sol, por lo que debe girar una pequeña distancia angular extra antes de que el Sol alcance su punto más alto. En cambio, las estrellas están tan alejadas que el movimiento de la Tierra a lo largo de su órbita genera una diferencia apenas apreciable con respecto a su dirección aparente, por lo que vuelven a su punto más alto en algo menos de 24 horas o día solar. Un día sidéreo medio ocupa alrededor de 23 h y 56 min, es 4 minutos más corto que el día solar.

Apéndice B. Memoria de cálculo

Asumir que se realiza un estudio formal en arqueoastronomía obliga al investigador a presentar el cálculo que demuestra la posición del cuerpo celeste observado, sin este contenido, la aportación se traduce como una colaboración incompleta de un entusiasta aficionado. Se hace necesaria por lo tanto una memoria de cálculo, que permita conocer los registros para que sean analizados y comprobados por sus pares en esta especialidad, de poco sirve una fotografía espectacular de una alineación si no va acompañada de un registro sistemático de la posición del cuerpo celeste respecto al observador exhibiendo su azimut (AZ) y altura angular (ALT) sobre el horizonte astronómico. Se hace necesario también puntualizar el sitio de observación en coordenadas geográficas con su respectiva altitud; además de ubicar geográficamente la prominencia del paisaje que corresponde al referente conspicuo que determina la orientación. Por otra parte, se hace indispensable considerar la fecha en que la observación fue realizada en la antigüedad, pues en el caso de las estrellas y no necesariamente con el Sol, a través de los siglos se manifiestan variaciones, así también con respecto a la máxima declinación del Sol al norte o al sur para el amanecer y el ocaso durante los solsticios, pues el valor angular del azimut varía según la latitud geográfica. Por eso se pone a consideración del lector el formato que he diseñado, el cual se integra en la mayoría de mis publicaciones como referente del trabajo de campo y gabinete.

MEMORIA DE CÁLCULO PARA ARQUEOASTRONOMÍA

A Sitio de observación				①
	②		③	④
ubicación	φ __°__´__.__˝ λ-___°__´__.__˝ / __Q _____	datum _____	altitud _____ m/nm	
		declinación magnética	___° actual	⑤
		declinación magnética	___° antigua, año ___	
B Lugar conspicuo				⑥
ubicación	φ __°__´__.__˝ λ-___°__´__.´´ / __Q _____	datum _____	altitud _____ m/nm	
		distancia	_____ metros	⑦
		azimut de B respecto a A	z _____ ° [AZ]	⑧
		$\tan^{-1}$((B-A/distancia)	h _____ ° [ALT]	⑨
suceso				⑩
fecha		hora	___ : __ : ____	⑪
C Lugar conspicuo				⑫
ubicación	φ __°__´__.__˝ λ-___°__´__.__˝ / __Q _____	datum _____	altitud _____ m/nm	
		distancia	_____ metros	
		azimut de C respecto a A	z _____ ° [AZ]	
		$\tan^{-1}$((C-A/distancia)	h _____ ° [ALT]	
suceso				
fecha		hora	___ : __ : ____	

1. En la parte superior del registro se asienta el nombre del sitio de observación, es la letra "A" del formato.
2. Por debajo, la ubicación en dos formatos de proyección:[235] coordenadas geodésicas y en notación UTM. Estos datos se pueden obtener de Google Earth.[236] Es recomendable que el usuario además del uso de las coordenadas geográficas geodésicas utilice el sistema de proyección cartográfico basado en cuadrículas denominado Universal Transversa de Mercator (UTM), este eje ortogonal difiere del geodésico esférico sexagesimal expresado en grados, minutos y segundos. En la proyección UTM, la retícula tiene por unidad el metro, lo cual lo hace operativo y exacto, en UTM la superficie terrestre se divide hacia el este en 60 *husos* de 6°, por 20 *bandas* de 8°, por tratarse de un sistema de coordenadas rectangulares sobre una superficie curva presenta una distorsión que se calcula inferior al 0.04%. El investigador encontrará diferentes formas de expresar las coordenadas, es una variedad impresionante. Por ejemplo, las coordenadas geodésicas de latitud y longitud se pueden apuntar en decimales, o en notación

235 La proyección es un conjunto de datos métricos definidos para representar la superficie de la Tierra sobre un plano.
236 Los mapas de Google Earth son certeros porque incorporan datos del INEGI.

tradicional, pero con los segundos en fracción decimal. En sí no existe una norma internacional, así que cada aplicación y GPS emplea una expresión distinta, esto hace necesario contar con una calculadora geográfica que permita la conversión entre unidades de proyección, y notación.

Consultas en Internet

Concepto	Dirección
Conversiones entre unidades geográficas	https://www.sunearthtools.com/dp/tools/conversion.php?lang=es

3. El siguiente espacio corresponde al datum. El datum geodésico es un conjunto de parámetros para representar la superficie de la Tierra en coordenadas geográficas, salvando las irregularidades de la superficie del planeta propias de la orografía y de la geometría asimétrica de nuestro mundo por tratarse de un geoide. No existe un datum global, cada continente o país ha definido su propio datum para adaptar mejor el sistema de coordenadas geográficas a su superficie. Por tanto, las coordenadas geográficas no suelen ser universales, sino que son relativas al datum de referencia elegido. De esta manera, un mismo punto se expresa con coordenadas geográficas diferentes en función del datum seleccionado, en nuestro caso utilizamos el más común en todo el mundo porque es el datum utilizado por Google Earth y por la mayoría de los GPS, nos referimos a WGS84. El WGS84, acrónimo por sus siglas en inglés de *world geodetic system* 1984, es un sistema geodésico de coordenadas geográficas que permite localizar cualquier punto de la Tierra sin necesitar otro de referencia a partir de una proyección tridimensional. El sistema a través de los años ha adoptado varias modificaciones, la última fue en el año 2004. Se estima un error de cálculo menor a 2 cm, por lo que es en la actualidad el sistema referencial que ofrece mayor certidumbre.
4. Ahora toca apuntar la altitud. La altitud es la distancia vertical que existe entre cualquier punto de la Tierra en relación con el nivel del mar. Para calcular la altitud, se toma como referencia el nivel medio del mar, por eso la altitud se expresa con una cifra en metros, la abreviatura común es s. n. m. "metros sobre el nivel del mar", pero en esta entrega se emplean las siglas $^{m}/_{nm}$. Una posibilidad sencilla para obtener los datos de posición y altitud es utilizando la aplicación Google Earth. Diferentes tutoriales se pueden consultar en YouTube para que el lector pueda operar a satisfacción esta

aplicación. Si busca exactitud, una carta topográfica analógica o vectorial es la mejor opción o el uso de un GPS.[237] Sucede que la equidistancia entre las curvas de nivel en aplicaciones como Google Earth es de 100 m en cambio en una carta topográfica del INEGI es de 20 m.[238] Para un trabajo metódico, y de mayor alcance y detalle se recomienda utilizar un sistema de información geográfica operando datos topográficos vectoriales desprendidos del INEGI con la actualización cartográfica que se realizó en el año de 1996 de acuerdo con los procesos digitales de la *Norma del Sistema Nacional de Información Geográfica*. Cabe recordar al lector que en geografía no es lo mismo altura que altitud, son criterios diferentes: la altitud se refiere al nivel altimétrico respecto al nivel del mar, en tanto la altura es la distancia vertical entre dos puntos de la superficie terrestre.

5. Las casillas consecutivas se ocupan de la declinación magnética actual y antigua. Sucede que el norte verdadero o real es un punto fijo, pero no así el norte magnético, la diferencia entre el norte verdadero y el magnético es la declinación magnética y esta varía con el paso del tiempo, por lo cual se hace necesario distinguir la declinación magnética del momento y la histórica, dando paso a lo que algunos especialistas definen como paleomagnetismo. Esto es importante, porque en campo para visar un azimut o rumbo nos valemos de una brújula, pero la exactitud del registro depende de la calidad del aparato y de la ausencia de influencias perturbadoras, pero más allá de las alteraciones es necesario realizar un arreglo que permita distinguir el norte verdadero del norte magnético. El norte magnético difiere del verdadero en un rango que varía según la posición geográfica del observador y en cierta medida del paso del tiempo. Resulta que el polo norte magnético se encuentra en la actualidad en la isla de

237 Un GPS (acrónimo de *global positioning system*) comercial del tipo navegador es un instrumento de bajo costo que en fechas recientes está instalado en los teléfonos inteligentes (*smartphones*) y en relojes de pulso denominados *smartwatch* con tecnología de alta precisión operando las radiofrecuencias L1 y L5. En el caso de los *smartphones* con la capacidad de recepción de las constelaciones GLONASS, GALILEO, QZSS y BEIDOU. Estos instrumentos permiten determinar en tiempo real la ubicación exacta en que se encuentra el investigador y proyectarlo en cartografía vectorial y ortofotos georreferenciadas con bastante exactitud alcanzando variaciones que oscilan los 3 m, todos los datos pueden ser transferidos a sistemas de información geográfica para su análisis espacial.

238 La cartografía de la República Mexicana se encuentra publicada por el INEGI en dos formatos diferentes, algunas cartas todavía con el antiguo sistema NAD 27MÉXICO, que es el sistema norteamericano que utiliza la elipsoide de Clarke de 1927; y otras actualizadas en WGS84 (por sus siglas en inglés *world geodetic system*) que utiliza la elipsoide GRS80.

Nunavut, en Canadá, a 1500 kilómetros del polo norte verdadero. La variabilidad del campo magnético terrestre hace que el polo norte magnético no sea un punto fijo, puesto que se desplaza alrededor de quince kilómetros por año. Por tanto, para que una brújula en campo señale con certidumbre el norte verdadero y no el magnético hay que efectuar la corrección debida al ángulo formado entre el meridiano magnético y el meridiano verdadero. Este ángulo puede ser positivo o negativo y se puede consultar en Internet, así como las variaciones históricas o paleomagnetismo.

Consultas en Internet

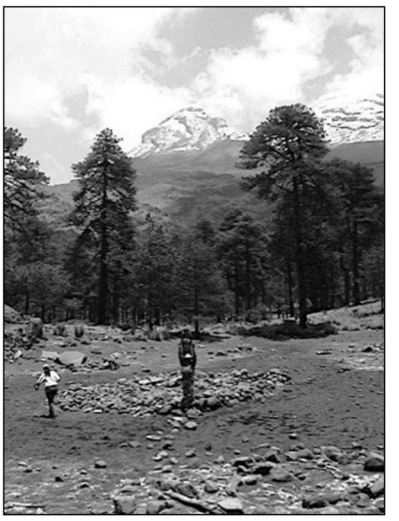
Concepto	Dirección
Declinación magnética	http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/
Paleomagnetismo	http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/paleo.shtml

6. El registro ahora se ocupa del "lugar conspicuo" que se asienta con la letra "B", corresponde al punto visado en el horizonte que determina la orientación astronómica del sitio arqueológico, al igual que en el inicio con el "sitio de observación" se asienta en las casillas correspondientes el nominativo, la ubicación, el datum y la altitud.
7. Un nuevo dato se ingresa al registro, es la distancia entre "A" y "B", equivale a la longitud del segmento de la recta entre ambos puntos, es expresado numéricamente en metros, el dato se puede obtener puntualmente de Google Earth o de las cartas topográficas del INEGI.
8. A continuación, el azimut denotado como (AZ), corresponde a la dirección, justamente esa es su etimología del árabe medieval "dirección". El azimut[239] es el ángulo formado entre la dirección de referencia que es el norte verdadero y una línea entre el observador y un punto de interés previsto en el mismo plano que la dirección de referencia. Su valor se inscribe grados direccionales que dividen el círculo en 360º, el valor se apunta en notación sexagesimal en grados y minutos sin necesidad de registrar segundos correspondientes.

239 El azimut en términos náuticos corresponde al rumbo. En navegación se define el rumbo como el ángulo medido en el plano horizontal entre el norte y la dirección de avance del barco, medido en círculo, es decir, de 0º a 360º. El rumbo se expresa siempre con tres dígitos y, si es necesario, se añaden ceros a la izquierda.



Desde El Solitario (IZ-04)
z=149°18′ y h=23°24′
fuera del arco solar

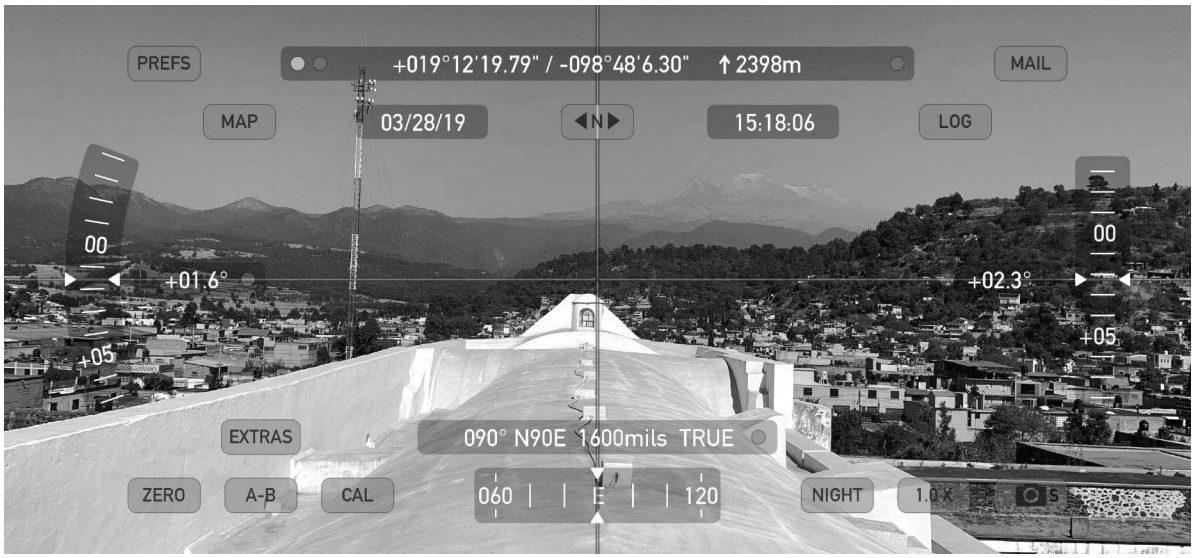


Desde Nahualac (IZ-05)
z=80° 36′ y h= 18° 30′
29 de abril y 13 de agosto

ARRIBA

El azimut (z) y la altura (h), son los valores angulares que determinan la posición del Sol para una fecha específica. En las fotografías La Cabeza de la Iztaccíhuatl como referente para un marcador astronómico de horizonte desde dos adoratorios prehispánicos con estructura arquitectónica separados en distancia y a diferente altitud.

Cuando asentamos el azimut debemos ser enfáticos en calcularlo desde el norte verdadero, que algunos también reconocen con los nombres de geográfico y real. El norte verdadero corresponde al norte astronómico, identificado con el polo norte celeste, porque se obtiene mediante la prolongación del eje de rotación de la Tierra hasta que corta la esfera celeste. Este punto de corte es, por supuesto, una idealización, porque la esfera celeste no es tal esfera, sino que es una esfera aparente con la Tierra en su centro. Si el usuario utiliza una brújula en campo para obtener el valor del azimut, es necesario que el instrumento se encuentre bien calibrado y montado sobre un tripié, operar una brújula manualmente acarrea un rango de error considerable de más de 3º. Recomendable es el uso de teodolito, porque investigadores como Šprajc [2001a] consideran que el rango de error oscila en un ¼ de grado si es operado con destreza. Pero en iTiO optamos por el uso de aplicaciones digitales para evitar el traslado de voluminosos y pesados equipos a campo obteniendo un aceptable grado de certidumbre comparable con el uso del teodolito, cabe decir que en ocasiones el uso de teodolito es limitado si las condiciones de visualización no son favorables por interferencias o por la adversidad atmosférica. Sin embargo, los modernos teodolitos instalados como aplicación a un teléfono inteligente (*smartphone*) son una magnífica opción, son de bajo costo, portables, prácticos e incorporan a través de la cámara fotográfica el punto visado con los datos más importantes. Estas aplicaciones utilizan la brújula interna del *smartphone*, su GPS, el giroscopio y el inclinómetro.



ARRIBA

Moderno teodolito digital aplicado en un *smartphone* del tipo iPhone xs Max (iOS 15) utilizado en campo por iTiO, registra desde el techo el eje de simetría de la iglesia de San Luis Obispo en Tlalmanalco, que corresponde a los equinoccios con el azimut de 90°. Se destaca la posición geográfica en coordenadas geodésicas, la altitud en $^{m}/_{nm}$, la altura angular y la exactitud de la brújula en mili-radianes (mils) entre otros datos, el sistema incorpora en la fotografía (26 mm *f* 1.8 ISO 25 $^{1}/_{4673}$ s) la dirección visada y otros datos pertinentes. El volcán Iztaccíhuatl se distingue en el cuadrante superior derecho (28 de marzo de 2019).

Determinar el azimut es sencillo y preciso desde Google Earth. En el menú superior elija *Mostrar regla*, aparecerá un recuadro con diferentes opciones, seleccione *Línea*, ahora determine si desea trabajar en kilómetros o metros. Finalmente posicione el cursor sobre el punto de observación, aparecerá un punto, ahora dirija el cursor al punto conspicuo, aparecerá una línea amarilla y en un recuadro los datos de distancia y rumbo. Marque sus puntos y añádalos como marca de posición, estos se agregarán automáticamente al menú *Mis sitios*, cada marca de posición muestra en recuadro la posición exacta. La altitud se obtiene simplemente pasando el cursor sobre el mapa, los datos de altitud se muestran en la barra inferior, así como la escala y la fuente de los datos.

9. Para establecer la altura angular (ALT) de un cuerpo celeste, una sencilla operación de trigonometría[240] marca la diferencia entre medir y no hacerlo. Las matemáticas parecen, por sencillas que sean, una frontera para muchos especialistas en ciencias sociales. Calcular la altura angular de una montaña o de un elemento conspicuo del paisaje respecto al observador es necesario para asumir la posición en que vamos a registrar en tiempo y en espacio la posición de un astro. Es un ejercicio sencillo, todo se reduce en obtener la arcotangente[241] que resulta de dividir la altura entre la distancia. La altura resulta de la resta entre la altitud del referente orográfico

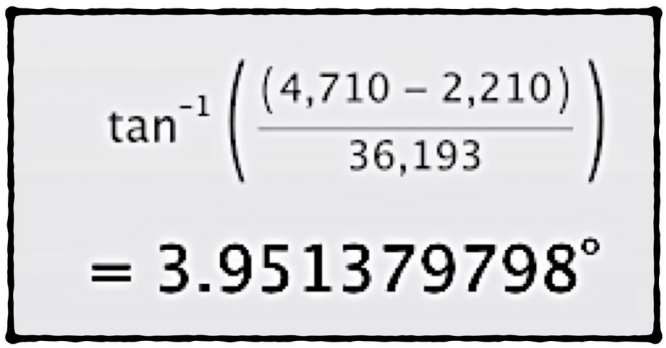
240 La trigonometría es una rama de las matemáticas cuyo significado etimológico es "la medición de los triángulos".

241 La arcotangente se define como la función inversa de la tangente de un ángulo, en notación matemática se escribe como ARCTAN, pero también es común en la escritura ambigua como tan-1. En diversos lenguajes de programación se suelen utilizar las formas ATN, ATAN, ARCTAN, ARCTG y ATG.

y la altitud en que se encuentra el observador; la distancia es la separación del observador respecto al referente orográfico.

DERECHA

Ejemplo del procedimiento para calcular la altura angular (h) de un cuerpo celeste sobre el horizonte.



Ahora todo lo que necesita es hacer coincidir los valores orográficos de azimut y altura con la posición de un astro en un planetario virtual y así determinar el día y la hora en que se sucede la alineación.

Software de astronomía que simula un planetario

Concepto	Dirección	Tipo	Dirección en Internet para obtenerlo
Windows o Mac	Stellarium v 0.22.2	*Freeware*	https://stellarium.org/es/

10. En el espacio destinado a describir un suceso astronómico se puede anotar si se trata de un solsticio, equinoccio, conjunción, lunación o fecha calendárica de interés para el investigador. Es necesario advertir al usuario que en un calendario promedio de 365.25, el Sol no aparece siempre por el mismo lugar, pues hay una oscilación anual de 20 minutos, o sea $^{2}/_{3}$ del disco solar,[242] ya que el Sol tiene un diámetro de 32 minutos; por tanto, estamos dentro del rango de oscilación [Galindo, 2008, comunicación oral]. Por otra parte, a simple vista $^{1}/_{3}$ del disco solar es imperceptible al ojo humano, de tal suerte que la variación de 10 minutos sólo es sensible a través de modernos instrumentos; por último, consideremos que no medimos sobre la orientación original de los edificios prehispánicos, pues es lógico el deterioro y la fatiga estructural de la edificación soportada por cientos de años.
11. Especificar la fecha y la hora del acontecimiento, según horario local.
12. Si hay más lugares conspicuos se repite el registro según la necesidad de la investigación.

242 Como ya se apuntó en la página 48, el disco solar tiene 32 minutos de diámetro.

Conforme el proceso de investigación avanza con la toma de datos, las fechas se van acumulando y tal vez resulte relevante considerar la diferencia de días entre una y otra fecha. Sobre todo, para los estudios que buscan interpretaciones sobre la cosmovisión y los calendarios de los pueblos antiguos. Para tal efecto contamos con algunas herramientas:

Consultas en Internet

Concepto	Dirección
Calcula la diferencia de días entre dos fechas	https://www.montero.org.mx/astronomia/calculadora

Para completar la memoria de cálculo se recomienda presentar una imagen panorámica de la amplitud ortiva y occidua del Sol, que es el rango azimutal del arco solar para el amanecer y el ocaso, ampliando los límites a cado lado unos 10º para no dejar afuera el azimut de la Luna en sus paradas mayores y de Venus en su máximas declinaciones al norte y el sur. En la panorámica seleccione aquellos lugares que parezcan significativos como cimas, cortes del perfil orográfico y depresiones. Inicie por identificar cada lugar para luego localizarlo en un mapa y registrar los valores de azimut y la altura angular. Puede optar por diferentes mecanismos, estas son algunas opciones:

ARRIBA

Clave de acceso 260

- Valerse de una carta topográfica analógica, que es la manera tradicional al utilizar mapas impresos en papel, juego de escuadras y escalímetro.
- Recurrir a cartografía digital en formato *ráster*[243] que es la misma carta topográfica analógica pero reconocida por un escáner con la cualidad de que se encuentra georreferenciada; así que utilizando un visualizador de mapas digitales con solo pasar el puntero sobre el sitio deseado se obtiene la ubicación en coordenadas. Para la altitud tendrá que realizar una lectura tradicional desde las curvas de nivel.
- Utilizar cartografía digital en formato vectorial[244] operando el mismo visualizador, o mejor aún si cuenta con un sistema de información geográfica que le permita conocer la altitud, se recomienda el programa QGIS, *software* libre y de código abierto para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. Permite manejar formatos ráster en una amplia variedad y operar datos vectoriales y bases de datos.

243 *Ráster*, datos en rejilla formados por píxeles.
244 Los datos están conformados por polígonos de puntos y líneas.

- Uso de Google Earth como ya fue mencionado.
- Visitando el lugar determinando la posición y altitud con un GPS o visar con una brújula, un tránsito, un teodolito o una estación total.[245]

DERECHA

Fotografía del autor en el sitio arqueológico NT-03 en el Nevado de Toluca, visando con una brújula tipo Brunton o brújula de geólogo, poniéndola a nivel montada sobre un tripié que hace del instrumento un tránsito de bolsillo.



Apéndice C. El desarrollo tecnológico y las modernas aplicaciones digitales

En marzo de 2001, a pocos días del equinoccio de primavera circulaba por los alrededores de Teotenango, estaba atardeciendo y observé cómo el Sol se ocultaba detrás del Nevado de Toluca, de inmediato me vino la idea del posible alineamiento entre la montaña y la zona arqueológica para el equinoccio. Así inicié

245 Una estación total consiste en un teodolito al que se ha incorporado un distanciómetro y un microprocesador. Genéricamente se les denomina estaciones totales porque tienen la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles, lo cual requería previamente de diversos instrumentos. Su precisión, facilidad de uso y la posibilidad de almacenar la información para descargarla después en programas de cómputo ha hecho que desplacen a los teodolitos, que actualmente están en desuso.

las observaciones que por más de un año me llevaron a registrar el atardecer desde Teotenango para diferentes fechas. Con más de quince visitas consolidé un sistema personal para calcular la posición del Sol sin el uso de teodolito, supliéndolo por un GPS, cartografía vectorial y el *hardware* con el *software* adecuado, el proceso se complementaba con una sencilla operación de trigonometría. Hace más de dos décadas se requería de varios aparatos en campo, con el paso del tiempo se ha reducido el número de instrumentos necesarios, y con el uso de aplicaciones digitales modernas que son más eficientes se pueden realizar los cálculos sin salir de casa.



IZQUIERDA

Puesto de observación para el ocaso del Sol desde Teotenango en el año 2001: telescopio de 60 mm tipo refractor con control manual electrónico, brújula Brunton montada en tripié, cámara con filtro solar y telefoto; además de *lap top* y GPS.

Registrar la posición del Sol sobre el horizonte no es una maniobra complicada, basta con estar en el sitio arqueológico el día y la hora requerida para fotografiar el amanecer o el ocaso. La situación se complica si hay nubes en el horizonte, también es patente el riesgo por la seguridad personal ante la delincuencia por estar en deshoras en un sitio antes del alba o después del ocaso y, por si fuera poco, en algunos casos es necesario tramitar el burocrático permiso oficial del INAH pagando y aun así esperar meses en obtenerlo. Resulta frustrante esperar un año para observar, por ejemplo, el solsticio de verano y encontrarse con nubes sobre el horizonte.

La propuesta para aminorar estos enredos es un registro fotográfico, no importa que el registro no se realice el día indicado, ni a la hora precisa, basta con indagar el momento adecuado según el pronóstico del tiempo,[246] cuando la región este ausente de nubosidad y bruma para obtener fotografías

246 Pronóstico del tiempo y nubosidad con datos de un radar meteorológico en: <https://www.meteored.mx/mapas-meteorologicos/nubes-mex.html>.

nítidas del perfil orográfico, recuerde que su objetivo puede estar a decenas de kilómetros. También considere las precauciones pertinentes con la seguridad personal, no es necesario estar al amanecer o al ocaso, a no ser que desee tomas contrastadas entre el oscuro horizonte y la luminosidad de la aurora o el ocaso. Si el Sol ya ha levantado y la contraluz impide la visión es recomendable utilizar un filtro corrector en blanco negro, se caracteriza por su cristal en color rojo, hay variedad de modelos para filtrar la luz, experimente con el filtro ND 10-stop. Ponga atención en determinar la exposición con la apertura del diafragma relativamente pequeña para que el Sol salga bien enfocado, considere además la velocidad del obturador y la sensibilidad del ISO.



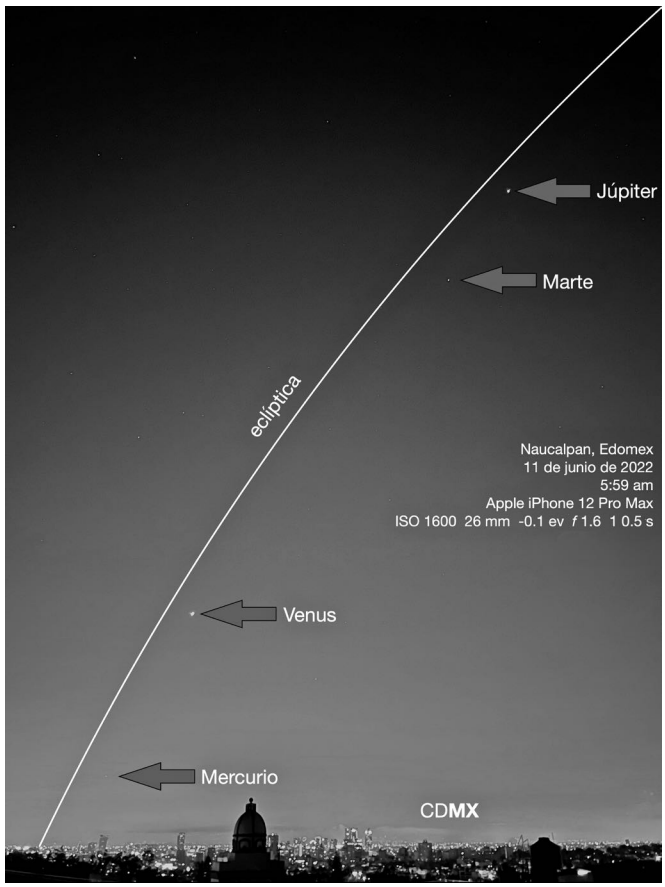


ARRIBA

Fotografía del autor del Sol levantando sobre el monte Fuji durante el equinoccio autumnal con devotos en primer plano. Para esta fotografía se utilizó un filtro corrector en blanco y negro Kenko R-1, para contrastar la contraluz y distinguir el perfil orográfico con respecto al Sol. El usuario no debe confundirse con el uso de filtros solares de *Baader Astrosafety Film y Astrofoto Film*, porque reducen la luz en un 99% y no se registra el horizonte.

En iTiO hemos empleado con éxito la cámara Nikon COOLPIX P1000[247] con un alucinante zoom de 3000 mm, este zoom mediante interpolación de *software* alcanza 12,000 mm que es superior a algunos telescopios, también destaca su capacidad de video en 4K ULTRA HD RAW y la posibilidad de tomar fotografías panorámicas de 180º, es muy útil para la astronomía por su compensador de exposición para cielo nocturno destacando el modo Luna, y por si fuera poco capta las estelas o rastros de estrellas con el modo *time lapse*. También con los *smartphone* de gama alta se pueden hacer maravillas como con el Xiaomi MI 11 ULTRA, el Huawei MATE 40 PRO, el Samsung GALAXY S22 ULTRA y el iPhone 12 PRO-MAX que usamos en iTiO con buenos resultados al cierre de esta edición.

247 Considerando sus funciones presenta en el mercado un precio aceptable que ronda arriba de 1000 dólares.



IZQUIERDA

Alineación planetaria o sizigia del mes de junio de 2022 captada por un *smartphone*.

También es útil una cámara réflex digital de modelo anterior, o fotografías y diapositivas antiguas que se pueden escanear y pasar en formato digital. En estos casos se puede elaborar una composición panorámica ensamblado fotografías no alineadas con excelentes resultados vía *software*.[248]

ABAJO

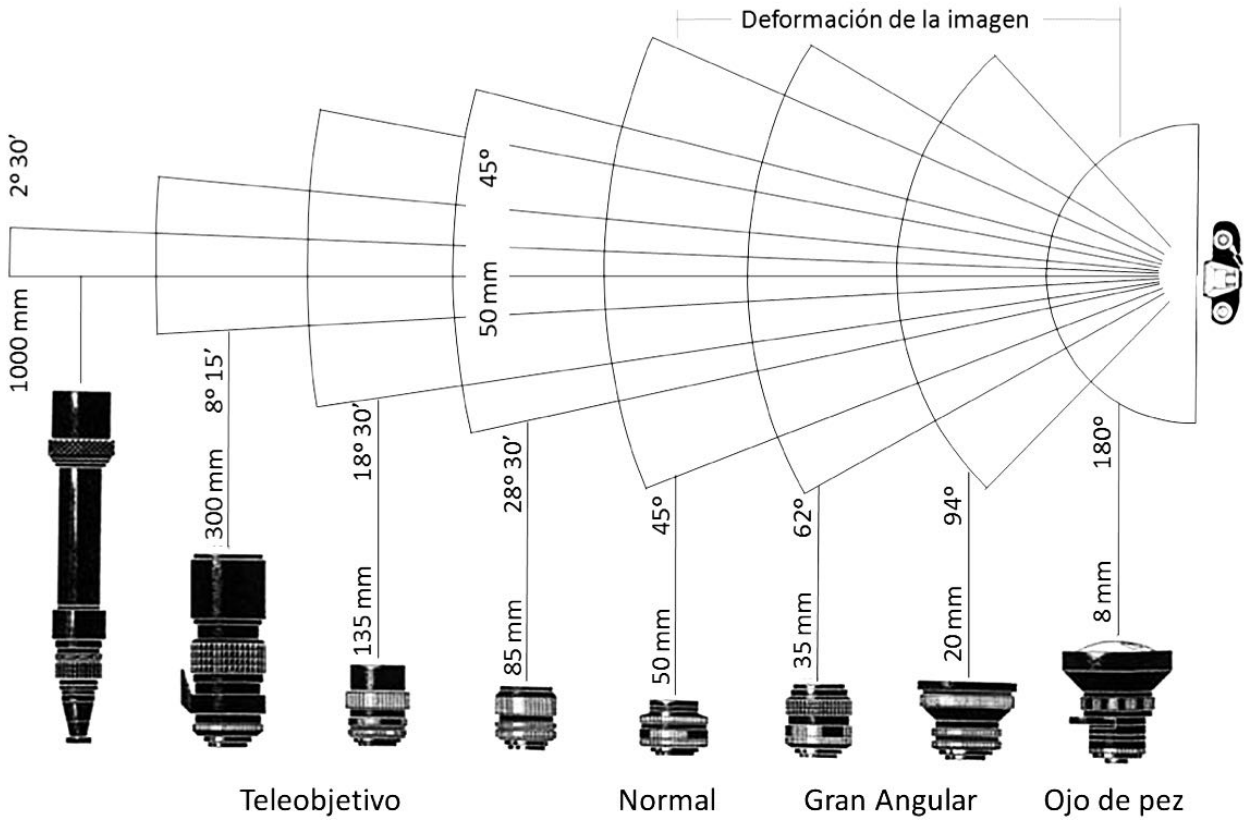
Ejemplo de una panorámica compuesta de doce fotografías antiguas escaneadas para producir un modelo gráfico de cilindro cubriendo un arco de 330°, sitio El Solitario (IZ-04), volcán Iztaccíhuatl.



Tome en cuenta que el campo visual humano es de alrededor de 135° y una cámara fotográfica típica abarca de 35° a 50°. Con el uso del *software* puede obtener resultados en un modelo gráfico de superficie de esfera, o si así lo prefiere de cilindro de todo el horizonte en sus 360°. Pero siempre tenga en cuenta que según el tipo de lente utilizado hay una deformación de la

248 Se recomienda ampliamente el programa AutoStitch.

imagen que es mayor con el uso de un gran angular y menor si emplea un telefoto o teleobjetivo.



ARRIBA

Deformación de la imagen según el lente utilizado.

Se trate de una cámara digital o de un *smartphone* al realizar una panorámica es recomendable presentar los lugares por donde se suceden los solsticios como marcas de los extremos, así también los más notables rasgos del paisaje.



ARRIBA

Perfil orográfico el este de Cholula, aspecto panorámico del amanecer destacando la posición del Sol para solsticios y equinoccios anotando las principales elevaciones del paisaje. Composición fotográfica de José Zamora del año 2007, apuntes del autor.

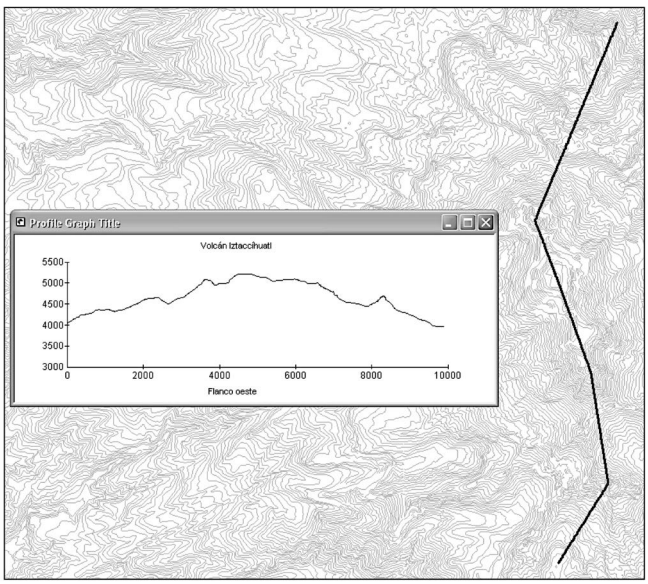
A principios de siglo, nuestra cámara fotográfica utilizaba rollo de diapositivas de 35mm, siempre en campo estábamos restringidos a 36 exposiciones, el costo del revelado era alto y no podíamos ver nuestro registro hasta días después en que las imágenes salían de laboratorio. En esos tiempos ya contabamos con programas de cómputo y los recursos electrónicos necesarios.

Recursos	Cartografía y ubicación	Carta topográfica analógica escala 1:50000. Carta topográfica ráster PDF escala 1:50000. Carta topográfica vectorial. GPS, toma de coordenadas en campo con rango de error 300m. Registro de azimut con brújula tipo Brunton montada en tripié.
	Ortofoto	Analógica en 3D para visualizarse en estereoscopio. Digital georreferenciada.
	Fotografía analógica	Panorámica compuesta por un mosaico y uso de filtro solar.
Software		Operación
	GeoMagnetic Info v1.2	Determinar declinación magnética por sitio y fecha.
	Solstice! V 1.2.0	Establece fechas en que se suceden solsticios y equinoccios
	FormulaCalc v1.1	Para fijar el valor de "h" [ALT].
	ArcView 3.2	Sistema de información geográfica.
	Distance and azimuth tools v1.4e	Calcula distancia y azimut entre los lugares.
	ArcScene 8.1	Elaboración (*render*) del modelo virtual.
	3D Analyst	Muestra secciones visibles e invisibles de la orografía.
	OziExplorer v 3.95.3b	Calcular distancia y azimut entre los puntos.
	Calendar Magic v 15.8	Calendario cultural diverso.
	Corel Photo Paint v11	Unir las fotografías y fotomontaje.
	AutoStitch	Composición fotográfica panorámica.
	Starry Night v 2.1.3	Planetario.
	www.montero.org.mx/calculadora.htm	Diferencia de días de los pasos cenitales

IZQUIERDA

Software y recursos empleados a principios de siglo para el trabajo de arqueoastronomía en gabinete y campo.

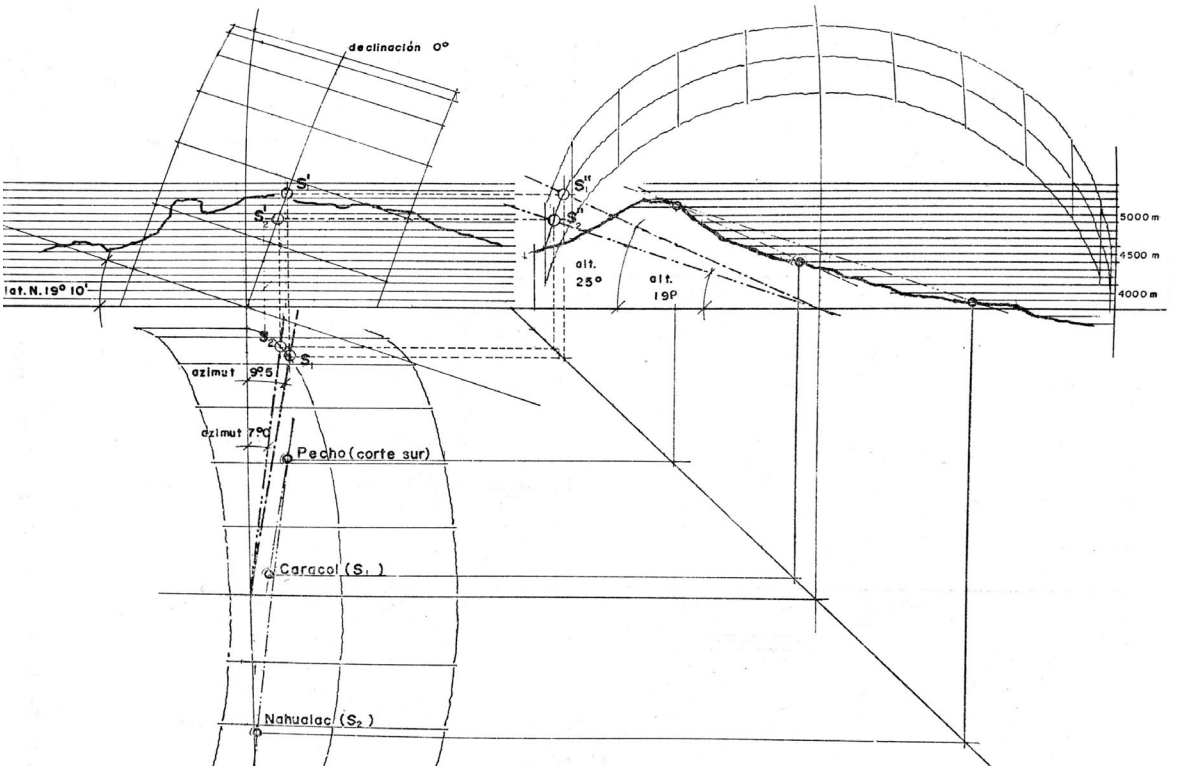
La mayor innovación de esos años a principios de siglo fue que un usuario frecuente podía desarrollar en gabinete sin necesidad de estar en campo las habilidades suficientes para componer un perfil orográfico con amplia certidumbre para ilustrar un marcador de horizonte en unas cuantas horas. Solo se requería de un acervo cartográfico vectorial operado por un sistema de información geográfica (SIG), que en esos tiempos era el *ArcView* v3.2 con sus diferentes extensiones. Todos esos recursos eran costosos, pues se demandaba una computadora con procesador Pentium MMX, sustentada por el sistema operativo Windows 95 y el lujo hoy risible de una memora de 64 MB con disco duro de 20 gigas. Estos avances tecnológicos permitieron que se supliera la fotografía panorámica por un perfil orográfico digital a partir del novedoso *software* ArcView v8.1 que graficaba el perfil de una sección transversal del terreno. El usuario trazaba sobre la cartografía vectorial la sección que requería trazando una línea sobre el parteaguas del terreno.



ABAJO

Perfil transversal de terreno siguiendo la línea de parteaguas para el volcán Iztaccíhuatl. *Software* ArcView v8.1, extensión 3D Analyst, función Interpolate line.

Los modelos digitales no solo atendieron las necesidades de la cartografía y la fotografía, también se ocuparon del movimiento del Sol. Antes de que contáramos con programas especializados para elaborar una montea solar, que es el aparente movimiento del Sol representado geométricamente, se hacían necesarias lecciones de astronomía y complejos cálculos consultando las efemérides astronómicas.[249] Pero desde inicios del siglo pasado ya no fue así, pues las cartas solares digitales vinieron a suplir a las tradicionales y estéticas monteas. Si el lector desea ahondar en este tema consulte Ramírez [1996] y Beltrán [1987].

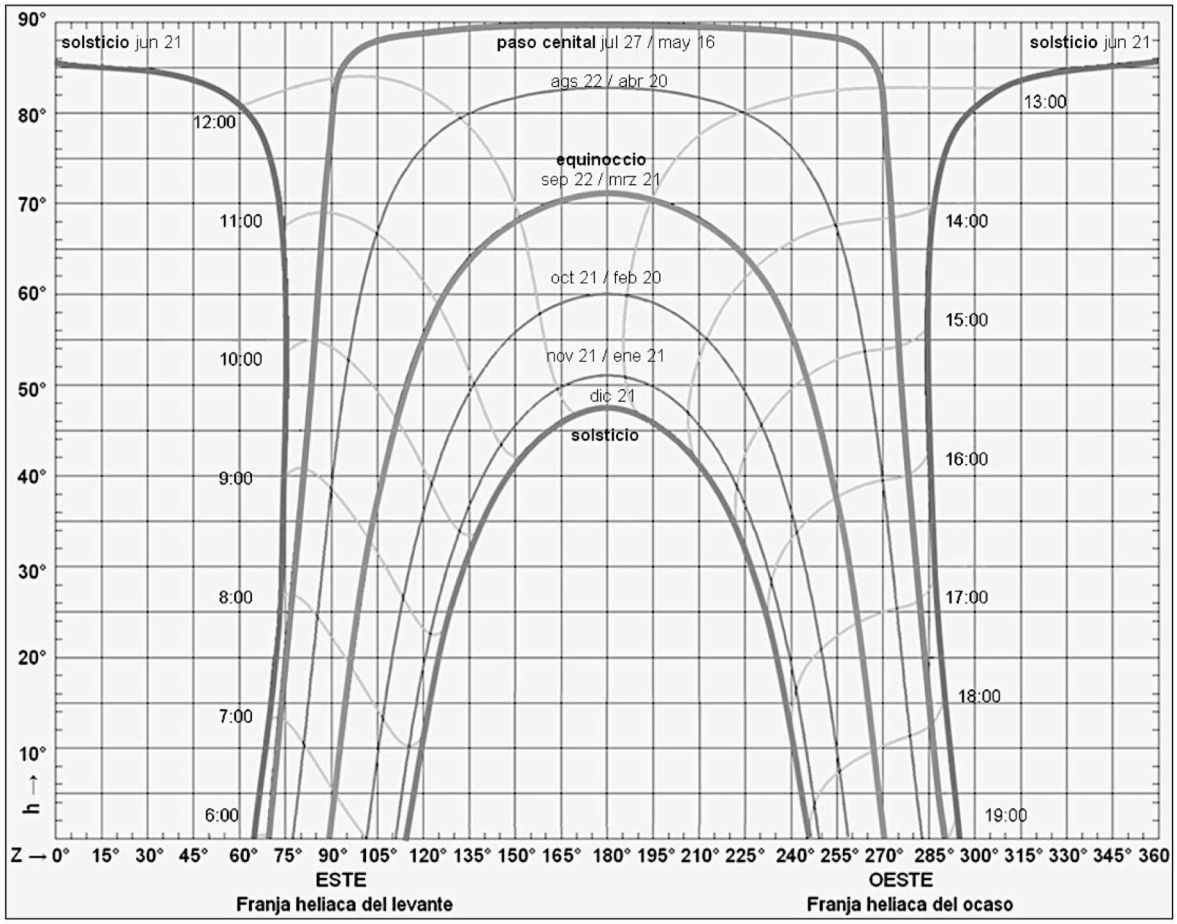


ARRIBA

Montea solar para calcular la posición del Sol en los sitios arqueológicos del volcán Iztaccíhuatl por Arturo Ponce de León [1991].

La carta solar del tipo cilíndrica consiste en un diagrama en el que se representa la posición del Sol sobre un lugar determinado para fechas diferentes y a diferentes horas, en función de la altura del Sol y el azimut del punto de observación. Esta herramienta es muy útil para deducir los alcances que un sitio arqueológico puede tener con respecto a la posición del Sol.

249 Célebre es el *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional*, editado por el Instituto de Astronomía de la UNAM. Esta publicación contiene las tablas de *efemérides astronómicas* que incluyen coordenadas ecuatoriales de los planetas, el Sol, la Luna y las estrellas más brillantes. Además, se incluyen sucesos astronómicos relacionados con las configuraciones geométricas entre los planetas, el Sol y la Luna, así como conjunciones, oposiciones, elongaciones máximas, fases de la Luna y eclipses. Este documento se puede consultar en: http://www.astroscu.unam.mx/IA/index.php?option=-com_content&view=article&id=586&Itemid=245&lang=es



Consultas en Internet

Concepto	Dirección
Calcula la trayectoria solar	http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html
Calcula la posición del Sol	http://www.srrb.noaa.gov/highlights/sunrise/azel.html

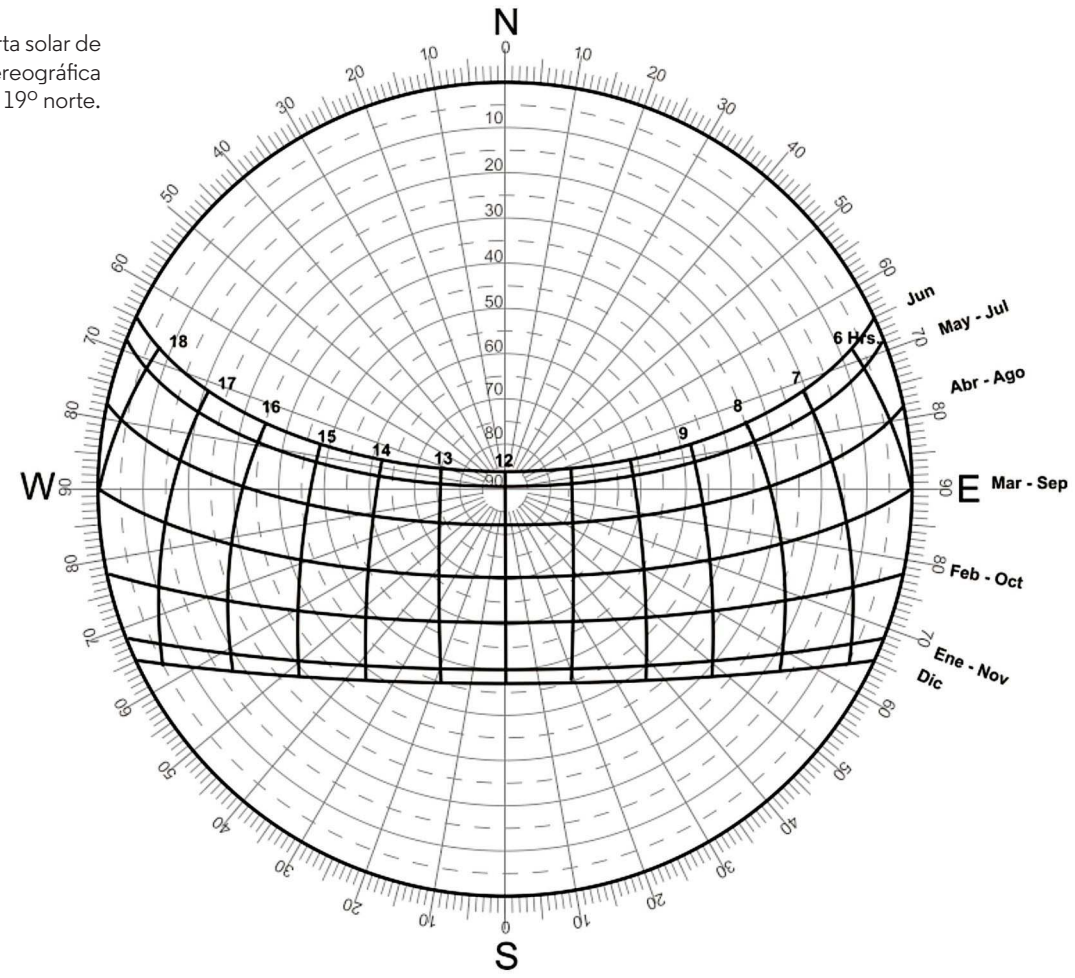
Muy útil para comprender el movimiento del Sol por la bóveda celeste también resulta la carta solar de proyección estereográfica que permite comprender la trayectoria anual del Sol sobre una superficie plana, el trazo de la proyeccón se dibuja sobre un círculo azimutal que guarda a su interior otros tantos círculos concéntricos para indicar la altura angular. Su lectura permite conocer los datos de azimut y altura para una latitud geográfica determinada. Esta herramienta es muy útil si se sobrepone encima de un mapa para valorar el "camino del Sol" en su recorrido anual.

ARRIBA

Carta solar cilíndrica de la pirámide de Cholula (19.25 / - 99.14) según el *software* del Laboratorio de Monitoreo de la Radiación Solar, de la Universidad de Oregon (adaptación gráfica del autor).

DERECHA

Ejemplo de carta solar de proyección estereográfica para la latitud 19º norte.

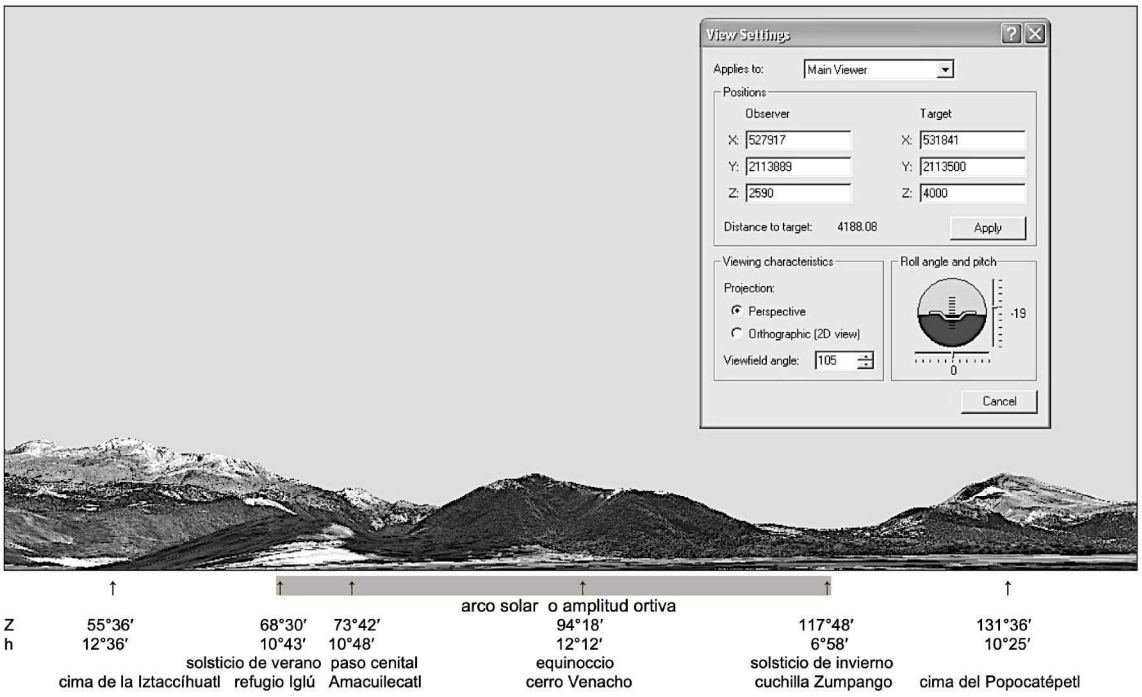


Antes de que Google Earth nos sorprendiera en el año 2005 con su capacidad de mostrarnos en animación segmentos de la superficie terrestre de manera tridimensional y georreferenciada utilizando fotografías satelitales, nosotros en iTiO, desde el año 2002, veníamos ensayando con sistemas de información geográfica para elaborar modelos virtuales del paisaje estáticos a partir de datos cartográficos vectoriales del INEGI revestidos de ortofotos georreferenciadas provenientes de mosaicos de fotografías aéreas para armar paisajes digitales. Fue significativo obtener el perfil de horizonte de los volcanes Popocatépetl e Iztaccíhuatl apreciados desde el sitio arqueológico Monolito del Conejo (IZ-18), un panorama que en la realidad era imposible de admirar porque una densa capa vegetal de bosque de pinos rodeaba al sitio arqueológico, así que intentar medir el horizonte con un teodolito, que era la manera que se estilaba en esos tiempos, era un ejercicio inoperante. Fue así como se pudo alcanzar

con el programa ArcScene v8.1 un modelo digital del horizonte apegado a la realidad con la capacidad de identificar con certeza el lugar de observación; además de señalar con certidumbre los valores azimutales del horizonte con la función Target y la altura angular del perfil conspicuo desde el menú View Settings y Viewfield angle. Con esta tecnología digital se obtenían resultados tan o más precisos que los derivados en campo con un teodolito. Este modelo fue estimulante para fomentar estudios de marcadores astronómicos de horizonte a distancia, cuando las condiciones locales no permitían visitar el sitio ni medir su horizonte, más detalles sobre este sitio arqueológico en esta entrega en las páginas 154-155 y en Montero [2011c: 72-73].

ABAJO

Perfil orográfico virtual de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl a partir de datos cartográficos vectoriales del INEGI revestidos con ortofotos georreferenciadas obtenidas de fotografías aéreas. Modelo realizado por iTiO en el año 2002 para destacar en el paisaje las principales posiciones astronómicas del sitio arqueológico Monolito del Conejo (IZ-18).



Actualmente los avances tecnológicos nos permiten instalar virtualmente en Google Earth un monumento o un edificio arqueológico en el espacio y orientación que ocupa geográficamente en la realidad. El modelo digital tridimensional arqueológico se realiza con sumo detalle gracias a la tecnología de la fotogrametría digital, de tal suerte, que se logra crear una realidad virtual en la cual un investigador puede realizar una prospección de campo alternando sus perspectivas de observación de manera virtual, esta capacidad de respuesta amplía las posibilidades de estudio con un análisis del paisaje astronómico preciso. Las posibilidades se multiplican y la fatiga del recorrido o los molestos sucesos naturales como la nubosidad y la lluvia que impiden el

registro visual son cosa del pasado, pues no es necesario viajar realmente hasta el sitio, la presencia virtual es suficiente para observar y gracias a las precisas animaciones registrar la posición del Sol durante todo el año y a cualquier hora.



ARRIBA

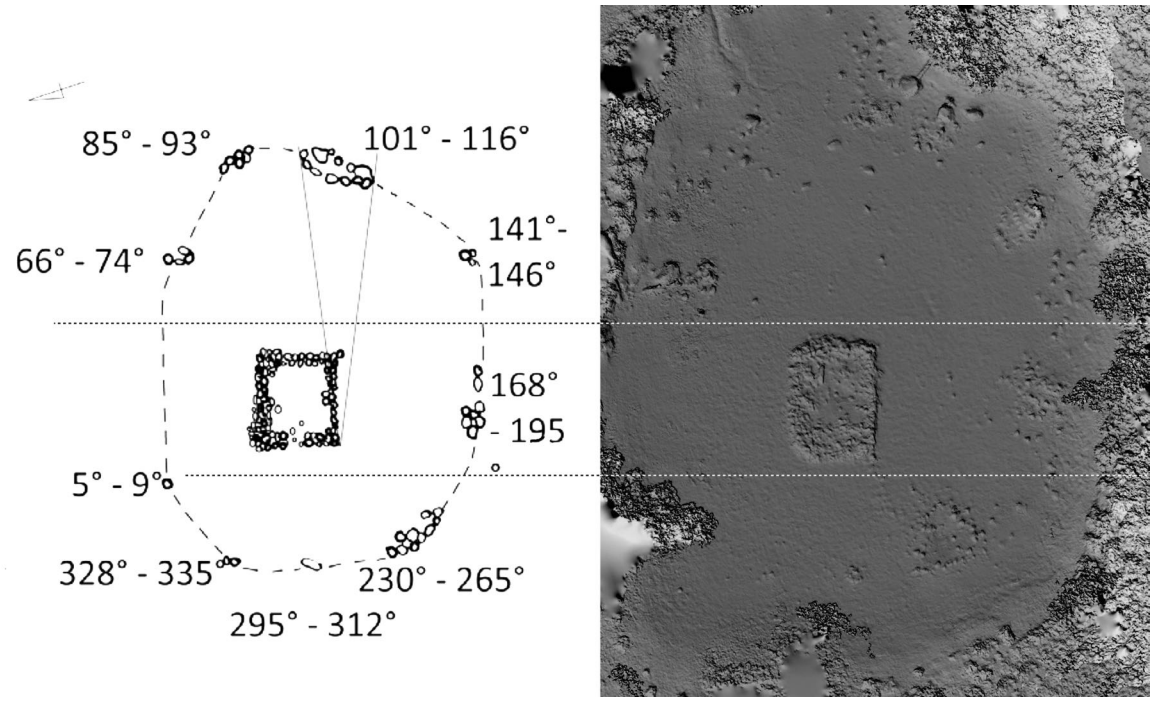
Paisaje virtual en Google Earth del Monolito del Conejo (IZ-18), realizado en el año 2019 por iTiO en 3D. La composición del monumento arqueológico se realizó a partir de fotogrametría digital. Panorama compuesto de imágenes satelitales del entorno al volcán Iztaccíhuatl pormenorizado, la iluminación que corresponde al día 15 de mayo a las 14:48 horas.

El potencial de esta tecnología es tan amplio que hemos impreso el monumento IZ-18 en una impresora 3D. El producto es un avance relevante porque demostramos que se pueden fabricar maquetas a escala con minucioso detalle de un objeto arqueológico tridimensional mediante la superposición de capas sucesivas de plástico. Otra de las posibilidades apunta a la educación y divulgación de la ciencia con un alcance ilimitado en Internet, donde hemos producido visitas virtuales en 3D de espacios arqueológicos. Un buen ejemplo es el *tetzacualco* de Nahualac en el volcán Iztaccíhuatl.[250] Los parámetros de reconstrucción digital de este emplazamiento arqueológico se realizaron a partir de 26 fotografías con resolución de 4000 × 3000 pixeles. El mapa digital de superficie y la ortofotografía tienen una precisión de 1 × GSD (1.50 [cm/píxel]),[251] gracias a una nube de puntos densa compuesta por 38,717,702 puntos. Para cubrir la superficie de

250 Visita disponible en la dirección digital: < https://sketchfab.com/3d-models/nahualac-iz-05-31b2b3ecaba84e84bae79975ffd1168c>.

251 GSD, acrónimo de *ground sampling distance*, traducido como "distancia de muestreo en tierra", significa que 1.5 cm corresponden a un píxel en la imagen representada linealmente sobre el terreno.

1.11 hectáreas se elaboraron 2,573,368 de caras. La altitud media del vuelo de la aeronave no tripulada pilotada[252] a distancia fue de 50 m. El soporte de *hardware* en gabinete requirió para el *render*[253] de un CPU de 3.5 GHz, con un procesador Intel Core I5 y memoria RAM de 8 GB a 1600 MHz DDR 3, en el año 2018.



ARRIBA

El *tetzacualco* de Nahualac IZ-05 a partir de dos propuestas de representación en escala 1:200: izquierda, croquis elaborado por Stanisław Iwaniszewski [2017: 231] con teodolito publicado en Europa; derecha, modelo digital de superficie sombreado con equidistancias entre las curvas de 10 cm y precisión de 1.5 cm por píxel realizado por el autor [Montero, 2020a: 91] publicado en México.

En la actualidad contamos con la capacidad de trabajar en campo asistidos solamente por un *smartphone* o teléfono inteligente. Sí, todo en la palma de la mano, un solo instrumento lo hace todo y lo hace muy bien. Es como un sueño, como un deseo solicitado al "genio" de la tecnología, algo inimaginable hace una década.

Todo empezó en el año 2013 apoyado por la Universidad del Tepeyac e ingenieros del Instituto Politécnico Nacional y de *FileMaker*[254] que pudimos implantar una base de datos para arqueología de campo donde se incorporaban las observaciones astronómicas. La propuesta tecnológica se centró en la captura y gestión de información personalizada para recopilar y administrar datos obtenidos para su posterior consulta y análisis en un

252 Dron multirrotor ligero Mavic Pro de DJI.

253 Generación de una imagen fotorrealista por medio de programas informáticos.

254 FileMaker es una aplicación multiplataforma de bases de datos relacionales. FileMaker es una filial de Apple Inc. Se distingue de otros productos de *software* similares en que el motor de la base de datos está integrado con la interfaz gráfica del usuario, lo que permite a este modificar la estructura de las tablas y de otros componentes subyacentes arrastrando elementos a los formularios o diseños de base suministrados con el producto.

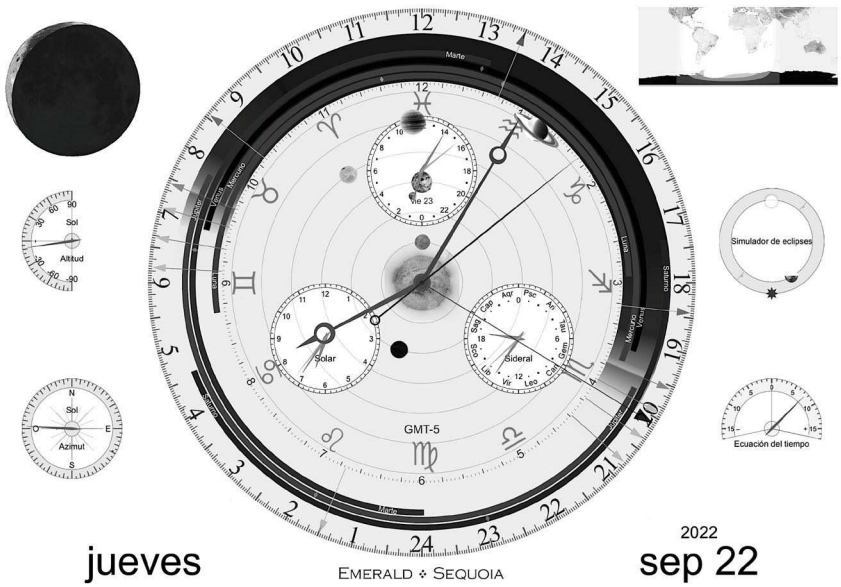
sistema flexible, con diseño personalizado y opciones de movilidad que incorporaban elementos multimedia como audio, video y fotografía; además de documentos y mapas de interés. Fue así como se almacenó todo el acervo de información en un pequeño aparato al cual se tenía acceso en tiempo real. Desde una tableta del tipo iPad, un *smartphone* como el iPhone o desde una computadora de escritorio se tenía acceso a los catálogos, índices y patrones de la investigación. A través de la herramienta cibernética se logró reducir todo a un instrumento versátil y pequeño para la captura y homologación de datos, el tiempo de trabajo en campo y gabinete fue reducido drásticamente utilizando solamente un *smartphone* o teléfono inteligente de gama alta.

En la arqueología todo se reduce a datos, patrones y tipos, es de vital importancia tener toda la información de un sitio: ubicación, flora, fauna, altitud, clima, humedad, orografía, composición rocosa, pero también todo el entorno cultural: vestigios, adoratorios, petrograbados, pinturas y un largo etcétera. Esta apuesta por la tecnología hizo de iTiO un *early adopter*: un cliente temprano de una compañía, producto o tecnología, nos convertimos en emprendedores e innovadores para soluciones de arqueología de campo utilizando un *smartphone* que no era útil únicamente como base de datos, sino que tenía más posibilidades.

En la actualidad, con la instalación en un *smartphone* de las aplicaciones adecuadas es posible estimar la posición del disco solar o de cualquier cuerpo celeste para cálculos de arqueoastronomía, establecer los alineamientos y la elevación entre lugares distantes sin el uso de teodolito. En el mismo *smartphone* se integra la base de datos y se completa el registro con fotografía y video digital en alta resolución, además es posible incorporar un diario de campo y tomar notas en audio. El *smartphone* cuenta con su propio GPS interno, así que todo el recorrido y registro de sitios queda almacenado en la base de datos con la posibilidad proyectar las posiciones en un sistema de información geográfica para su análisis espacial.

Las modernas aplicaciones para *smartphone* son excepcionales, desde un teodolito digital de 10 dólares, que en mucho supera al tradicional teodolito, hasta planetarios que encuentran en tiempo real un astro en la bóveda celeste, y qué tal un calendario maya, si cuenta al menos con un iPhone 12 puede registrar un petrograbado o alguna estructura con el sensor LiDAR para generar modelos en 3D en tiempo real; además de programas para GPS y brújula, a continuación, un listado en orden alfabético de las aplicaciones recomendadas para arqueoastronomía:

	Nombre comercial	Operación
Aplicaciones para iOS 16.0	*3DScannerApp*	Modelo en 3D de un objeto o un monumento arqueológico
	AccuWeather	Estado de temporal
	Analemma	Traza un analema
	Astrolabe	Astrolabio
	Deluxe Moon	Fases lunares
	Dias Calc	Calculadora calendárica (diferencia de días)
	DMS Convert	Conversor de coordenadas geográficas
	Eclipses	Eclipses de Sol y Luna
	Excel	Hoja de cálculo
	FileMaker Go (*Claris*)	Base de datos
	Google Earh	Sistema de información geográfica
	iDStretch	Fotografía de pintura rupestre
	Maya Calendar	Calendario maya
	Meteor Guide	Lluvia de estrellas
	Mgnetic	Calcula la desviación magnéfica con fecha específica
	Motion-GPS	Operardor de GPS
	My Altitude	Altímetro con barómetro
	NightCamp	Fotografía nocturna
	Observatorio	Reloj astrónomico
	Office Word	Procesador de textos
	Panorama	Fotografía en 360º
	PeakFinder	Perfil orográfico con fecha, azimut y altura angular
	PhotoPillis	Planificador fotográfico con datos astronómicos
	PowerOne Fl	Calculadora científica
	Pro Copass	Brújula de nivel con datos específicos
	Radar Meteo	Radar climático
	Saisons	Equinoccios y solsticios
	SeeLevel	Inclinómetro
	Star Walk 2	Planetario
	Stellarium	Planetario
	Sun Seeker	Posición y trayectoria solar
	Sun Surveyor	Posición del Sol y la Luna
	Theodolite	Teodolito digital



IZQUIERDA

Un magnífico reloj astronómico para iPad es el Emerald Observatory v 1.4.

Stellarium es un sorprendente *software* que recomiendo instalar en su ordenador de escritorio o portátil,[255] porque la versión de *smartphone* y tableta está limitada por la capacidad del sistema operativo y el *hardware* del equipo. Una vez iniciado el programa en su ordenador ingrese a opciones, abra el menú Starlore, e inicie el recorrido virtual que le permitirá descubrir las constelaciones de cincuenta culturas ancestrales en el planetario. Por tratarse de un planetario digital de código abierto, los investigadores Enrique Rodas y Javier Mejuto [2020] del Departamento de Arqueoastronomía y Astronomía Cultural de la Universidad Autónoma de Honduras, han aportado sus conocimientos sobre las constelaciones maya y nahua, así que podemos ver la traza y la iconografía de estos asterismos en el cielo virtual, una experiencia didáctica extraordinaria que se agradece; felizmente el autor a través de iTiO, también ha contribuido con este programa con un enlace para que el usuario pueda consultar sobre las constelaciones prehispánicas. Para completar su experiencia, abra el menú Configuración e instale el *plugins* denominado ArcheoloLines, ahora usted tendrá en su pantalla las herramientas que requiere un arqueastrónomo profesional. Considerando el siguiente programa que es PeakFinder y Stellarium, ambos gratuitos y fácilmente disponibles podemos anunciar con alegría el fin del monopolio académico de los "especialistas" con sus posgrados restringidos.

Y para cerrar este apartado, la mejor aplicación, la más potente y útil: PeakFinder. Una aplicación instalada en el *smartphone* o tableta que nos muestra un horizonte orográfico virtual desde cualquier lugar del mundo, mirando en cualquier rumbo, e incorporando los datos de azimut, altura angular y fecha para las posiciones del Sol y la Luna que el usuario determine relevantes. Un ejercicio que con teodolito, como lo hacíamos hace más de 20 años tomaría días posteriores al trabajo de campo, y que años después, con el *software* de principios de siglo nos llevaría algunas horas. En la actualidad con esta aplicación resolvemos una orientación astronómica del Sol o la Luna sobre el horizonte en menos de tres minutos, en efecto, aunque parezca inconcebible, este *software* es gratuito si se consulta en Internet.[256] Una aplicación sencilla, aunque no exacta, porque trabaja con equidistancia entre la curvas de 100 m y no en 20 m lo cual lo hacer perder

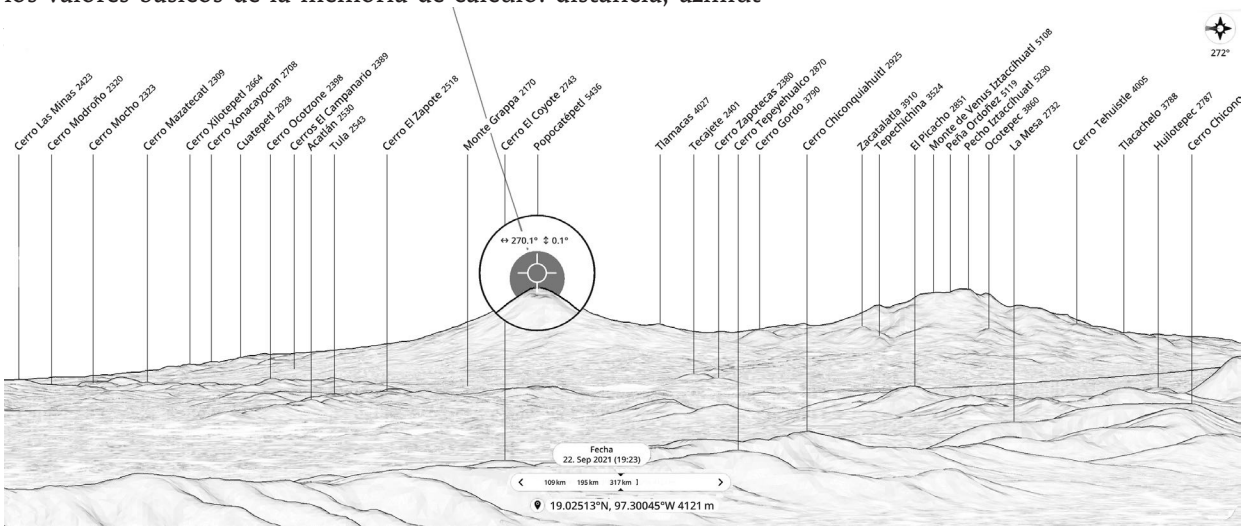
255 Está disponible para cualquier plataforma o se puede consultar vía Internet en: <https://stellarium-web.org>.
256 Consulta en Internet en: <https://www.peakfinder.org/es>.

detalle en horizontes críticos menores a 5 km de distancia, pero si efectiva a más de 10 km. PikeFinder exhibe más de 950,000 elevaciones, desde las montañas hasta moderados cerros en una pantalla panorámica de 360°, funciona completamente *offline* (sin conexión) si lo instala en su *smartphone* o tableta, y en todo el mundo, su costo ronda los 5 dólares para un smartphone. El observador puede elegir cualquier punto de vista arbitrario que elija. Para representar las vistas panorámicas, PeakFinder utiliza un modelo de elevación integrado. También incluye una base de datos con un directorio de nombres de montañas, su ubicación y altitud. Por esas razones, PeakFinder no necesita una conexión en línea para renderizar la vista panorámica y funciona completamente fuera de línea en cualquier lugar. Se conecta al GPS del *smartphone*, o se insertan de manera manual las coordenadas. Por si fuera poco, al pulsar el botón de la cámara puede superponer la imagen de la cámara con la orografía de la panorámica exportando imágenes en alta resolución, también es posible calibrar la brújula y lo mejor, ver la trayectoria del Sol y la Luna para cualquier fecha y con la función prismáticos nos ofrece los valores básicos de la memoria de cálculo: distancia, azimut

ABAJO

Desde el sitio arqueológico OR-17, el muro sur del *tetzacualco* apunta al oeste, en PeakFinder apreciamos esta orientación: z = 270.1° / h = 0.1° / distancia 317 km / fecha y hora, equinoccio autumnal al ocaso (22 de septiembre, 19:23 hs). Se destaca en el perfil orográfico el nombre de las prominencias y su altitud.

En la última versión de PeakFinder (2023) se pueden exportar los perfiles orográficos a Stellarium con resultados asombrosos.



En 100 años hemos pasado de artilugios sorprendentes como los implementados en Chichén Itzá para tomar fotografías aéreas a inicios del del siglo XX, hasta los modernos drones, la fotogrametría y el PeakFinder. ¿Qué tendremos en el futuro? Sin duda muy buenas sorpresas que nos harán más eficientes.

257 Véase la página en Internet con los detalles de esta aplicación en: < https://www.peakfinder.org/es/mobile/>.



ARRIBA

En 100 años pasamos de instables escaleras para obtener fotografías aéreas de sitios arqueológicos al dron, que es un RPAS por sus siglas en inglés (sistema de aeronave piloteada a distancia).

Apéndice D. El cielo y sus contornos

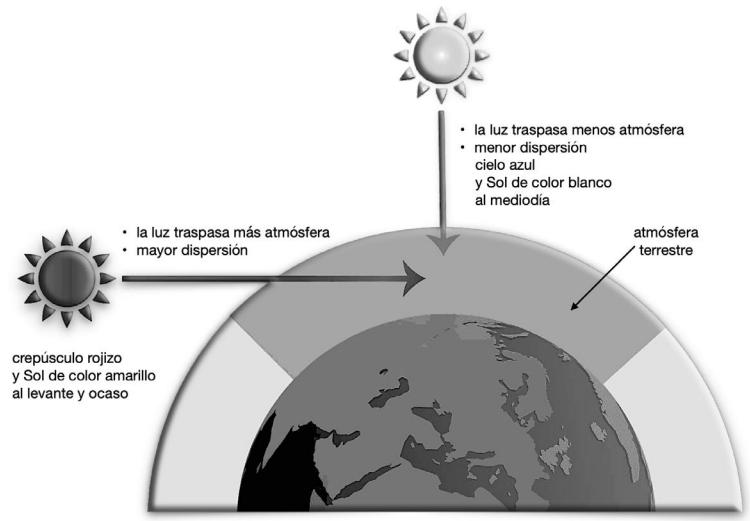
En este apéndice se responde a preguntas frecuentes que en repetidas ocasiones se hacen referente a la observación del cielo en su contexto general y no necesariamente en el aspecto astronómico.

Empecemos por el color del cielo. Diferentes factores intervienen en la coloración a lo largo del día y la noche. Durante el día, el color es azul hacia el cenit y progresivamente más claro hacia el horizonte, donde prácticamente se torna de color blanco, esto obedece a la atmósfera y la dispersión de la luz. Todos los colores de la luz solar visible, desde el color violeta de onda corta hasta el azul, el verde, el amarillo, el naranja o el rojo, son emitidos por el Sol. Así que la razón por la que el cielo cambia de color obedece a tres factores: a) la luz del Sol está compuesta de longitudes de onda diferentes, b) la atmósfera está compuesta de moléculas que dispersan la luz de diferentes longitudes de onda en diferentes cantidades, y c) la sensibilidad de nuestros ojos.

A medida que la luz blanca atraviesa la atmósfera, las diminutas moléculas de aire hacen que se disperse. La alta dispersión causada por estas diminutas moléculas se denomina dispersión de Rayleigh. Aumenta a medida que disminuye la longitud de onda de la luz. La luz violeta y azul tienen las longitudes de onda más cortas y la luz roja la más larga. Por tanto, la luz azul se dispersa más que la luz roja y el cielo parece azul durante el día. Las longitudes de onda más cortas en el extremo azul del espectro tienen 10 veces más probabilidades de dispersarse que la luz roja, la longitud de onda más larga. De ahí que, cuando el

Sol está bajo en el cielo durante el amanecer y el atardecer en el crepúsculo[258] la luz tiene que viajar más a través de la atmósfera terrestre y vemos el cielo rojizo o violáceo, porque la luz azul se dispersa, pero la luz roja no. Recordemos que los receptores del ojo para la luz de color, los conos, no son tan sensibles al violeta y cuando se combina con el azul, registran este último. La respuesta final está en nuestros ojos.

En la noche el color del cielo tiende al negro porque no hay luz. El porqué de que el universo sea negro se debe a que, en el vacío del espacio, los colores del espectro visible quedan juntos y las estrellas son tan lejanas, que la luz que proyectan no ha tenido tiempo de alcanzarnos y así no es capaz de llegar a provocar que el Universo brille.



IZQUIERDA

Dispersión de Rayleigh (1871), ocurre cuando la luz viaja por sólidos y fluidos transparentes, pero se ve con mayor frecuencia en los gases, las moléculas de la atmósfera dispersan los rayos de luz de tal suerte que el color del cielo cambia durante el día.

Las variaciones de tonalidades siempre tan diferentes durante el crepúsculo varían por la refracción de la luz, variaciones que suceden en las capas altas de la troposfera o en las bajas de la estratosfera donde la cantidad y volumen de partículas sólidas muy finas en suspensión determinan la tonalidad.

En el cielo podemos distinguir 3 segmentos de colores: a) el primero, Sombra de la Tierra, b) el segundo, Cinturón de Venus o Arco Anti-crepuscular, y c) el tercero, Zona Superior Azul. La Sombra de la Tierra es la sombra proyectada en la atmósfera y en el espacio exterior, hacia el punto antisolar,[259] durante el crepúsculo, la franja visible de la sombra, a veces llamada segmento

258 El crepúsculo es el momento del día en el que el Sol se encuentra bajo el horizonte, pero su luz ilumina la atmósfera.

259 El punto antisolar es un segmento abstracto en la esfera celeste directamente opuesto al Sol desde la perspectiva de un observador, el punto antisolar no está fijo en el espacio tridimensional, sino que se define en relación del observador, véase por ejemplo el Espectro de Brocken.

oscuro o cuña crepuscular aparece en un cielo despejado como una banda oscura y difusa sobre el horizonte que se extiende sobre 180º, se puede ver durante la etapa "civil" del crepúsculo. Antes del amanecer, la sombra de la Tierra parece retroceder a medida que sale el Sol; después del atardecer, la sombra parece elevarse a medida que se pone el Sol. Con referencia al Cinturón de Venus, o Arco Anti-crepuscular, consideremos a la banda rosada visible sobre la sombra azulada de la Sombra de la Tierra, llamada así por el planeta Venus que, cuando es visible, normalmente se encuentra en esta región del cielo. Ninguna línea definida divide la sombra de la Tierra y el Cinturón de Venus; una banda de color se funde con la otra en el cielo.

DERECHA

El autor registrando el Espectro de Brocken desde el sitio arqueológico MA-12 Ayauhcalco a 4000 $^{m}/_{nm}$. El punto antisolar se aprecia 500 metros por debajo, sobre la cañada Axal, la luz al contraste con la neblina forma un arcoíris, volcán La Malinche, 2002.

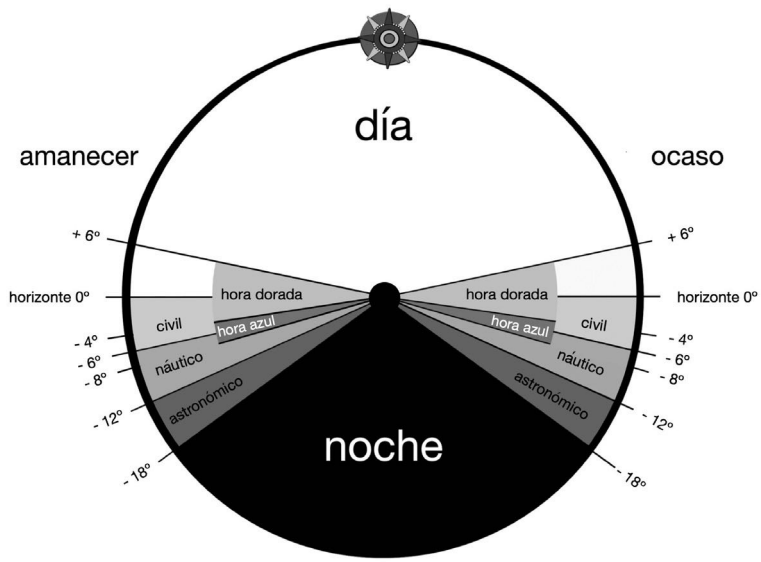


De hecho, los fotógrafos clasifican la luz del crepúsculo, el día y la noche en cinco momentos: 1) la hora dorada, 2) la hora azul, 3) los crepúsculos civil, náutico y astronómico, 4) el día y 5) la noche. De manera detallada podemos considerar:

- Amanecer, cuando el Sol se encuentra entre -18º y 6º, este rango se subdivide en: a) termina la noche cuando el Sol supera la altura angular de -18º; b) el crepúsculo inicia a partir de los -18º, conforme asciende hasta -12º, es el crepúsculo astronómico, cabe decir que se ven con facilidad hasta estrellas de sexta magnitud; c) el Sol asciende y alcanza el crepúsculo náutico, con el Sol entre -12º y -6º, se ven con facilidad las estrellas náuticas de primera y segunda magnitud, los marineros de la antigüedad aprovechaban este momento para medir con su sextante su posición; d) crepúsculo civil, el Sol entre -6º a 0º, se ven

con facilidad las estrellas de primera magnitud y los planetas que pudieran estar sobre el horizonte; e) hora azul, el Sol entre -8º a -4º; f) hora dorada, el Sol entre -4º a 6º, es el mejor momento para los fotógrafos para capturar imágenes por las tonalidades cálidas que se perciben en el paisaje; g) inicia el día con el Sol por encima de 6º.

- Ocaso, cuando el Sol se encuentra entre 6º y -18º, este rango se subdivide en: a) termina el día cuando el Sol ocupa la altura angular de 6º; b) hora dorada, el Sol entre 6º y -4º, es el mejor momento para los fotógrafos para capturar imágenes por las tonalidades cálidas que se perciben en el paisaje; c) hora azul, el Sol entre -4º a -8º: d) crepúsculo civil, el Sol entre 0º y -6º, se ven con facilidad las estrellas de primera magnitud y los planetas que pudieran estar sobre el horizonte; e) el Sol desciende y alcanza el crepúsculo náutico, en el rango de -6º y -12º, se ven con facilidad las estrellas náuticas de primera y segunda magnitud; f) el crepúsculo termina a partir de los -12º, conforme desciende hasta -12º, es el crepúsculo astronómico, se ven con facilidad hasta estrellas de sexta magnitud; g) inicia la noche cuando el Sol ocupa la altura angular de -18º.



IZQUIERDA

Conceptualización de la luz crepuscular según la altura angular del Sol. La aplicación Photo Pillis, disponible para diferentes plataformas, permite conocer las horas específicas para cada momento del crepúsculo según lugares y fechas específicas consultadas por el usuario.

Durante la noche, al observar las estrellas, estas parecen palpitar, se trata de un centelleo o destellos luminosos intermitentes. Hay narrativas poéticas que dicen que las estrellas titilan como diamantes. Pero la verdad es que las estrellas no titilan, de hecho, nadie diría que el Sol, que es una estrella, exhibe este parpadeo. Sin embargo, para todos es claro identificar a las estrellas

con este fenómeno, el cual, por cierto, no se advierte con los planetas, los cuales no titilan. La respuesta está en la atmósfera, sus capas y temperatura son responsables de la distorsión que se produce sobre la luz que proviene de las estrellas. A medida que los rayos de luz cruzan la atmósfera son desviados por el fenómeno de refracción, sucede que la atmósfera, está en movimiento, palpitando como si fuera una gelatina y generando la llamada turbulencia atmosférica, por lo cual la luz que llega a nuestros ojos parece "temblar", cuando lo que en realidad tiembla es la atmósfera terrestre. Lo mismo sucede cuando viajamos por una carretera en un día caluroso, y vemos las imágenes distorsionadas a lo lejos, en este caso por la turbulencia del aire caliente cerca del suelo. Esta es una de las principales razones por las que los observatorios astronómicos se ubican en zonas de alta montaña, para evitar el efecto perturbador de las capas atmosféricas sobre las imágenes. Y en cuanto a los planetas, pese a ser más pequeños que las estrellas, están más cerca, por lo cual aparecen como puntos más grandes y el haz de luz es mayor; por lo tanto, no se ven afectados visualmente por la atmósfera. De ahí que coloquialmente se dice que una persona puede diferenciar una estrella de un planeta a simple vista si extiende el brazo, cierra un ojo y coloca el dedo pulgar sobre el astro, si la luz se atenúa es un planeta, si parpadea es una estrella. Al final de cuentas, desde el espacio, la luz de las estrellas permanece inmóvil y estas no titilan ante la ausencia de atmósfera.

La atmósfera nos ofrece una amplia variedad de fenómenos ópticos, sucede que los componentes atmosféricos[260] actúan como dispersores, reflectores y refractores de la luz. La atmósfera, preferentemente en las capas bajas, posee altas concentraciones de vapor de agua y cristales de hielo que propician la aparición de ciertos fenómenos ópticos. Por otra parte, la temperatura determina ciertas singularidades visuales que hacen del cielo un escenario distinto día a día. Sobre la complejidad de los fenómenos atmosféricos, sus causas y tipología véase Casado y Serra-Ricart [2013].

260 La atmósfera terrestre está compuesta principalmente por nitrógeno (78 %) y oxígeno (21%), con pequeñas cantidades de argón (1 %) y dióxido de carbono (0.033%). Se registran proporciones menores de vapor de agua, neón, helio, criptón, hidrógeno y ozono. También hay partículas sólidas y líquidas en suspensión (aerosoles), tanto de origen inorgánico como orgánico y de procedencia natural o humana. Los componentes de la atmósfera se encuentran concentrados cerca de la superficie, comprimidos por la gravedad. Conforme aumenta la altura la densidad de la atmósfera disminuye, en una banda de 5 mil metros sobre la superficie, se encuentra la mitad de la masa total, y antes de los 15 mil metros de altura el 95% de toda la materia atmosférica.

De la amplia variedad de fenómenos ópticos destacan los de óptica geométrica como los de reflexión con el arco iris en sus diversas manifestaciones que dependen del tamaño de las gotas de agua, hay casos extraordinarios como el arco iris lunar, ocasionalmente perceptible durante un plenilunio, los de círculo parhélico, los de pilar o columna solar que suceden durante la salida o puesta del Sol, y los denominados hipohelio que son una columna de luz por debajo del Sol.

Entre los fenómenos de refracción los halos son los más representativos, los halos son anillos y arcos luminosos que aparecen alrededor del Sol y de la Luna. También se muestran manchas y arcos de colores en torno al Sol (parhelios) o alrededor de la Luna (parselenios), muy llamativos son los arcos circuncenitales y circunhorizontales.



ARRIBA

Fotografía panorámica del autor desde su domicilio de un halo circuncenital avistado el 21 de mayo de 2015 a las 13:03 horas, captado con un *smartphone* iPhone 5s, 29 mm ƒ2.2, 1/8264 s.

Cuando el Sol está a baja altura angular sobre el horizonte la refracción se manifiesta por un achatamiento ostensible de su disco debido a que la luz de su borde superior se refracta algo menos que el de la zona inferior. La posición del Sol poniente también se ve notablemente alterada, pues para este instante se produce un desplazamiento vertical de medio grado, que es precisamente la dimensión aparente del Sol. Es decir, que cuando el borde inferior del Sol toca el horizonte, realmente ya se ha puesto. El disco solar se puede distorsionar si en la línea visual existe una gran superficie caliente o una capa de inversión térmica. Las formas de estas distorsiones varían con las alteraciones de la temperatura del aire [Casado y Serra-Ricart, 2013: 67-68].

Durante el crepúsculo, son habituales los rayos crepusculares que aparecen en el cielo como un haz de rayos convergentes en el horizonte. Se deben a luz solar difundida que hay entre las sombras proyectadas en el cielo por grandes nubes o montañas a cientos de kilómetros más allá del horizonte. La perspectiva hace

que presenten un aspecto de abanico desplegado. Para que se produzcan rayos crepusculares el objeto proyectado tiene que ser lo suficientemente grande para que su sombra alcance el cielo sobre el horizonte del observador. El objeto que genera los rayos crepusculares debe situarse sobre la zona de separación entre el día y la noche (terminador), interceptando la luz rasante a la superficie de la Tierra.

DERECHA

El Sol por debajo del horizonte proyecta su luz crepuscular que ilumina al volcán Iztaccíhuatl que dibuja su sombra en la atmósfera, conforme se aparta del Sol la figura se distorsiona para el 21 de enero de 2009 (acervo fotográfico del autor).



El caso opuesto a la observación de los rayos crepusculares sería situarse en la cima de una gran montaña en el instante en que el Sol se encuentra en el horizonte. Entonces se puede ver la sombra de la montaña proyectándose hacia el punto antisolar cuyo vértice coincide con este punto antisolar. La montaña proyecta su perfil orográfico un tanto distorsionado por la convergencia, efecto de la perspectiva [ibidem: 75-77].

DERECHA

El Nevado de Toluca proyecta su sombra denotando su punto antisolar sobre el valle teniendo como testigo a la Luna, fotografía del autor, diciembre 25 de 2018.



En el ámbito de los fenómenos ópticos con sus respectivas distorsiones, seguramente el lector ha sido testigo de que la Luna o

el Sol parecen de mayor tamaño durante el amanecer y el ocaso en comparación con el resto del día o la noche. Es una ilusión en la que objetos parecen mayores a baja altura y menores a gran altura, pero esta distorsión no se debe a la refracción cuando los objetos están bajos en el horizonte, la refracción provoca que se perciban elípticos a baja altura, pero no afecta en su tamaño aparente. Tampoco se debe que cerca del horizonte haya objetos de referencia, ya que en el desierto sucede lo mismo y no hay con qué comparar el tamaño aparente del Sol o la Luna. Todo se debe a la micropsia[261] y la macropsia[262] oculomotora. Cuando un objeto está en el horizonte, la sensación es que está lejano y los ojos se enfocan a una distancia mayor a la del objeto (macropsia) lo que provoca la ilusión de que el objeto tiene un tamaño mayor. Cuando está alto en el cielo, vemos el vacío, iluminado durante el día o con objetos pertenecientes al espacio profundo (estrellas) durante la noche. En ambos casos sucede algo parecido a cuando estamos a obscuras, los ojos tienden a enfocarse a corta distancia. Luego, en el caso de un objeto alto en el cielo, los ojos se enfocan a una distancia menor (micropsia) dando como resultado la ilusión de tamaño aparente menor. Esto hace que, en general, tengamos una visión aplanada de la esfera celeste. Esta ilusión no sólo se da con el Sol y la Luna, también las constelaciones parecen más grandes cuando están a baja altura.



IZQUIERDA

La ilusión de la Luna o el Sol de mayor tamaño durante el amanecer o el ocaso. Parecen de magnitud diferente, pero son iguales. Puede comprobarlo.

Es interesante apuntar que, en nuestra percepción de la Luna, cuando es plenilunio, el brillo alcanza el máximo, casi tanto

261 La micropsia, o síndrome de *Alicia en el País de las Maravillas*, es un trastorno neuropsicológico que distorsiona la percepción visual, consiste en percibir los objetos más pequeños de lo que realmente son.

262 La macropsia es un desorden neurológico que afecta la percepción visual, haciendo que los objetos sean percibidos más grandes de lo que son en realidad son, es inversa al síndrome de la micropsia.

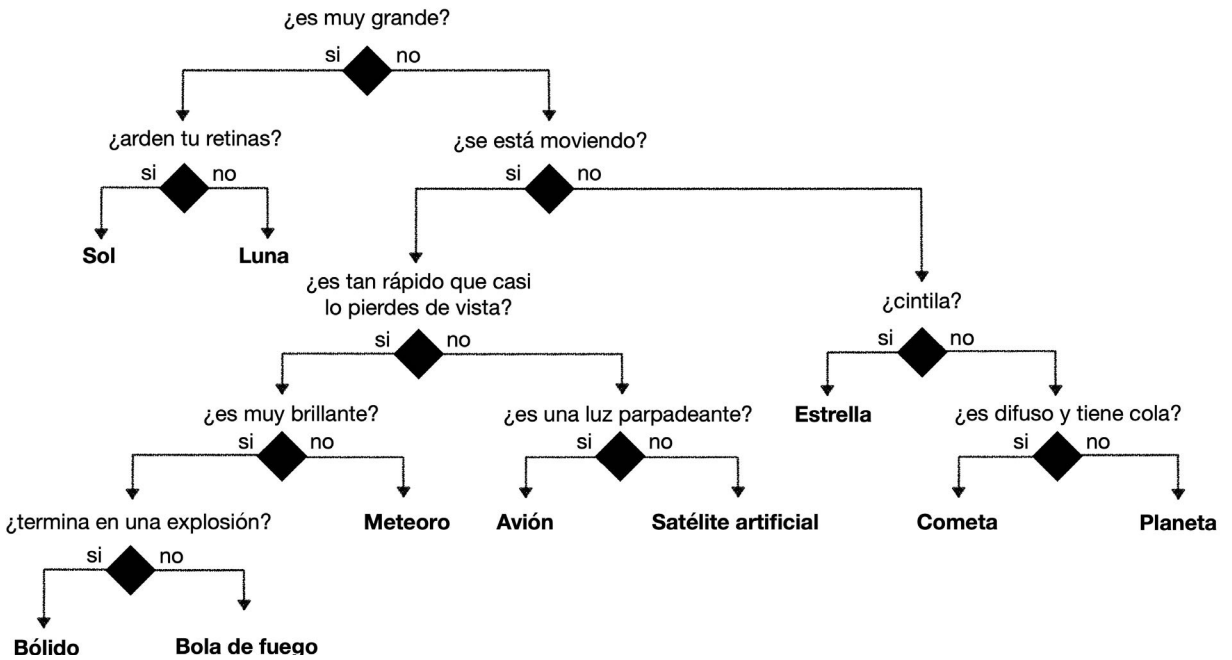
como si la superficie de la Luna fuera regular, a este fenómeno se le conoce por abrillantamiento de oposición, y ocurre también con el planeta Marte, que posee una superficie visible irregular.

Al cierre de esta edición se registraron movimientos telúricos en el país afectando la región centro, en la Ciudad de México (septiembre de 2022), no fueron pocos los ciudadanos que fueron testigos de extrañas luces en el cielo, este fenómeno dramático, porque acontece en momentos de crisis y que sólo es perceptible durante la noche o al crepúsculo, se origina cuando una onda sísmica en una región volcánica golpea estructuras geológicas como el basalto, este tipo de roca presenta diferencias en los cristales que la componen, al friccionarse por el movimiento telúrico producen descargas eléctricas que se disparan a la atmósfera a gran velocidad, se considera que en sólo el 1 % de los temblores se registra este fenómeno que se denomina triboluminiscencia.

ABAJO

¿Cómo identificar esa luz en el cielo?

Para cerrar este apéndice, un diagrama que ayuda al lector a identificar los objetos más comunes en el cielo.



Apéndice E. Los trabajos de iTiO por México y el mundo

Por todo el mundo las evidencias se multiplican. Lo que antes era una especialidad cuestionada por escépticos prejuiciosos y

mal informados, hoy es un tema que acapara la atención de los medios de comunicación dedicados a la cultura científica. Si bien es cierto que muchos advenedizos se aprovechan de la ingenuidad del público y presentan disparatadas historias merecedoras de un programa de fantasías absurdas como la serie de televisión *Alienígenas Ancestrales* de History Channel; lo mejor es guardar distancia de esas propuestas, y seguir los pasos de las academias que, apegadas a una estricta metodología, han publicado trabajos que han despertado un creciente interés en la antropología por la astronomía de las sociedades antiguas.

En iTiO hemos seguido la experiencia de connotados investigadores que de manera sistemática han realizado contribuciones a la arqueoastronomía, animados por estos avances actualmente realizamos trabajos de medición en diferentes sitios arqueológicos de México y el mundo.

ABAJO

Con el Sol como guía dentro del templo de Kukulkán en Chichén Itzá, el equipo de iTiO durante el paso cenital del astro el 23 de mayo de 2012.



Las investigaciones realizadas en México, Sudamérica y Asia por iTiO han centrado su atención en el estudio arqueoastronómico de las siguientes regiones y sitios arqueológicos, de los cuales ya hemos realizado las publicaciones correspondientes que se refieren en la columna de derecha y se encuentran disponibles en el portal academia.edu < https://conacyt.academia.edu/ArturoMontero>:

Sitio arqueológico y/o región		Publicación
Alta Vista	2013	«Apuntes sobre Alta Vista en Chalchihuites, Zacatecas», en *Cuicuilco*, número 56, pp. 95-126, Escuela Nacional de Antropología e Historia, México, D. F.
	2016	«Notes about Alta Vista in Chalchihuites, Zacatecas», en *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, número 47, pp. 37–50, Instituto de Astronomía, UNAM, México, D. F.
Altiplano Central	2004	*Atlas arqueológico de la alta montaña mexicana*, editado por la Comisión Nacional Forestal, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F.
	2004	«Altas montañas y calendarios de horizonte en Mesoamérica», en *Etno y arqueoastronomía en las Américas*, pp. 147-159, coord. por M. Boccas, J. Broda y G. Pereira, Memorias del Simposio ARQ-13 del 51° Congreso Internacional de Americanistas, Santiago, Chile.
	2012	*Matlalcueye. El volcán del alma tlaxcalteca*, Secretaría de Educación Pública del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, México.
	2020	«Los adoratorios de la alta montaña a través de un modelo digital 3D», en *Diálogos con la historia ambiental*, pp. 63 - 98, coordinado por Margarita Loera y Ramsés Hernández, INAH, Ciudad de México.
	2020	*Cocotzin: Nuestra Señora de Los Remedios*, iTiO Ediciones, Ciudad de México.
Andes septentrionales	2010	*En el vértice del Ecuador*, editado por Ipan Tepeme Ihuan Oztome, México, D. F.
Cantona, Puebla	2014	«Primeros apuntes para el estudio arqueoastronómico de Cantona, Puebla», en *Arqueología*, número 48, pp. 123-136, INAH, México, D. F.
Cerro Papayo[263]	1997	«Cerro Papayo: An astronomical, calendrical and traditional landmark in ancient Mexico», en *Proceedings of the IV European Society for Astronomy and Culture Meeting, Astronomy and culture*, pp. 165-172, coordinado por Ascheck y Barandela, Universidad de Salamanca, España.
Cerro Tepeyac[264]	2000	«El Tepeyac: un sistema de observación astronómica en el México antiguo», en *Tepeyac, Estudios históricos*, pp. 43-54, coordinado por Carmen Aguilera y Arturo Montero, Editorial Mexicana del Tepeyac, S.A., México, D. F.
Chichén Itzá	2014	«El Castillo en Chichén Itzá. Un monumento al tiempo», en *Arqueología mexicana*, mayo 2014, núm. 127, pp. 80-85.[265]
	2014	«Astronomía, geometría y arquitectura en Chichén Itzá», en *Revista Inclusiones*, Universidad de Los Lagos, Santiago de Chile, vol. 1, número 2, abril - junio de 2014, pp. 113-132.
	2013	*El sello del Sol en Chichén Itzá*, editado por la Fundación Armella Spitalier, México, D. F.
	2016	«El sello del Sol en Chichén Itzá», en *Iberoamericana*, vol. 37, núm. 1, pp. 1 – 10, Tokio, Japón.
	2016	*Chichén Itzá. Arquitectura, geometría y astronomía*, iTiO Ediciones, Ciudad de México.
	2016	«Astronomía, arquitectura y cavernas», en *El papel de la arqueoastronomía en el mundo maya...*, pp. 85-109, coordinado por la Oficina de la UNESCO en México, México, D. F.
	2016	«Astronomy, Architecture and Caverns», en *The Role of Archaeoastronomy in the Mayan World ...*, pp. 85 -109, coordinated by the UNESCO Office in Mexico, México, D. F.
	2017	"La arquitectura maya y su armonía con el cielo", en "Paisajizando el ambiente", pp. 81-116, compilación de Luz Elena Claudio García y Roberto Novelo González, Academia Mexicana del Paisaje, A. C., Zapopan, México.

263 En coautoría con Carmen Aguilera y Jesús Galindo.
264 En coautoría con Jesús Galindo.
265 En coautoría con Jesús Galindo y David Wood.

Sitio arqueológico y/o región		Publicación
China	2012	«Ciencia y evangelización. Los instrumentos del cielo», en *Boletín Informativo del Centro de Investigación e Innovación Educativa de la Universidad del Tepeyac*, número 1, pp. 8-10, marzo de 2012, México, D. F.
	2012	«Ciencia y evangelización. Una ejecución inminente», en *Boletín Informativo del Centro de Investigación e Innovación Educativa de la Universidad del Tepeyac*, número 2, pp. 11-14, mayo de 2012, México, D. F. 2012
Cholula	2008	«Apuntes al Mapa de Cuauhtinchan II desde la geografía simbólica», en *Mapa de Cuauhtinchan II, entre la ciencia y lo sagrado*, pp. 91-144, editado por la Mesoamerican Research Foundation, México, D. F.
Japón	2015	«Los pueblos del Sol», en *Todo sobre el Espacio*, número 4, pp. 92-95, editorial Raíces, México, D. F.
	2016	«Los volcanes del Sol», en *Perspectivas etnográficas e históricas sobre as astronomias*, pp. 48 - 76, editado por el Museu de Astronomia e Ciências Afins, 1a Edição, Brasil.
Monte Tláloc	2012	«La Fiesta del Agua», en *Monte Tláloc II. La Casa del Dios del Agua*, pp. 137-172, editado por el Gobierno del Estado de México y la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.[266]
	2020	"Los adoratorios de la alta montaña a través de un modelo digital 3D" en *Diálogos con la historia ambiental*, pp. 63-98, coordinado por Margarita Loera y Ramsés Hernández, INAH, Ciudad de México.
Volcán Nevado de Toluca	2009	«Arqueoastronomía», en *Las aguas celestiales. Nevado de Toluca*, pp. 68-79, editado por el INAH, México, D. F.
Volcán La Malinche	2012	*Matlalcueye. El volcán del alma tlaxcalteca*, Secretaría de Educación Pública del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, México.
	2011	«Montañas y astros: una conjunción trascendente», en *Legado astronómico*, pp. 153-170, coordinado por Daniel Flores, Margarita Rosado y José Franco, editado por el Instituto de Astronomía de la UNAM, México, D. F.
Volcán Pico de Orizaba	2020	"Los adoratorios de la alta montaña a través de un modelo digital 3D" en *Diálogos con la historia ambiental*, pp. 63 - 98, coordinado por Margarita Loera y Ramsés Hernández, INAH, Ciudad de México.
Volcanes Popocatépetl e Iztaccíhuatl	2014	«Arqueología e historia», en *Los volcanes de Puebla*, en prensa para el Gobierno del Estado de Puebla y editorial Lumberg, México, D. F.
	2011	«Apuntes arqueológicos para Amecameca y alrededores», en *Moradas de Tláloc. Arqueología, historia y etnografía sobre la montaña*, pp. 59-84, coordinado por Margarita Loera y Ricardo Cabrera, editado por la Escuela Nacional de Antropología e Historia y la Dirección de Estudios Históricos del INAH, México, D. F.
	2012	*Matlalcueye. El volcán del alma tlaxcalteca*, Secretaría de Educación Pública del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, México.
	2016	«Los volcanes del Sol», en *Perspectivas etnográficas e históricas sobre as astronomias*, pp. 48-76, editado por el Museu de Astronomia e Ciências Afins, 1a Edição, Brasil.
	2020	«Los adoratorios de la alta montaña a través de un modelo digital 3D», en *Diálogos con la historia ambiental*, pp. 63-98, coordinado por Margarita Loera y Ramsés Hernández, INAH, Ciudad de México.
Xochitécatl - Cacaxtla	2009	«El volcán, la pirámide y los astros», en *Matlalcuéyetl: visiones plurales sobre cultura, ambiente y desarrollo*, vol. I, pp. 283-303, editado por el CONACYT, El Colegio de Tlaxcala y Mesoamerican Research Foundation, Tlaxcala, México.
	2012	*Matlalcueye. El volcán del alma tlaxcalteca*, Secretaría de Educación Pública del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, México.
	2016	*Explorando Cacaxtla y alrededores*, Secretaría de Educación Pública del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

266 En coautoría con Rubén Nieto y Rodrigo Paredes.

Cursos impartidos por iTiO para fomentar la astronomía cultural entre especialistas y estudiantes universitarios, independientemente de multitud de ponencia, sobre todo las teleconferencias durante el confinamiento social por la epidemia de Covid-19:

2009, Unidad Académica de Antropología, Universidad Autónoma de Zacatecas.
2009, Observatorio Astronómico de Quito y la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador.
2010, Facultad de Antropología de la Universidad Veracruzana.
2012, Facultad de Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán.
2013, Instituto Zacatecano de Cultura.
2014, GoNatural, Quinta Roo.
2014, Diplomado, Universidad del Tepeyac.
2015, Curso en la Sociedad Mexicana de Astronomía, Distrito Federal.
2021, Seminario de astronomía prehispánica, Alcaldía de Iztapalapa.
2022, Seminario de astronomía prehispánica, Alcaldía de Iztapalapa.

En el ámbito internacional también hemos realizado investigaciones con el ánimo de ampliar y evaluar los conceptos teóricos que compartimos sobre Mesoamérica en el pasado. En los siguientes apartados compartimos la experiencia en el extranjero.

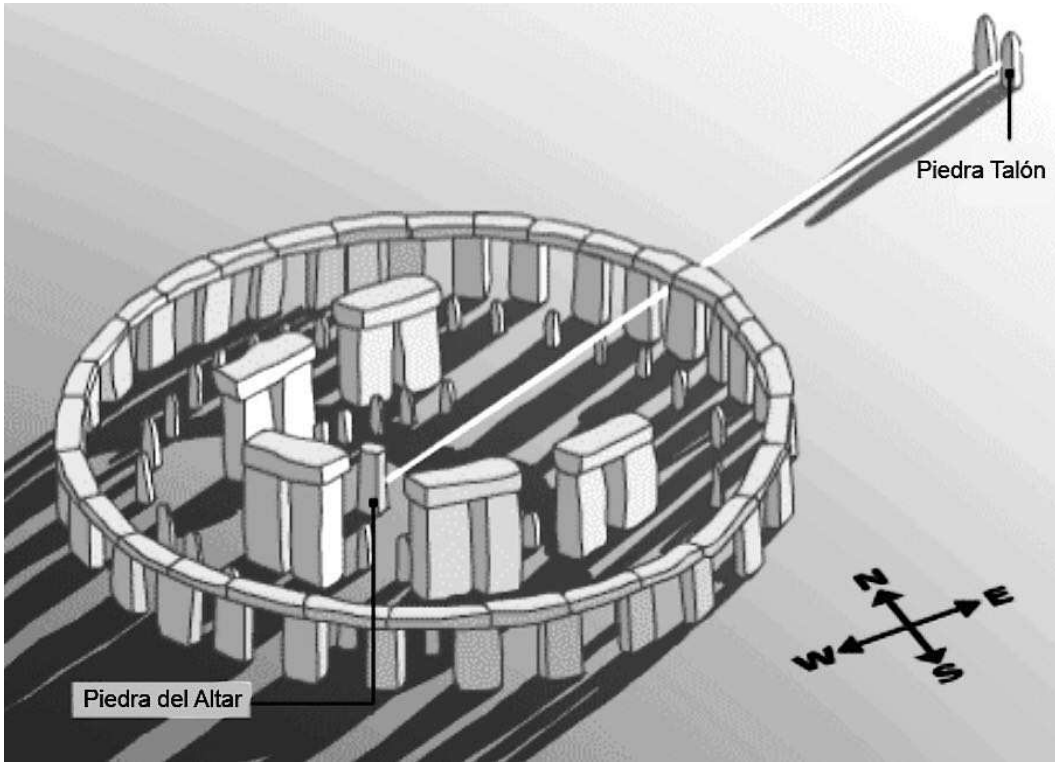
Stonehenge, Reino Unido

Stonehenge es un sitio arqueológico inscrito en la *Lista del Patrimonio de la Humanidad*, fue erigido hace 5000 años en el actual condado de Wiltshire, Inglaterra. Stonehenge está constituido por grandes bloques de piedra distribuidos en cuatro circunferencias concéntricas. La exterior, de treinta metros de diámetro, está formada por grandes piedras rectangulares de arenisca que, originalmente, estaban coronadas por dinteles, también de piedra, quedando hoy en día sólo siete en su sitio. Dentro de esta hilera exterior se encuentra otro círculo de bloques más pequeños de arenisca azulada. Éste encierra una estructura con forma de herradura construida con piedras del mismo color, en su interior permanece una losa conocida como "Piedra del Altar". Cerca se halla la "Piedra del Sacrificio" y enfrente se encuentra

la "Piedra Talón". Una persona al pie de la "Piedra del Altar", observando hacia la "Piedra Talón" podía observar con gran exactitud el sitio por donde sale el Sol para el solsticio de verano, justamente atravesando el eje de la edificación, lo que hace suponer que los constructores tenían conocimientos eficientes de astronomía. Sobre este eje de simetría se han encontrado multitud de huesos de animales y objetos que dan evidencian de rituales ahí celebrados.

ABAJO

Planta hipotética de Stonehenge en relación de su alineación con el solsticio de verano para el amanecer.

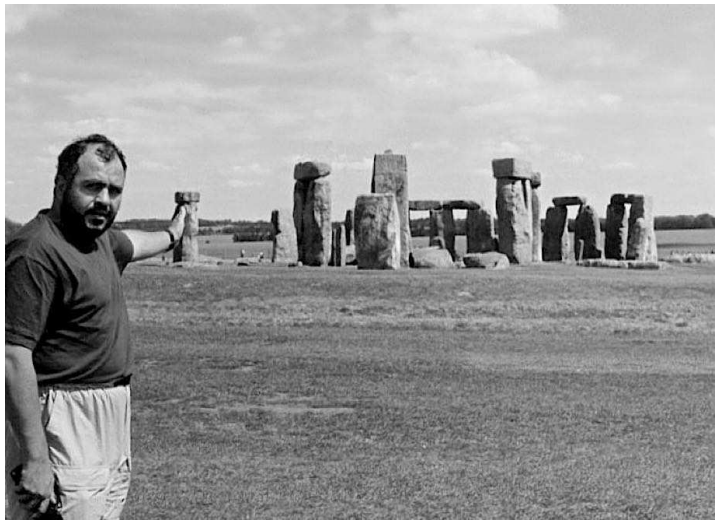


El exterior está compuesto de un gran círculo de grandes megalitos cuya construcción se fecha hacia el año 2500 a. C. El círculo de arena que rodea los megalitos es considerado la parte más antigua del monumento, habiendo sido datada para el año 3100 a. C. El monumento tomó su aspecto con la transportación de 32 bloques de arenisca desde las montañas de Preseli, al suroeste de Gales, por su parte la piedra del "Altar" fue traída desde una región cercana a Milford Haven. Se especula actualmente con la posibilidad de que se hubieran movido utilizando cojinetes de madera a modo de rodamientos.

La finalidad que tuvo la construcción de este gran monumento se ignora, pero se supone que se utilizaba como templo religioso, monumento funerario y lo que le ha dado más relevancia como observatorio astronómico que servía para señalar las estaciones del año.

DERECHA

Desde el siglo pasado (1997) nos interesábamos por la arqueoastronomía, así que la vista a Stonehenge se hacía obligada para considerar la orientación astronómica de las culturas neolíticas.



Samaipata, Bolivia

En el año 2002 en compañía de la arqueóloga Lourdes López vistamos Samaipata, la generosa acogida de nuestros colegas bolivianos nos permitió reconocer el horizonte de este sitio arqueológico pudiendo calibrar nuestros instrumentos hasta el ocaso solar. Si bien es cierto que no llegamos a conclusiones trascendentes en términos arqueoastronómicos, la experiencia nos permitió evaluar la potencialidad de la región andina para nuestra disciplina.

DERECHA

A. Montero registrando el horizonte conspicuo en el Fuerte de Samaipata, Bolivia, 2002.



Entre el amplio público no especialista, Samaipata es célebre por las absurdas afirmaciones del charlatán Erich von Däniken respecto a que los diseños geométricos de dos surcos paralelos en la parte superior del gran monolito, se trataba de una rampa para el lanzamiento de naves extraterrestres.

Por nuestra parte, el emplazamiento ceremonial de Samaipata centró nuestra atención en el afloramiento de arenisca de 220 metros de largo por 60 de ancho que domina el sitio. En la superficie de este gran monolito se aprecian figuras talladas que representan aves, serpientes, pumas y jaguares; también se destacan formas geométricas, canales y depósitos de agua que sin duda cumplían una función ritual. Los diseños que cubren la roca son objeto de numerosas propuestas que consideran que bien pueden representar asterismos andinos en las figuras de los animales citados; por otra parte el paisaje conspicuo andino es aprovechado como un marcador de horizonte para registrar el aparente movimiento del Sol, la Luna y las estrellas, de tal suerte que se considera a Samaipata como un observatorio astronómico natural en el cual los primeros pobladores de tradición chané y luego los incas, lo emplearan para distinguir las fases de producción agrícola.

El área fue colonizada hacia el año 300 por los indios chané, para esa época fueron tallados los primeros petroglifos gigantes que ocupan la explanada que remata el monolito. Para el siglo XIV, los incas llegaron a una alianza con los chané, y fundaron una ciudad a la vera de la roca, constituyendo uno de los puntos de mayor expansión del poderío inca hacia el este. La presencia inca dejó sus huellas: en la sección sur del monolito se han registrado restos de habitaciones y una estructura rectangular que pudo estar consagrada al arco iris; en la porción superior se encuentran imágenes de dos cóndores que posiblemente sean las representaciones de Manco Capac y Mama Ocllo, los míticos fundadores del imperio andino, que se habrían detenido en Samaipata en su éxodo desde el Titicaca. A inicios del siglo XVI, los chiriguanos conquistaron las llanuras y valles de Santa Cruz destruyendo Samaipata y dominando la región hasta bien entrado el período colonial español. A mediados del siglo XVI, colonos españoles se apoderaron del área estratégica para la comunicación entre Asunción y Santa Cruz con los centros coloniales andinos de La Plata (Sucre) y Potosí donde se habían comenzado a explotar las minas de plata. Entonces se construyó un fuerte para detener a los chiriguanos, para 1618 con la fundación de la ciudad de Samaipata unos 6 km al oeste, el peñón perdió importancia militar y fue abandonado. En 1998, la UNESCO incluyó el Fuerte de Samaipata en la lista de lugares considerados Patrimonio de la Humanidad.[267]

267 El 6 de julio de 1967, la guerrilla a cargo del Che Guevara ocupó el pueblo de Samaipata.

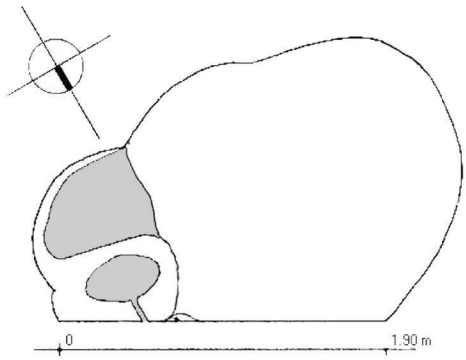
Cuevas pintadas de Guachipas, Argentina

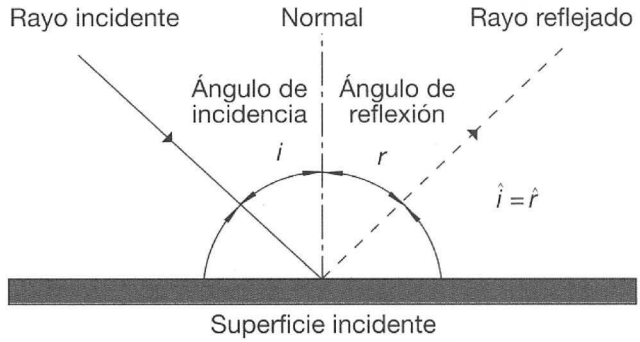
Guachipas se localiza a 135 km al sur de Salta, en la Cordillera Subandina con ocupación desde tiempos remotos [Santoni y Xamena, 1995]. El cerro Cuevas Pintadas de Guachipas, es un macizo rocoso constituido de areniscas roja-naranja a 1822 metros de altitud. Destaca en su ladera este y norte un conjunto de oquedades, que por sus dimensiones se trata de nichos y abrigos rocosos, aunque la denominación regional de estos últimos es la de aleros. Ambas geoformas no alcanzan una zona hipogea, y difícilmente se aprecian espacios endógenos. En total, se tienen contadas 33 oquedades, todas ellas con manifestaciones rupestres.

La cavidad objeto de estudio por parte de iTiO se ubica en el nivel superior del cerro, 5 metros por debajo de la cima, en la ladera norte. Es una pequeña oquedad de apenas 1.90 m de ancho por 80 cm de alto, su mayor desarrollo interior es de apenas 2.10 m. El nicho destaca de todo el conjunto cavernario por la simetría rectangular de la entrada, que posiblemente fue reafirmada por los usuarios del sitio. La espeleogénesis de la oquedad corresponde a la erosión propia de las areniscas, como sucede con las demás cavidades de la formación. El piso de la cueva comprende tres depresiones, dos de ellas permiten la formación de espejos de agua, en una de ellas es evidente la intervención antrópica. Destaca la ausencia de escurrimientos naturales, a lo mucho una filtración que corresponde a los estratos inferiores de la cueva, por lo que el llenado depende del agua salpicada durante la temporada de lluvia, o más bien, a un llenado intencional, como lo demuestra el hecho de que el estanque superior presenta un canal de desagüe que controla un nivel específico del líquido formando un óvalo de 23.8 x 34 cm. A esta oquedad dimos por nombre Cueva de la Reflexión, porque muestra su importancia al proyectar los rayos solares en su techo, gracias a la reflexión que se logra por los estanques ya mencionados. El fenómeno es perceptible durante la época del año en que el Sol alcanza su mayor inclinación con respecto al norte, lo cual sucede durante el otoño y el invierno. Para la observación es necesario que los estanques tengan suficiente agua para constituir un espejo, el cual no es perenne por la absorción de las areniscas y la evaporación por la insolación y ventilación. Ambas variables se conjugaron al medio día del 15 de abril del año 2000 cuando la cueva nos mostró su secreto, demostrado con ello el ingenio

y la imaginación de aquellos hombres del pasado que acondicionaron ese espacio.

Apreciamos que las aureolas del techo para abril alcanzan su máxima intensidad al mediodía. Por la alineación de la entrada de la cueva desviada 10º con respecto a la alineación E-W, el fenómeno de reflexión es apreciable casi todo el día hasta una hora antes del ocaso y una hora después del orto. Supongo que durante el solsticio de invierno la iluminación del recinto es más intensa. Sin embargo, el espejo superior marca un reflejo casi exacto sobre un conjunto de camélidos, quedando por calcular la fecha y hora de la armonización; por otra parte, el espejo inferior con una figura disforme en una de sus puntas parece tocar las líneas verticales de un conjunto pictórico que nos recuerda las formas matemáticas primigenias para la cuenta de los días.





ARRIBA

Izquierda, planta de la Cueva de la Reflexión, dibujo de Mario Lazarovich; derecha, diagrama del efecto de reflexión de la luz y el sonido sobre una superficie.

La reflexión como fenómeno físico es la propiedad del movimiento ondulatorio por la que una onda retorna al propio medio de propagación tras incidir sobre una superficie. Cuando una forma de energía como la luz o el sonido, ambos manifiestos en el nicho de estudio, se transmite por un medio y llega a un medio diferente, lo normal es que parte de la energía penetre en el segundo medio y parte sea reflejada. La reflexión regular (en la que la dirección de la onda reflejada está claramente determinada) cumple dos condiciones: el rayo incidente y el rayo reflejado forman el mismo ángulo con la normal (una línea perpendicular a la superficie reflectante en el punto de incidencia), y el rayo reflejado está en el mismo plano que contiene el rayo incidente y la normal. Los ángulos que forman los rayos incidente y reflejado con la normal se denominan respectivamente ángulo de incidencia y ángulo de reflexión. Las superficies rugosas reflejan en muchas direcciones, y en este caso se habla de reflexión difusa que sería el caso del sonido, ya que la cueva produce un efecto de eco, y en sí todo el sitio guarda esta propiedad.

La relación de la Cueva de la Reflexión con el cosmos no queda circunscrita únicamente al fenómeno de reflexión, sino que va más allá con la observación de la salida y puesta del Sol sobre el horizonte, es así como las montañas circundantes se convierten en un marcador que servía para ajustar el calendario.

El conjunto de cuevas pintadas de Guachipas, ha sido interpretado por Santoni y Xamena [1995] recurriendo a una cita de cita de Zorreguieta [1876], que menciona una crónica que corresponde al siglo XVII donde se resalta el culto al Sol en este sitio al que denominaban "El seno del Sol". En este sentido, se propone que la Cueva de la Reflexión fue utilizada como un marcador astronómico durante la época prehispánica. Indicando fenómenos naturales y fechas importantes en su calendario. La cueva señalaba para ellos el camino aparente del Sol en el horizonte norte, cuando alcanza su máxima inclinación entre el otoño y el invierno. Este hecho podría definir un escenario celeste utilizado en el pasado para resaltar la importancia de eventos de diversa naturaleza como las actividades pastoriles y en mucho menor proporción las agrícolas, como lo demuestra los reiterativos motivos de camélidos. Los procesos productivos nos llevan a considerar la importancia de las llamas como animal doméstico sobre los demás camélidos como los guanacos, y la alpaca; y no tanto las vicuñas que son propias de la puna alta. Suponemos que llamas, guanacos, y en menor proporción alpacas recurrían a este valle cuando se agotaban las pasturas en cotas superiores o en períodos de crudos inviernos. El hombre andino como observador cuidadoso de la naturaleza desarrolló técnicas astronómicas para seguir el movimiento de los astros, y así mantener la concordia de su calendario. La utilización de una cueva, el efecto de refracción de la luz y el uso de los accidentes de horizonte para calibrar el calendario solar fue una tarea necesaria para conservar la sucesión correcta de las actividades pastoriles regidas por el ritual religioso que exige un momento justo, señalado por circunstancias climáticas naturales.



DERECHA

Trabajos arqueológicos y de registro ambiental al exterior del nicho denominado *Cueva de la Reflexión* realizados por el equipo de investigación argentino-mexicano en el año 2000.

Los Andes septentrionales, Ecuador

Durante la *Expedición 0°φ / 0°C* al Ecuador en el año 2009, iTiO realizó trabajos de arqueoastronomía en el volcán Cayambe, pues se considera que esta gran montaña que se eleva sobre el ecuador terrestre en los Andes septentrionales se constituyó como punto prominente e ineludible para la observación del cielo en la antigüedad.

Durante el amanecer de cualquier equinoccio, el Sol aparece semejante en todo el mundo, por el oriente en el z 90°, pero a diferencia de otras latitudes, sobre el ecuador se eleva de manera recta y no oblicua, realiza una trayectoria perfecta en la orientación este-oeste a través de la bóveda celeste, su "camino" por el ecuador desde hace milenios es de la misma sincronía, y nos preguntamos si esta particularidad dotó a esta región de los Andes de una categoría simbólica trascendental con referencia a otras culturas prehispánicas del continente, pues el día del equinoccio en el ecuador corresponde al paso cenital del disco solar. Seguramente los pueblos prehispánicos se percataron de lo singular de esta región y adecuaron sus asentamientos, aún antes de que a los incas les pareciera relevante, como se demuestra con la cita del año 1609 del Inca Garcilaso de la Vega en su obra *Comentarios Reales de los Incas*, capítulo XLVIII:

> También alcanzaron los equinoccios y los solemnizaron muy mucho [...]. Y es de notar que los reyes incas y sus amautas, que eran los filósofos, así como iban ganando las provincias, iban experimentando que cuanto más se acercaban a la línea equinoccial, tanto menos sombra hacia la columna del mediodía, por lo cual fueron estimando más y más las columnas que estaban cercanas de la ciudad de Quito; y sobre todas las otras estimaron las que pusieron en la misma ciudad [...], donde por estar el sol a plomo, no hacía señal de sombra alguna al medio día. Por esta razón las tuvieron en mayor veneración, porque decían que aquéllas eran asiento más agradable para el sol, porque en ellas se asentaba derechamente y en las otras de lado.

Desde la ciudad de Quito, el Sol se levanta para el solsticio de junio sobre el volcán Cayambe, si la observación la hacemos desde el histórico cerro El Panecillo, el hecho es aún más trascendental debido a la cita del padre Juan de Velasco [1981: 10-11]:

> Quito tenía dos templos. El uno dedicado al sol y el otro a la luna y a las estrellas. El del sol, que ocupaba el pequeño plano

> en las cumbres del panecillo [...]. Fue muy obstante muy célebre este templo, por sus observatorios astronómicos adjuntos, a que eran muy dados sus reyes. Se reducían estos a dos bien fabricados y altas columnas, a los dos lados de la puerta, los cuales eran perfectos Gnomones, para observar los dos solsticios en que se hacían las dos fiestas principales del año. En torno de la plaza del templo, estaban otras doce pequeñas columnas, o postes de piedra que indicaban los 12 meses del año, y cada uno señalaba, con la sombra, el principio del mes que le correspondía.

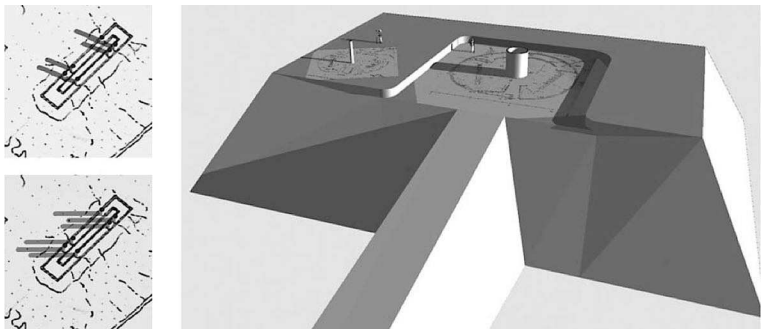
Retomando el caso que nos ocupa, todo parece apuntar que la prominente altura del Cayambe cercano a los seis mil metros, su ubicación sobre la línea equinoccial, y su valor nominativo para una región y una etnia no fueron suficientes para elegirlo un marcador de horizonte solar durante el equinoccio, aunque tal vez si lo fue para el solsticio de junio. Cabe la suposición que su función no fue equinoccial con respecto al Sol. Pero esto no significa que los conocimientos astronómicos de los antiguos pobladores de la región fueran precarios. Por el contrario, los recientes trabajos de Adolfo Holguín [2009], apoyados en fuentes históricas y en modelos digitales, demuestran la erudición alcanzada en Cochasquí y que sin duda fue compartida en Puntachil.

Puntachil comprende dos pirámides enfrentadas la una a la otra acompañadas por diminutas *tolas* que al parecer tenían rampas. La pirámide más grande se llama Pirámide del Sol y la pequeña, Pirámide de la Luna. El emplazamiento se utiliza todavía para celebrar el solsticio de verano conocido como Fiesta del Sol, en ocasiones con el nombre inca de Inty Raymi, o también conforme al santoral católico como la fiesta de san Pedro.

Por los estudios de Holguín [ibidem], encontramos que los pueblos andinos de la región tenían plena conciencia de su ubicación equinoccial, de ahí la construcción de las pirámides de Cochasquí, pero este concepto no debe ser interpretado desde el punto de vista geográfico actual del ecuador para un planeta esférico, sino como el conocimiento empírico que poseían sus habitantes, principalmente la clase gobernante, de que estos lugares mantenían una ubicación privilegiada en cuanto al movimiento regular y simétrico del Sol, lo cual era manifiesto en que los equinoccios coinciden con los días de verticalidad del Sol y dividen el año solar en un número igual de días y lunaciones; esta característica no es común en otras latitudes.

Al momento no contamos con evidencia arqueológica alguna para señalar al volcán Cayambe como un marcador natural de

horizonte utilizado por las culturas antiguas para el equinoccio [Montero, 2010: 143]. No obstante, debe entenderse que las construcciones de Puntachil y sobre todo Cochasquí fueron levantadas por una civilización consciente de la privilegiada ubicación geográfica de su asentamiento.



IZQUIERDA

Propuesta de Holguín [2009] para Cochasquí. Sobre la pirámide un cilindro, similar al que se levantó en Puntachil, a la izquierda detalle del piso de la pirámide destacándose la sombra proyectada por los gnómones: en la imagen superior para el solsticio de diciembre; abajo la proyección para el día de equinoccio.

Río Pecos, sureste de EE. UU.

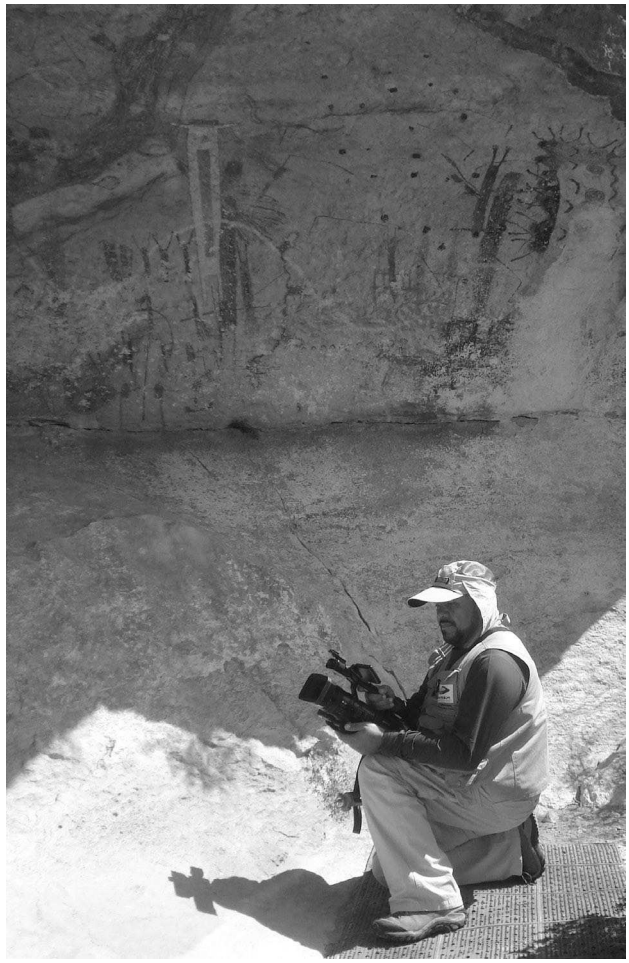
Cuatro fueron los sitios arqueológicos[268] visitados por iTiO en octubre de 2010 en la confluencia de los ríos Pecos, Diablo y Bravo, en EE. UU., gracias a la invitación de la organización Studying Human Use of Materials, Land, and Art (SHUMLA) y la asesoría de la arqueóloga Adriana Medina. La intención fue estudiar desde la propuesta arqueoastronómica las pinturas rupestres plasmadas en cinco abrigos rocosos.

De las cuatro cuevas tres llamaron nuestra atención para una futura investigación: la primera Mystic Shelter cuenta con una amplia "ventana" en dirección del hemisferio sur celeste, posiblemente durante los solsticios y equinoccios las pinturas tenían la intención de articular sus motivos con las constelaciones; para la cueva Cedar Spring, se hace necesario realizar el cálculo para la salida del Sol sobre un corte del horizonte conspicuo, el cual es acompañado por dos peñascos lo cual parece muy significativo, es posible que se esté resaltando una fecha prominente que difiere de solsticios y equinoccios; finalmente, para la cueva White Shaman, considero es indispensable realizar el comportamiento de sombras y luces para el equinoccio, así como registrar el ocaso para ese mismo día, pero con atención en diferenciar entre el equinoccio medio y el astronómico.

268 Cedar Spring (VV692), Fate Bell (41B74), White Shaman (41BB124), y Mystic Shelter (VV612), todos en Texas, EE. UU.

DERECHA

En la imagen el autor registra en video las pinturas rupestres del abrigo rocoso conocido como White Shaman. La arqueología de la región muestra una relación consecuente entre un período de gran sequía y el arte rupestre en *Lower Pecos Style* para el año 2500 a. C. También se presume la posibilidad de que estos motivos estuvieran orientados a las posiciones extremas del Sol y la Luna.



Templos, palacios y calendarios en China

El nombre de Ciudad Prohibida se traduce del chino *Zǐjìn Chéng*, como "Ciudad Púrpura Prohibida", este es un nombre significativo, porque púrpura se refiere a la Estrella Polar. En la antigua astrología, era la casa del Emperador de Jade, este emperador era el gobernante del cielo y uno de los principales dioses del taoísmo. Así que admitían una sincronía entre el Emperador de Jade que regía el cielo, con el emperador terrenal que gobernaba sobre todos los aspectos de sus súbditos. Esta cosmovisión posiblemente explica por qué el eje de la ciudad apunta al norte, como lo destaca la Vía Imperial, aunque según los cálculos realizados por iTiO en el año 2011, está desviada en 2º 15' al oeste, posiblemente obedeciendo a la desviación magnética del momento de su construcción. Pues bien, esta vía atraviesa la ciudad por el centro y determina su ejecución como un gran cuadrángulo

con sus principales puertas orientadas a cada uno de los puntos cardinales.

A unos cuantos kilómetros de la Ciudad Prohibida, encontramos el Templo del Cielo, de este conjunto arquitectónico, el principal edificio es el Salón de la Oración por la Buena Cosecha, fue construido de manera tradicional utilizando tan sólo madera de sándalo, evitando el uso de clavos y armaduras metálicas. El techo, que se alza a 33 m de altura, está sostenido por 28 columnas, las cuatro centrales simbolizan las estaciones del año, a su alrededor, las restantes están dispuestas en dos círculos concéntricos, representan en conjunto los 24 períodos climáticos del año lunar según el antiguo calendario chino. También se pueden interpretar las 12 columnas interiores como la representación de los meses del año; y las 12 del exterior como la división en 12 partes que se hacía del día en el pasado. Por su parte el Altar Circular, es una plataforma realizada en mármol blanco compuesta por tres niveles. En el centro del piso superior hay una losa circular denominada Piedra de Corazón del Cielo, muy apreciada por los visitantes que acostumbran a sentarse en ella para obtener buena fortuna, a su alrededor se manifiestan nueve círculos de losas en forma de abanico que representan los nueve niveles del cielo. Por su parte, cada tramo de las escaleras que conducen a lo alto de la plataforma, están formadas por 9 peldaños que hacen alusión al emperador. La acústica especial del lugar permite que, si alguien habla desde el centro de la plataforma, puede ser escuchado en todos los ángulos del altar [Montero, 2012a].

Desde el siglo VIII a. C., la observación detallada del cielo sirvió para elaborar un calendario eficiente desde una ordenación lunisolar, su función era agrícola, pero al mismo tiempo tenía aplicaciones astrológicas. En China, los calendarios cambiaban entre cada dinastía, para el siglo XVI d. C., se encontraban desfasados, no obstante la ancestral erudición que se remontaba a varios milenios en el pasado.[269] Para el siglo XVII d. C. las aportaciones de los jesuitas sustentados por su conocimiento de las *Leyes de Kepler* para reformar el calendario chino fueron fundamentales. Los jesuitas llevaron consigo ideas novedosas. Las teorías europeas del movimiento de la Luna y los planetas, así como las técnicas algebraicas y geométricas permitieron mejorar las predicciones de eclipses y la posición de los planetas. La predicción

269 La astronomía en China se remonta al Neolítico, evidencia la tenemos en la montaña Baimiaozi (350 km al NE de Pekín), donde se ha registrado un petrograbado con la talla de 19 estrellas, su posición es consistente con la distribución que tenía la Osa Mayor hace 10 mil años.

de un eclipse de Sol el 21 de junio de 1629 permitió comparar los métodos tradicionales chino, musulmán y el nuevo método occidental. Xu Guangqi, un converso cristiano y oficial de alto rango, demostró la eficiencia del método occidental. En noviembre de ese mismo año se instituyó una *Oficina del Calendario*. Xu Guangqi, reunió a más de 50 sabios y astrónomos chinos, la mayoría de los cuales eran cristianos o acabaron convertidos al cristianismo, para llevar a cabo la reforma más ambiciosa del calendario que no se emprendía desde la dinastía Yuan en el siglo XIV. En 1664, el astrónomo chino Yang Guangxiang, publicó un panfleto contra los jesuitas, retó a Johann Adam Schall von Bell, a una competición astronómica. Yang Guangxiang se alzó vencedor y se hizo con el puesto de director de astronomía, con la ayuda de otros enemigos del jesuita, conspiró contra él acusándolo ante la corte imperial de enseñar matemáticas, astronomía y religión falsas, Schall y sus asistentes fueron conducidos a prisión donde los ataron a troncos de madera de tal forma que no podían sentarse ni tampoco permanecer de pie [Montero, 2012b]. Tras dos meses de cautiverio fueron condenados a la horca, pero el tribunal decidió que la condena era demasiado suave y ordenó que los acusados fueran cortados en pedazos todavía vivos. Afortunadamente la mañana de la ejecución un tremendo terremoto sacudió la ciudad y algunas partes del Palacio Imperial resultaron destruidas. La prisión donde se encontraba Schall y sus ayudantes también se vio afectada. Además, se había visto un extraordinario meteoro en el cielo y un incendio destruyó parte del Palacio Imperial donde se dictó la condena. La corte interpretó este acontecimiento como un aviso del cielo, liberaron a los jesuitas, pero ejecutaron a los ayudantes chinos y cerraron las iglesias cristianas [Montero, 2012b]. Excepto Schall, Verbiest y otros dos colaboradores, los demás jesuitas fueron exiliados a Cantón. Schall von Bell murió poco tiempo después, el 15 de agosto de 1666 a la edad de 75 años, debido a las horribles condiciones padecidas durante su encierro. Tras su muerte, el emperador Kangxi restituyó los títulos honoríficos del jesuita, expulsó a Yang Guangxiang quien después fue ejecutado como lo sería Schall, y nombró a Ferdinand Verbiest, otro jesuita, director del observatorio.[270]

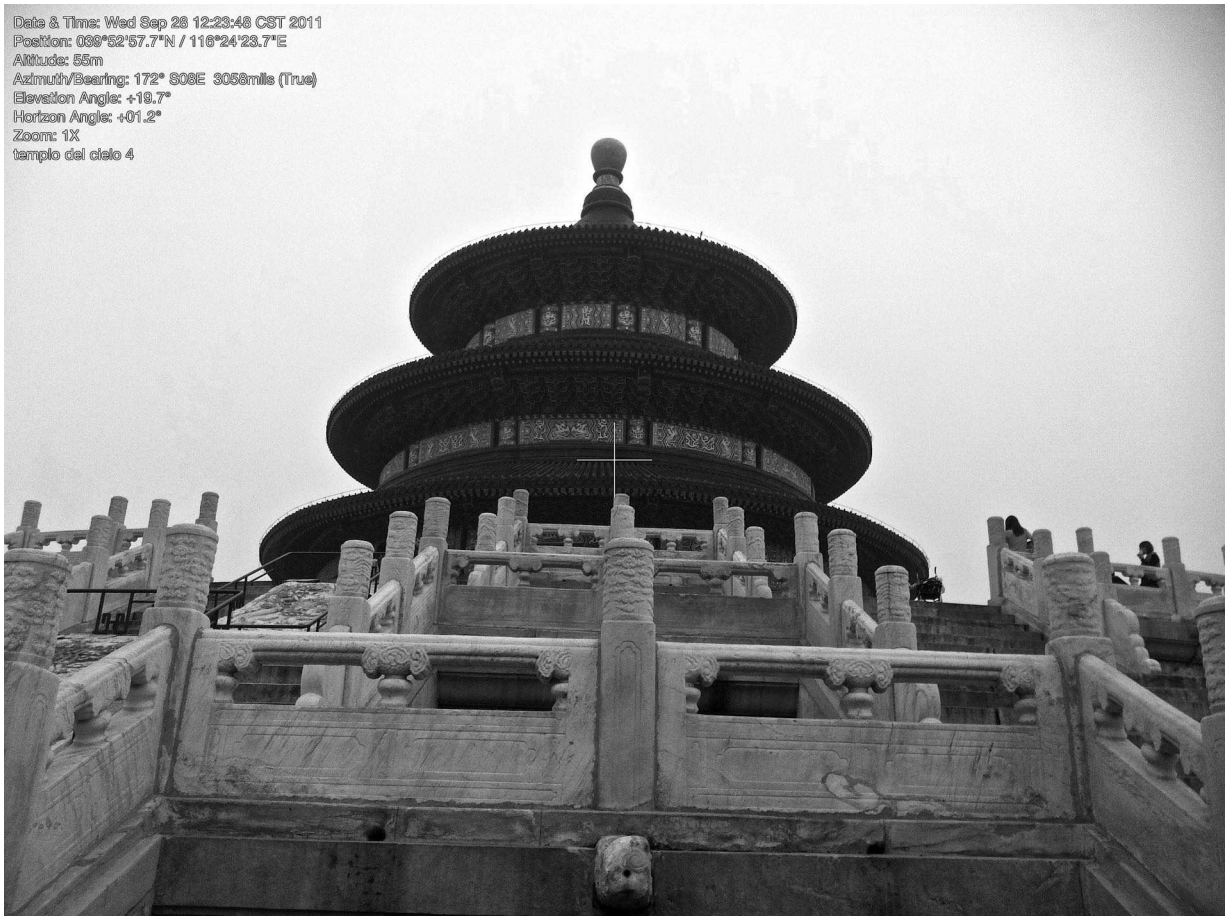
La tradición geomántica de Pekín llega hasta nuestros días con sus fastuosas construcciones: la Ciudad Prohibida y el Templo del Cielo, encuentran en cada punto cardinal una asociación.

270 Estos datos han sido publicados por Paco Bellido, 2009. En línea, junio 2014 < http://mizar.blogalia.com/historias/64574>.

Con el Templo del Cielo al sur (rojo), con la Luna al oeste (blanco), con el Sol al este (verde), y con la Tierra al norte (negro). A través de la Ciudad Prohibida, de la cual sorprendentemente al proyectar la Vía Imperial, nos conduce hasta la avenida principal del Parque Olímpico, demostrando cómo metafóricamente la tradición ancestral pervive y apunta a la modernidad. El simbolismo del Parque Olímpico no sólo está implícito en su orientación, también en su diseño que arremete desde la geometría orgánica con su característico Estadio Nacional que es un Nido de Pájaro. Con estos edificios Pekín se proyecta al futuro partiendo de un ordenamiento ancestral, que como cosmovisión urbanizada planteada desde el Templo del Cielo o la Ciudad Prohibida, llega hasta la admirable arquitectura de las Olimpiadas del año 2008. China nos demuestra que sigue inspirada en su nombre, "el país del centro del mundo", un *axis mundi* universal.[271]

ABAJO

Cálculos de azimut y elevación realizados por iTiO en el Templo del Cielo en el año 2011 valiéndose de un teodolito digital con salida fotográfica.



271 Véase el concepto de sinocentrismo a través de la historia y las culturas.

El *go-raikou* del monasterio Keishin-in, Japón

Encontramos que, desde sus orígenes, muchos pueblos han rendido culto al Sol, y por igual han venerado altas cumbres, este es el caso del Monte Fuji, trascendental por su cónica simetría, proximidad a la capital del país y su constante actividad eruptiva. El Monte Fuji ha otorgado identidad a Japón con funciones culturales específicas, de ellas, una sorprendente es la relacionada con la astronomía, pues funcionó como marcador de horizonte respecto al Sol para el equinoccio autumnal.

En Japón encontramos que desde un antiguo monasterio se rinde devoción al Sol y al Monte Fuji durante el equinoccio. Para registrarlo, el equipo de iTiO, subió el 22 de septiembre del año 2014, al monte Shichimen-san (七面山). Para alcanzar la cima se hiceiron necesarias varias horas de ascenso para llegar al monasterio Keishin-in, y ser testigos del ritual que celebran monjes budistas de la escuela Nichiren (日蓮) para recibir al Sol durante el amanecer del equinoccio de otoño. Esta celebración se denomina *go-raikou* (御来光), significa "recibir el Sol naciente de la montaña". Lo que resulta extraordinario de este suceso es el lugar y la fecha, pues el Sol visto desde el monasterio, levanta sobre el cráter del volcán Fuji solamente durante los equinoccios, esto demuestra la intencionalidad por erigir espacios de culto en un aislado bosque para alinearse con la montaña más venerada de Japón. El 23 de septiembre, equinoccio de otoño, es un día festivo en Japón, es el *shubun-no-hi* (秋分の日) un día de asueto en el que se honra a los antepasados según la tradición budista, la cual parece tener como precedente cultos regionales sintoístas a la naturaleza con ritos de veneración al Sol y para el Sol; aún hoy en día en algunas zonas de la provincia de Tajima, durante el equinoccio de otoño, los agricultores visitan pequeños santuarios a diferentes horas: en la mañana, al mediodía y por la noche para hacer ofrendas al Sol.

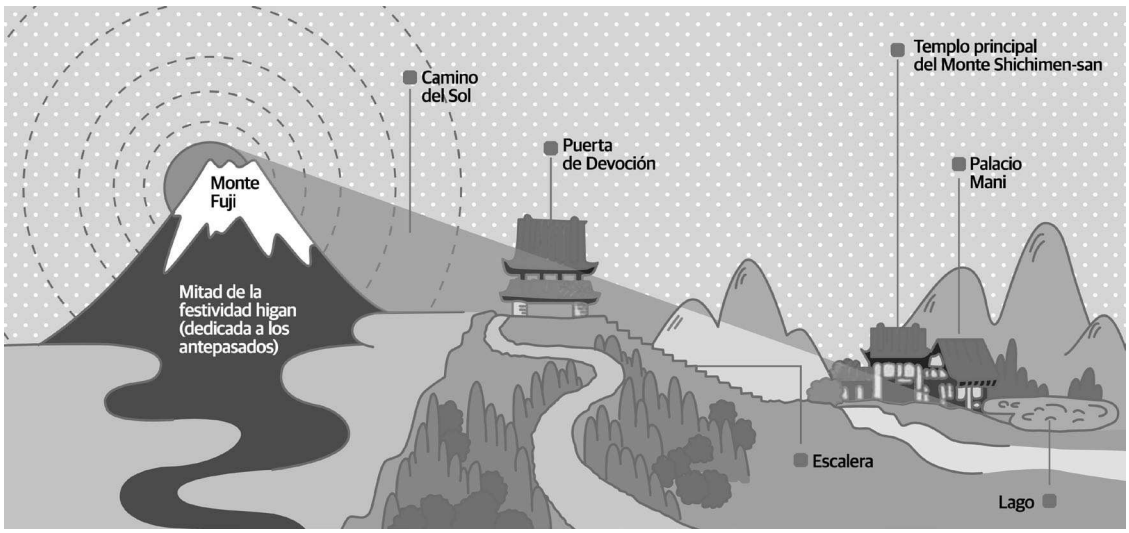
El *go-raikou* del monasterio Keishin-in para el equinoccio de otoño celebrado por los monjes de la escuela Nichieren es un suceso que apenas está documentado en la literatura occidental, es por decirlo así, casi desconocido, lo es también para el amplio público japonés, de tal suerte que la celebración de este ritual reúne apenas unos cientos de personas; no obstante, lo espectacular del evento. El registro fotográfico y en video, así como la correspondiente investigación de campo fue resultado de los cálculos previos que se realizaron desde la ciudad de México con

modelos digitales para localizar un espacio de culto que estuviera alineado con la cima del Monte Fuji para el equinoccio, con el precedente de que la veneración que se le brinda al Monte Fuji se remonta al menos al siglo VII d. C. Numerosos nombres destacan su carácter religioso, por ejemplo, el budismo venera al Monte Fuji por su forma que recuerda el botón blanco y los ocho pétalos de la flor de loto.

Durante el equinoccio de septiembre en México y en Japón al igual que en todo el hemisferio norte se inicia el otoño, en este momento la duración del día es igual a la de la noche. Astronómicamente, el Sol pasa de norte a sur en el ecuador celeste y su declinación pasa de positiva a negativa. En el horizonte, al amanecer, el Sol se levanta justamente por el este y al ocaso se oculta exactamente el oeste [Montero, 2015b y 2016a].

ABAJO

Ilustración tradicional japonesa que revela el alineamiento del Sol para el *go-raikou* entre el Monte Fuji y el monasterio Keishin-in ubicado en el monte Shichimen-san.



La puerta del cielo está en China

En el año 263 d. C. un sismo sacude las montañas de Hunan en China continental, por el terremoto una sección del monte Songliang se desploma formado un arco natural, el espectacular suceso es registrado por funcionarios de Sun Xiu, gobernador del reino Wu. En su momento, el evento se consideró como un buen augurio, por lo que Sun Xiu cambió el nombre de la montaña por el de Tianmen que se traduce como La Puerta del Cielo [Meiling, 2012]. Con el paso de los siglos, diversos agentes erosivos meteorizaron las rocas calizas del arco causando más derrumbes, con el tiempo fue ganando amplitud. Actualmente presenta 131 m de altura, 57 m de ancho, y 60 m de profundidad. El proceso geológico de esta formación se originó en el

estrecho acantilado que corresponde a la pared derrumbada, el estrato superior de la pared es de mayor resistencia a la erosión, en tanto que los estratos de la base son blandos, provocando el derrumbe por el colapso del soporte. El arco es un paisaje natural que para la etnia miao, asemeja la ventana de un palacio celestial del período imperial. La montaña Tianmen o Tiānmén Shān (天门山), (*shān* se traduce como montaña) es una alta meseta de roca caliza, su cima ocupa más 2 km^2, está flanqueada por acantilados escarpados con impresionantes precipicios que alcanzan mil metros en caída libre. Tianmen se levanta 1300 m respecto al valle del río Lishui, encuentra su cúspide en el pico Yunmengxian a 1518 $^{m}/_{nm}$, por su parte el arco muestra su base a 1300 $^{m}/_{nm}$.

Antes de la formación del arco natural, la montaña era venerada. Hace dos mil quinientos años acudían a ella monjes y sabios para vivir en austeridad, el más célebre fue Wang Xu, conocido de manera respetuosa como *Guigu* o *Guiguzi*[272] que significa maestro del Valle Fantasma, la noción de fantasma (*guigu*) se desprende de la neblina constante que envuelve a la montaña. Como persona histórica, Wang Xu, parece haber nacido alrededor del año 550 a. C., era famoso por su ingenio, astucia y habilidades para las artes marciales como el *kung-fu* [Theobald: 2010]. Vivió dentro de una cueva frente a un acantilado donde se dedicó a desarrollar el pensamiento del *yin* y el *yang*. Actualmente una pasarela espectacular empotrada en el cantil NO de la montaña pasa por encima de la cueva que se dice ocupó Guigu denominada Guigu Dong (*dong* se traduce como cueva), esta sección es parte de la Ruta Guigu, un recorrido turístico de 1.6 km que transita por el vacío a más de mil metros de altura dominando un vasto y hermoso paisaje kárstico de acantilados, nubes, cascadas y montañas que son el escenario que llevó al maestro Guigu a la inmortalidad. Para los más audaces que desafían el vértigo, se ofrece un pasillo con piso de cristal que se separa de la pared, es El Paseo de la Fe, una sección que permite "pisar" las nubes, y desde donde es posible apreciar la orografía donde según se dice habitó el emperador Shennong (*ca* 3000 a. C.),[273] que con el tiempo sería deificado como dios de la agricultura y la medicina.

272 Con el nombre de *Guiguzi* se conoce a un conjunto de tratados filosóficos y militares atribuidos a un maestro homónimo, al que también se le denomina Guigu, el cual había vivido según la tradición oral como inmortal.

273 En el antiguo panteón chino son cuatro los Emperadores Celestes, cada uno está asociado a un punto cardinal, Shennong corresponde al sur y al Sol. El confucionismo asigna a cada uno de estos emperadores un papel determinante en la historia de la civilización china [Marco, 2011].



IZQUIERDA

El autor en la Puerta del Cielo, montaña Tiānmén, Zhangjiajie, China, 2018.

En el año 2011, la Televisión Central de China (CCTV) emprendió una expedición a Guigu Dong, un equipo de espeleólogos descendió por cuerda en el acantilado para desentrañar uno de los seis misterios que guarda la montaña[274] que corresponde a una pintura rupestre interpretada como la imagen de Guigu re-

274 Los "Seis misterios de la montaña Tianmen" son más una superstición que un enigma: 1) la formación del arco natural que denominan Tianmen Dong no tiene explicación; 2) la milagrosa imagen del maestro Guigu en una cueva; 3) la presencia de cascadas en Tianmen Dong como un oráculo de catástrofes naturales; 4) los tesoros enterrados por Yefu; 5) la rotación de la montaña Tianmen, en los últimos 80 años se ha observado como toda la meseta está girando sobre su eje; y 6) la manifestación de *qilin* en los bosques de la cima, este es el más respetable de todos los misterios por su vínculo con la mitología china, el *qilin* es un unicornio con cuerpo de felino de color rojo.

portada desde hace décadas, si bien es cierto que no encontraron evidencias de la pintura rupestre, al menos sí registraron pruebas de ocupación humana en este inaccesible espacio [Yipan, 2011].

A un costado de la Ruta Guigu, se asume el aspecto militar de las enseñanzas de Guigu en El Laberinto del Bosque de Piedra, las piedras son como soldados preparados para la batalla en una formación ingeniosa, este despliegue sirvió -como se sustenta en la cédula del sitio- para adiestrar tácticamente a los famosos militares, Sun Bin y Pang Juan.[275] Los monjes budistas ofrecen una interpretación distinta para este lugar al que denominan Las 48 Puertas de los Seres Vivos, consideran que son 48 las dificultades que deben superarse para alcanzar una vida sin obstáculos.[276]

A un costado tenemos el Bai He, una construcción de madera que parece un laberinto, pero que es más complejo porque en su diseño se representa al cielo con una circunferencia, y la tierra con un cuadrado. Un texto del maestro Guigu está grabado a la entrada. Esta ingeniosa obra de arquitectura manifiesta en sus tablas móviles el pensamiento filosófico de los antiguos taoístas. *Bai* significa abierto, un espacio abierto donde muchas cosas pueden moverse dentro y fuera, es la representación del *yang*; por su parte *he* significa cerrado, lo que implica alcanzar los objetivos por cualquier medio necesario, es la representación del *yin*. El *yin* y el *yang* de Bai He es el método por el cual el cielo y la tierra se comunican.[277] Cabe mencionar que, en la cosmovisión taoísta del *yin* y el *yang*, la montaña se asume en dualidad: al *yin* le corresponde el norte y el lado oscuro; en tanto al *yang*, el sur y la luz. Estos opuestos no son fuerzas, ni energías, sino los nombres que reciben las parejas de elementos que están relacionados entre sí por oposición y complementariedad [Roncero, 2012: xv].

Zhangjiajie como región ha tomado su nombre de Zhang Liang (250-186 a. C.), un estratega al que se deben varias victorias militares que consolidaron la dinastía Han del Oeste a finales del siglo III a. C. Después de que el régimen se estableció, el emperador Liu Bang hizo una purga para consolidar su poder. Alarmado por la ejecución de su aliado el general Han Xin, Zhang Liang renunció a su cargo y se retiró para practicar el taoísmo en una

275 La veracidad de que Guigu adiestrara a estos militares es cuestionable y se le considera una figuración tardía. La principal aportación de Sun Bin es el tratado conocido como *El arte de la guerra*, obra homónima a la de su padre, el célebre Sun Tzu, con el cual en algunas ocasiones se le confunde y considera el mismo autor.

276 Según se describe en la cédula del sitio.

277 Esta explicación se describe en la cédula del sitio.

montaña aún no identificada en la región de Zhangjiajie. Ahí vivió hasta su muerte. La provincia se convirtió más tarde en un señorío de su familia y de allí ha tomado el nombre de Zhangjiajie, o Territorio de la Familia Zhang [Meiling, 2012].

Trecientos años después del derrumbe de la montaña en el año 263 d. C, alrededor del siglo VI de nuestra era, el emperador Yuwen Yong de la dinastía Zhou del Norte, se dirigió a la montaña con su séquito para ofrecer sacrificios al Cielo y a la Tierra, el emperador asignó un nuevo título para la montaña Tianmen, la designó como La Gran Montaña Sureña [CRI, 2009].

Para el siglo XVII de nuestra era, una rebelión campesina acaudillada por Li Zicheng ocasionó la caída de la dinastía Ming; sin embargo, Li Zicheng no pudo mantenerse en el poder frente al embate de los manchúes, así que tuvo que huir acompañado del general Li Guo a la región de Hunan. Según cuenta la leyenda popular, Li Zicheng falleció en el viaje, pero Li Guo continuó con más de 100 seguidores a través del río Lishui a bordo de nueve barcos cargados de tesoros hasta llegar a la actual Zhangjiajie, de donde partió para la montaña Tianmen donde se resguardó y ocultó los tesoros. Li Guo, con el tiempo se ordenó como monje budista y adoptó el nombre de Yefu. Durante cientos de años, innumerables buscadores de tesoros han hurgado en la montaña, pero todos han salido con las manos vacías. Si los tesoros de Li Zicheng fueron enterrados o no en la montaña Tianmen sigue siendo un misterio.[278]

En la amplia meseta que conforma la cima se han construido varios templos, el más antiguo se dispuso al este, junto al manantial Lingquan para el año 870 d. C., durante la dinastía Tang. El Templo Lingquan, fue el centro del budismo para toda la provincia occidental de Hunan en su tiempo. Hoy en día, aún brota agua del manantial, un estanque construido en 1975 contiene el flujo para que los visitantes se refresquen, el caudal continúa su curso para desbordarse sobre el arco natural, donde recibe el nombre de Agua de la Flor de Cerezo. El agua del manantial Lingquan brota todo el año, es fresca y dulce. La tradición afirma que la persona que bebe de esta fuente adquiere ocho méritos. Entre otros de sus atributos está el aliviar la sed y el hambre, prolongar la vida y poseer propiedades terapéuticas.[279] En el año 2006, se construyó un edificio adjunto al manantial para conmemorar la importancia del recinto, al interior se hace reveren-

278 Según se explica en la cédula del recorrido por la montaña Tianmen para el sitio Teasures Buried by Yefu-an, Ancient Area.

279 Esta explicación se desprende de la cédula del sitio.

cia a una imagen del guerrero inmortal Xuan Wu,[280] Señor de la Montaña Wudang, según el taoísmo. Trabajos arqueológicos recientes recuperaron de esta área una espada de bronce decorada con un grabado de siete estrellas y una cabeza de dragón, además de cuatro estatuas de bronce de Guan Yin, la Madre Misericordiosa.[281]

En la misma meseta de la cima, pero al oeste, hace quinientos años, durante la dinastía Ming, se construyó el Templo de la Puerta del Cielo en la Montaña, este complejo budista está integrado por varios edificios que ocupan tres hectáreas. El espacio ha sido restaurado en los últimos años manteniendo la influencia taoísta de su orientación al NE y su estilo arquitectónico original Ming con paredes verdes y rojas, arcos y pintura de laca. Los edificios se ubican dentro de una hondonada natural para resguardarse de los ocasionales vientos tempestuosos que arremeten en la cima, a su alrededor los árboles circundantes por una adaptación al medio son de escasa talla, lo que matiza con las dimensiones de los edificios que obedecen a un criterio estético determinado por el orden, la estabilidad y el eje de simetría.[282] El templo en la montaña tenía la función de venerar a los antepasados y a los dioses del Cielo y la Tierra en una atmósfera refinada y solemne establecida por el diseño de los patios y las jardineras a partir de una planta rectangular que se articula con el paisaje circundante de la campiña al somonte. La distribución comprende un acceso que da paso a una entrada con tres puertas o Sahanmen, entrando tenemos a la derecha el Pabellón de la Campana y a la izquierda la Torre del Tambor, el recorrido continua por las salas Tianwang y Daxiong para finalizar en los espléndidos pabellones Guanyin y Zangjing. Durante la Guerra Civil China del siglo pasado el templo fue destruido, pero en 1949 tras el triunfo del Partido Comunista fue reconstruido. Es el único templo en la provincia de Hunan que tiene reliquias[283]

280 Los pecados de Xuan Wu fueron expiados con la ayuda de la diosa Guan Yin, generalmente se le representa pisando una serpiente con el pie derecho y la pierna izquierda extendida sobre una tortuga que representa al invierno, sostiene la espada de Lü Dongbin que nuca puede soltar.

281 Cada estatua tiene una altura de 25.5 cm y pesa 1.45 kg, ambos objetos corresponden a la dinastía Tang.

282 Calculado con z 73° 13´, con fechas que corresponden a mediados de agosto, posiblemente el alineamiento esté asociado al Festival de Medio Otoño, pero esta festividad tiene fecha movible por celebrarse durante la Luna Llena, de cualquier forma, no se pudo comprobar en campo alguna alineación por la nubosidad imperante sobre el horizonte. Ubicación φ 29°02' 26.67" λ 110°28'40.99" a 1400 $^{m}/_{nm}$.

283 Se trata de Śarīra, término genérico que se refiere a reliquias budistas, aunque en su uso común se refiere a perlas o a objetos cristalinos con forma esférica que se dice son encontrados entre las cenizas de maestros espirituales budistas luego de ser cremados.

de Buda Gautama, estas llegaron al recinto el 8 de junio del año 2009, por este motivo en el año 2010 el recinto fue declarado Templo de la Armonía Nacional.

A un lado del Templo de la Puerta del Cielo en la Montaña, tenemos un santuario que se denomina Cueva Qier o Cueva del Ansiado Hijo. Es una de las 16 oquedades registradas en la montaña Tianmen. El diámetro de este pozo, que es más bien una dolina de absorción es de 4 m, los mitos aseguran que el fondo de la cueva es insondable; sin embargo, pude apreciar que la formación se estrecha a unos metros de profundidad para convertirse en una fisura por la que se filtran las aguas de la superficie. Según la cultura local, un hijo de la diosa Guan Yin alcanzó la santidad en este lugar. Actualmente, este es el sitio preferido para la fertilidad, como si el pozo fuera un útero, muy similar al concepto Mesoamericano de oquedad como útero. Se dice: amarra un listón, tira una piedra al pozo y pide un hijo.

Respecto a los listones rojos que se aprecian en los alrededores de la Cueva Qier, y en determinados espacios de la montaña, estos responden a una tradición china de amarrar en los árboles listones con la inscripción de un anhelo, las personas dejan ahí sus ilusiones para que se cumplan en espacios que consideran significativos para tal fin. También hay candados, los barandales están atiborrados, se les denomina Candados del Amor, son cerraduras del corazón para atestiguar que las parejas se enamoran para siempre, estos cerrojos muestran el amor no sólo de pareja, sino también de la familia y la amistad, también hay candados de la longevidad y para niños. Es interesante observar la amplia variedad de candados que se pueden encontrar.

Dejando atrás el área del Templo de la Puerta del Cielo en la Montaña, se puede optar por ascender caminando o transportarse en un teleférico de dos plazas para llegar a la cima de la montaña, es un recorrido de 800 m por una suave pendiente que lleva al pico Yunmengxian, de 1518 $^{m}/_{nm}$, es el pico más alto no sólo de la montaña sino de todo el distrito urbano de Zhangjiajie. Para algunos, el nombre original de Tianmen es Yunmeng. Un relato dice que es la montaña espiritual entre los mundos inmortal y humano, así es como Yunmengxian obtuvo su nombre. Los guías locales afirman que en un día despejado se pueden contar los dieciséis picos que se levantan sobre la meseta de la montaña Tianmen.

Visitar la montaña Tianmen es una agradable experiencia desde el principio. Primero un autobús conduce al visitante desde la ciudad de Zhangjiajie a 180 $^{m}/_{nm}$ hasta el paradero Puerta de la Montaña a 320 $^{m}/_{nm}$; ahí se transborda a otro autobús que es

operado por choferes especializados que conducen por una de las carreteras más extravagantes y peligrosas del mundo. El libre tránsito de vehículos está restringido, solo ascienden los autobuses autorizados. Ahí se inicia el verdadero ascenso a través de una sinuosa carretera, obra magistral de ingeniería china que tardó 8 años en construirse, es un recorrido que en tan sólo 11 km asciende mil metros superando abruptos acantilados, se le conoce como el "Camino que Enlaza al Cielo", y de cierta manera lo es, porque los ingenieros determinaron que contara con 99 curvas, asignándole así un significado especial, pues el número 9 en la cosmovisión taoísta corresponde al Cielo [Roncero, 2012: 188]. Del número 99 pasamos al 999, este es el número de escalones que tiene que superar el visitante para llegar a la base del gran arco natural. Se trata de la escalera Tianti, la Escalera Celestial, esta comienza justamente donde termina la rodada de las 99 curvas.

Al formarse el arco natural, las rocas que se desprendieron de la pared formaron un talud de derrumbe, sobre esta pendiente se ha construido una magnífica escalera que cuenta 999 escalones, el objetivo de los constructores para este número de peldaños es otorgarle trascendencia a la persona que asciende en el sentido de que se eleva hasta el "Palacio del Cielo", y de cierta forma lo es, porque algunas plantas que se desarrollan en el techo cuelgan desde las alturas y producen un sonido agradable cuando sopla el viento; además, ocasionalmente cursos de agua fluyen desde el techo asemejándose a una llovizna que se denomina "Agua de la Flor de Cerezo", según la creencia local, quien coja con su boca 48 gotas de esta lluvia, podrá convertirse en inmortal inmediatamente.

En China no se identifica a esta formación como un arco natural, para ellos es una cueva, por eso al arco natural se denomina Tianmen Dong. Subiendo por la escalera, en la pared izquierda de Tianmen Dong no se advierte ninguna cascada, no importando si se visita en temporada de lluvias. Esta característica da origen a una aseveración que ha sido transmitida por generaciones de residentes locales. Se dice que si aparece una cascada en la pared izquierda de Tianmen Dong, es presagio de que en el año en curso se registrarán condiciones climatológicas anormales. Sea una sequía o una inundación que perjudicará la cosecha [CRI, 2009].

Superar los 999 escalones no significa llegar a la cima, aún faltan 200 m para alcanzar la cúspide, se continúa por un túnel con escaleras eléctricas, una solución que alivia a cientos de visitantes que cada día recorren la montaña, toma 10 minutos

llegar a la cumbre, una vez ahí, se puede optar por diversas rutas para recorrer la meseta por senderos bien señalizados a través de un bosque mixto siempre verde caducifolio, propio de un clima subtropical con sus endemismos, que es fresco, brumoso y húmedo con precipitación anual de 1770 mm (Zhang, *et al*., 2015: 13).

La ruta NO recorre 2.8 km, se le conoce como el "Paseo del Cielo", es la más concurrida por sus extraordinarios paisajes y sobre todo por su sendero de cristal[284] de 60 metros de largo que empotrado en la pared sobre un vacío de mil metros aterra a muchos y hace imposible el paso para los que sufren de acrofobia, una sensación de ansiedad y perdida de equilibrio induce al temor por una caída, son estas sensaciones las que conducen según dicen sus promotores a tocar las nubes junto con los inmortales de la mitología china. La parte restante del recorrido se alterna entre escaleras, senderos por el bosque y más trayectos por precipicios con piso de concreto, el recorrido culmina en un puente colgante que lleva al Templo de la Puerta del Cielo en la Montaña.

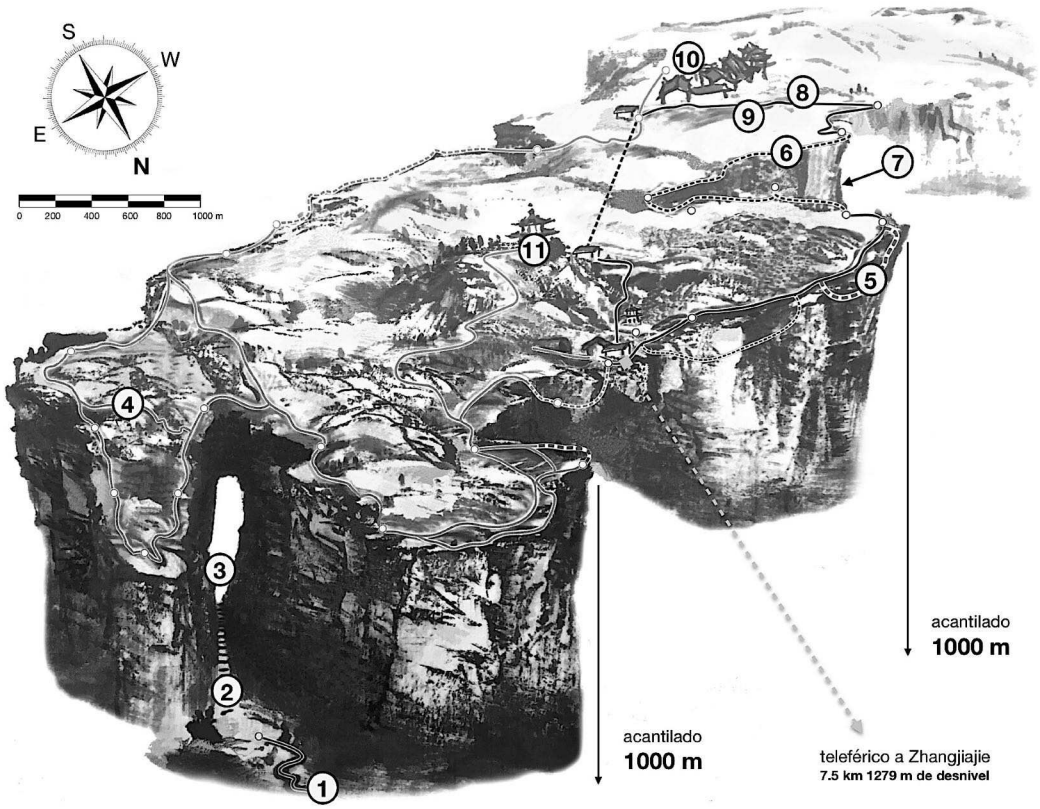
Se puede optar por un rápido descenso de 30 minutos a través de un teleférico que comunica la cima con el centro de la ciudad de Zhangjiajie, esto lo hace el más largo del mundo con una longitud de 7.5 km, también resulta relevante que supera un desnivel de 1279 m, esto obliga a que una parte del recorrido presente un temerario gradiente de 37º.

Actualmente diferentes espectáculos se presentan en la montaña, a la manera de un parque de diversiones como el paracaidismo con traje aéreo para planear, la publicidad automotriz, los descensos extravagantes en patinetas y el mismo espectáculo de luz y sonido *Tianmen Fox Fairy Show*, son ejemplo de espectáculos *kitsch*[285] para las masas, estas actividades constituyen una realidad comercial para una nueva China en la modalidad posmoderna de un enfoque cultural heredado de un discurso socialista oficial que legitima sus acciones al adherirse a la tradición en un pragmatismo que puede ser cuestionado (Xiang, *et al*., 2017: 14).

Para los budistas contemporáneos que profesan en el templo de la montaña, Tianmen es un jardín celestial, un territorio arrancado del cielo para deleite de la humanidad.

284 Se trata de un cristal muy resistente pues su grosor es de 6.5 cm., al visitante se le entregan unas fundas para los zapatos que evitan resbalarse y rallar el cristal.

285 Theodor Adorno de la Escuela de Frankfurt, percibe lo *kitsch* en términos de la industria cultural, donde el arte es controlado y planeado por las necesidades del mercado y es dado a un pueblo pasivo que lo acepta.



ARRIBA

Adaptación de Julia Montero al mapa oficial del Parque Nacional Forestal de la Montaña Tianmen, 2018, destacando los sitios mencionados en este texto:

1) Camino que Enlaza al Cielo, carretera de 99 curvas.
2) Tianti o Escalera Celestial, 999 escalones.
3) Tianmen Dong, gran arco natural.
4) Templo Lingquan (870 d. C.).
5) Paseo del Cielo, pasarela de cristal.
6) Paseo de la Fe, extensión de la pasarela de cristal.
7) Guigu Dong, cueva de maestro Guigu.
8) Bai He "laberinto".
9) Cueva Qier.
10) Templo de la Puerta del Cielo en la Montaña, siglo XV d. C.
11) Pico Yunmengxian, 1518 $^{m}/_{nm}$, sitio de mayor altitud.

El Cerro de la Silla, Monterrey, México

El Sorprendente Solsticio de Invierno de Monterrey,[286] es como denominamos a un espectacular suceso único en el mundo, que articula coincidencias naturales entre la geografía, la astronomía y la cultura. En Monterrey hay una concordancia que reúne estos aspectos en un fenómeno espectacular que es desconocido y que por su carácter extraordinario se debe divulgar amplia-

286 Agradezco a Jesús Gerardo Guerrero Castañeda, el haberme compartido su descubrimiento de esta magnífica casualidad astronómica cultural, en el año 2022.

mente para incrementar la identidad los nuevoleonenses, elevar la importancia turística de la gran urbe y trascender en el plano internacional mostrando a Monterrey como una ciudad sorprendente.

Empecemos por la geografía. Se trata del monumento natural Cerro de la Silla, su perfil orográfico es el ícono que distingue a Monterrey. ¿Qué pasaría si entre los picos Norte y Sur, que conforman esa horqueta natural tan singular saliera el Sol al amanecer visto desde un lugar prominente, para una fecha importante? Sucedería que todos quisieran ver ese fenómeno único.

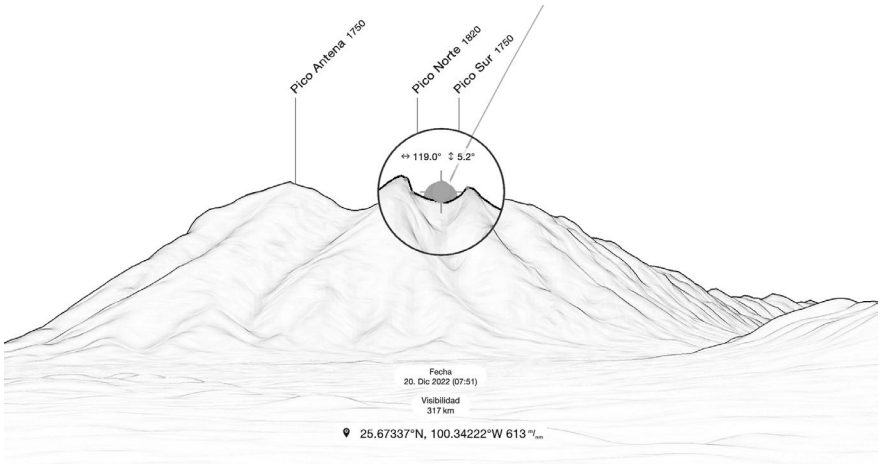
Así que toca su turno a la astronomía. Sucede, que para el amanecer del solsticio de invierno, el Sol levanta en medio de ese majestuoso "ángulo natural agudo" del Cerro de la Silla. Justamente cuando el Sol alcanza su máxima declinación al sur sobre el trópico de Cáncer, dando inicio al invierno. Bueno, alguien podría decir, pues eso se puede arreglar, sólo necesito ajustar mi punto de observación y ya lo tengo. Pero ahí entra el siguiente aspecto relevante, el cultural.

En términos culturales, el Obispado es el edificio más antiguo de Monterrey, es una joya de la arquitectura barroca del norte de México, su construcción se realizó durante el siglo XVIII durante el período virreinal. En un principio respondió a fines eclesiásticos de la Iglesia Católica, fue consagrado a la Virgen de Guadalupe, tiempo después fue una destacada fortaleza militar durante la intervención americana, francesa, la Revuelta de la Noria y la Revolución Mexicana, también sirvió como lazareto (hospital) durante varias epidemias, actualmente es un hermosos museo. Este monumento histórico se erige sobre un cerro, en su cima se iza una monumental bandera nacional, es un destino obligado para quienes visitan Monterrey.

Por si fuera poco, en la suma de providenciales casualidades, estudios recientes en arqueoastronomía demuestran que la fiesta nacional de la aparición de la Virgen de Guadalupe del 12 de diciembre corresponde al solsticio de invierno, el cambio de fecha responde a un desfase de 10 días entre los calendarios juliano y gregoriano que fue corregido en el año 1582.

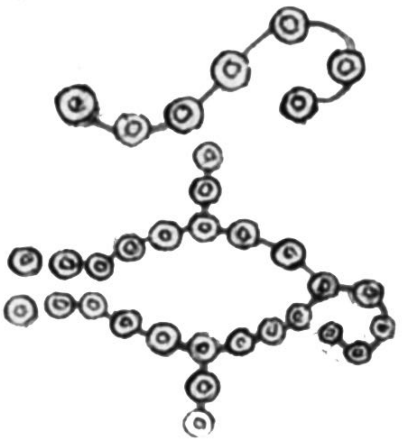
ABAJO

Modelo digital del Sol levantando sobre el Cerro de la Silla en Monterrey, durante el solsticio de invierno, visto desde el Cerro del Obispado.



xoneaiilli. tlanextia.

coliuh. çanonoc tlanextia.



Jniqome parrapho ypāmitoa inmitoa
ynttlacpac eecatepac mōchiva



eecatl. Jnic çentlamātli yeecatl ciuatlāpaiztiviz.
auh inic ontlamātli eecatl chalcopaiztiviz iquac
motzineva quauh ano çocalli xitimi Jnic 3. eecatl
mictlāpa iztiviz. Jnic 4. eecatl tiquitoa chichime
capa iztiviz cen caicmicova. auh yn eecatl mi
toaya quetzalcoatl tiquitoa quintlachpania in
tlaloque
tlapetlaniluh. tlatlazinilizth. tiquitoa quichiva
in tlaloque quit quitiviçe intlapetlaniluh ic
tlauiteqiii imiquac canatlauiteco.



quiyavith. tiquitoa quichiuo intlaloque.



avauhcamalvth. ynomoquecacotiquitoa
yeqiiça ynquiavih yequiçz quein tla
loque. auh inipā mo que ça, ayauh
cocamaluh macuc çaliçivi.



çeth tiquitoa iztlacoliuhqui çexiuhti
ca vallauh inçevetzi ypā çempova
llapoualli ochpanizth. Auh chicuaçempo
vasiuh i çevetzi ipā quiça çempova
llapovalli tiquitoa titith tiquitoa oquiz
in çeth yetoquizpa yetlatotonia yequalco.



Índice temático

Por la extensión de este volumen y la variedad de temas y conceptos tratados, se pone a consideración del lector el siguiente índice temático como herramienta de consulta que se ajusta con las voces más relevantes y citadas del texto presentadas en once grupos a saber: 1) Asterismos, mesoamericanos y occidentales; 2) Calendario mesoamericano; 3) Celebraciones mesoamericanas; 4) Conceptos; 5) Estrellas, mesoamericanas y occidentales; 6) Fenómenos astronómicos; 7) Fenómenos atmosféricos; 8) Galaxias, 9) Lugares, 10) Númenes mesoamericanos[287] y 11) Sistema Solar.

A
Asterismos mesoamericanos

Centzo Mimixcohuah 273
Centzon Huitznahuac 273, 274, 328, 329, 330
Centzontotochtin 271
Citlalcólotl, constelación de Escorpión 352, 353
Citlaltachtli, constelación de Géminis 359

287 La palabra numen para describir lo sagrado en términos del sentido religioso, como núcleo básico de toda expresión de sacralidad desde las más simples a las más complejas, también como una experiencia hierofánica.

ENFRENTE

Cuerpos celestes y fenómenos atmosféricos con su glosa en los *Primeros Memoriales*, cap. II, f. 282 v. De arriba a abajo: Xonecuilli, constelación de la Osa Menor; Colutl, constelación del Escorpión; Eecatl, el viento, como divinidad con Ehécatl-Quetzalcóatl; Tlapetlanilutl, el rayo o relámpago; Quiyavitl, las nubes con lluvia en el cerro con la efigie de Tláloc; Ayauhcoçaſmalvti, el arco iris; Çetl, la escarcha como la divinidad Itztlacoliuhqui [Nicholson, 1997: 156-157].

Citlalxonecuilli, Osa Menor 356, 357
Colotl, constelación de Escorpión 352, 353
Colotlixayac, constelaciones Cara de Escorpión 346, 353
Éek'el Eek', constelación Osa Menor 355
Huitznahuas, los guerreros sacrificados 260
Ilhuicatl-mamaloaco, espacio oscuro de la Vía Láctea 336
Itzpapalotl, Osa Menor 358
Ix Yaxal Chuen, constelación del norte 359
Kak noh ek, cometa grande 374
Mamalhuaztli 223, 224, 342, 345, 346
Miec, Pléyades 349
Mimixicoa 328
Mocihuaquetzqui, Osa menor 358
Motz, Pléyades 349
Nahui Xihuitl, Cruz del Sur 361
Nohol Eek', Cruz del Sur 361
Síina'an Eek', constelación de Escorpión 352
Tianquiztli 224, 345, 349
Tzab, Pléyades como cascabel 380
Xibal bey, Vía Láctea 333
Xonecuilli, estrellas circumpolares 346, 355, 357, 359, 360, 477
Yaah Suutil Xaman, estrellas circumpolares 359

Asterismos occidentales

Acuario 354
Aquila 39
Astillejos 347
Auriga 39
Bocina 356, 357
Boötes 39, 67
Camino de Santiago 357
Canis Maior 39
Can Menor 39
Castillejos 347
Centauro 360
Crux 261, 360
Cruz del Sur 61, 115, 357, 360, 361
Escorpión 38, 147, 148, 149, 311, 318, 328, 335, 348, 350, 351, 352, 353, 354, 358, 477
Géminis 38, 40, 67, 128, 131, 341, 347, 353, 359, 360
Híades 128, 347
Lira 39, 67
Llaves de San Pedro 346
Mastelejos 139, 342, 346, 347
Orión 30, 37, 38, 39, 67, 224, 262, 333, 334, 339, 341, 342, 343, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 353, 360
Osa Mayor 252, 353, 354, 355, 356, 358, 461
Osa Menor 355, 356, 357, 358, 359, 477
Pléyades 38, 87, 102, 114, 128, 224, 263, 267, 332, 333, 343, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 360, 376, 380
Sagitario 40, 318, 328, 335, 354
Tauro 38, 39, 128, 129, 224, 332, 333, 347, 348
Toro, constelación 342, 353, 360, 380
Virgo 39, 40

C
Calendario mesoamericano

2 de septiembre, fecha 85, 100, 124
4 de marzo, fecha 85, 100, 153, 163

9 de abril, fecha 85, 100, 124
9 de octubre, fecha 85, 86, 100, 153, 163
12 de febrero, fecha 16, 85, 87, 103, 108, 119, 122, 124, 160, 168, 175, 196, 200, 242, 395, 396
13 de agosto, fecha 14, 85, 87, 103, 104, 108, 112, 119, 135, 144, 168, 175, 196, 199, 225, 229, 231, 248, 264, 302, 341, 383, 395, 396
17 de abril, fecha 85, 120, 126, 133
17 de octubre, fecha 85, 120, 153
18,980, días 86, 87, 188, 224, 225
25 de agosto, fecha 85, 120, 126, 133
25 de febrero, fecha 85, 120, 153
28, días 45, 87, 88, 188, 338
29 de abril, fecha 85, 87, 103, 104, 108, 112, 119, 135, 144, 175, 199, 395
29 de octubre, fecha 85, 122, 124, 175, 395, 396
52, días 87, 102, 103, 112, 119, 126, 135, 145, 171, 178, 242, 248, 249, 290, 395
63, días 173, 188, 193, 234, 256, 322, 323, 358, 448, 449, 478, 479, 480, 482
65, días 85, 86, 120, 133, 188, 225, 242
73, días 85, 86, 100, 124, 140, 143, 144, 163, 178, 313
260, días 26, 54, 60, 72, 86, 87, 121, 122, 133, 135, 141, 144, 145, 150, 164, 187, 188, 193, 204, 205, 210, 216, 218, 220, 224, 225, 226, 229, 237, 244, 248, 249, 263, 264, 271, 287, 288, 289, 290, 300, 302, 313, 314, 338, 396
365, días 26, 33, 53, 55, 72, 86, 94, 145, 187, 188, 218, 220, 225, 229, 236, 238, 239, 240, 243, 244, 245, 264, 265, 285, 296, 302, 303, 308
584, días 53, 54, 55, 59, 86, 144, 147, 193, 216, 225, 303, 308, 322
Haab 187, 188, 216, 220, 229, 232, 241, 277, 302
Huehuetiliztli, 104 años 225, 309
Nemontemi 156, 157, 165, 168, 171, 175, 220, 236, 239, 240
Tonalpohualli 14, 19, 60, 86, 87, 140, 141, 144, 150, 155, 164, 220, 226, 248, 259, 287, 313, 396
Tonalámatl XV, 15, 19, 226, 228
Trecenas 15, 108, 140, 149, 150, 151, 187, 220, 226, 227, 242, 243, 249, 395, 396
Tzolkin 60, 181, 187, 188, 216, 220, 229, 230, 232, 247, 249, 277, 287, 289, 296, 302, 313, 314, 352, 396
Uayeb 187, 220
Veintenas 126, 127, 144, 219, 220, 221, 222, 226, 237, 239, 241, 242, 243, 260, 395, 396
Xiuhmolpilli 86, 87, 222, 223, 224, 226, 235, 343
Xiuhpohualli 220, 222, 226

Celebraciones mesoamericanas

Atamalcualiztli 148, 306, 307
Atlcahualo 241, 242
Fuego Nuevo 87, 207, 223, 224, 228, 229, 256, 261, 342, 343, 344, 345, 349
Ochpaniztli 226, 241, 307, 309
Ometochtli 271
Panquetzaliztli 137, 260, 345
Quecholli 331, 345, 346, 379
Teotleco 354
Tititl 223
Tlacaxipehualiztli 156, 260
Tlaxochimaco 307
Tóxcatl 260, 261, 348, 371
Tozoztontli 115, 360

Conceptos

Alineación 25, 64, 160, 409, 425
Amanecer 13, 31, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 52, 55, 63, 65, 69, 85, 86, 91, 94, 97, 100, 103, 106, 108, 117, 119, 120, 125, 126, 127, 130, 135, 142, 143, 144, 151, 152, 155, 156, 163, 166, 167, 168, 171, 174, 175, 184, 199, 205, 240, 247, 264, 274, 283, 294, 295, 297, 303, 304, 305, 307, 316, 328, 330, 341, 342, 349, 350, 388, 403, 409, 413, 421, 423, 424, 426, 439, 440, 445, 451, 457, 464, 465, 475
Arqueoastronomía 6, 7, 83, 110, 218, 221, 339, 436, 449
Ascensión recta 29, 38, 64, 94, 294, 410
Astrología 19, 27, 28, 64, 210, 219, 242, 281, 297, 337, 338, 339, 392, 409, 460
Astronomía 1, 7, 8, 21, 122, 127, 339, 384, 404, 428, 436, 448, 449, 450
Axis mundi 99, 101, 159, 165, 183, 210, 212, 219, 246, 335, 463
Big Bang 20, 21
Bisiesto 5, 55, 135, 229, 236, 237, 238, 239, 240, 264, 307, 409
Cenit 31, 32, 42, 43, 44, 63, 87, 102, 106, 114, 128, 133, 150, 158, 180, 191, 214, 215, 229, 241, 242, 258, 261, 262, 263, 266, 267, 311, 316, 341, 344, 345, 359, 410, 411, 412, 413, 438
Ciclo de Saros 286, 290
Ciclo Dracónico 47
Ciclo Metónico 47
Conjunción 53, 54, 56, 64, 321, 410, 478, 479
Conjunción Inferior 53, 54, 56
Conjunción Superior 53, 54
Coordenadas altazimutales 31, 32, 359
Coordenadas ecuatoriales 30
Cosmogonía 20
Cosmovisión 13, 87, 96, 97, 99, 106, 108, 142, 148, 151, 166, 181, 183, 185, 187, 201, 203, 209, 210, 213, 214, 219, 258, 293, 301, 304, 306, 324, 342, 351, 352, 355, 376, 380, 397, 401, 402, 403, 421, 460, 463, 468, 472
Crepúsculo 62, 63, 294, 367, 397, 439, 440, 441, 443, 446
Cuenta Larga 14, 72, 73, 220, 224, 229, 230, 231, 232, 269, 313, 341
Día sideral 34
Eclíptica 27, 28, 29, 33, 34, 39, 40, 42, 43, 47, 49, 51, 53, 56, 59, 61, 64, 94, 131, 136, 250, 316, 318, 320, 332, 333, 337, 339, 341, 342, 356, 387, 411, 479
Elíptica 33, 40, 53
Elongación 56, 65, 294, 305, 306, 316
Gnomon 13, 89, 95, 163, 177, 203, 204, 241, 264, 266
Helíaco 61, 62, 102, 114, 411
Hierofanía 123, 124, 130, 137, 187, 188, 271, 351
Horizonte 2, 13, 23, 24, 31, 32, 36, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 55, 56, 59, 60, 62, 63, 88, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 102, 103, 106, 111, 112, 114, 115, 120, 122, 125, 126, 127, 131, 132, 137, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 174, 183, 190, 196, 198, 200, 202, 203, 205, 215, 218, 221, 242, 247, 250, 264, 269, 278, 282, 291, 295, 303, 304, 305, 311, 313, 321, 336, 348, 349, 350, 351, 352, 354, 356, 360, 386, 395, 396, 406, 409, 410, 411, 413, 417, 418, 423, 424, 425, 427, 430, 431, 436, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 445, 448, 452, 453, 456, 458,

459, 464, 465, 470
Invierno 2, 13, 25, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 68, 85, 86, 87, 93, 94, 96, 100, 103, 106, 116, 118, 119, 120, 127, 128, 131, 137, 143, 144, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 165, 174, 176, 200, 211, 237, 242, 260, 261, 267, 278, 279, 294, 304, 305, 306, 311, 313, 318, 330, 341, 395, 409, 412, 454, 455, 456, 470, 475, 480
Latitud celeste 27, 64
Limbo 62, 63, 91
Longitud celeste 64, 294, 410
Luz y sombra 97, 123, 125, 131, 175, 176
Macropsia 445
Meridiana 32, 57, 95, 96, 183, 411
Meridiano 32, 37, 42, 44, 52, 60, 65, 133, 137, 180, 258, 313, 316, 346, 351, 410, 411, 417
Mes Dracónico 47
Mesoamérica 4, 6, 12, 14, 17, 22, 24, 25, 26, 39, 41, 48, 53, 61, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 87, 88, 90, 91, 94, 98, 101, 102, 104, 109, 113, 115, 119, 122, 135, 138, 141, 142, 148, 149, 150, 158, 160, 179, 181, 182, 194, 197, 204, 205, 207, 208, 210, 217, 218, 220, 229, 233, 234, 235, 236, 237, 242, 243, 244, 247, 250, 251, 252, 261, 263, 269, 277, 278, 279, 280, 281, 283, 286, 288, 292, 297, 298, 304, 311, 327, 328, 330, 335, 336, 342, 344, 348, 351, 361, 364, 365, 369, 380, 384, 390, 395, 396, 397, 407, 447, 448, 450
Mes Sideral 47
Mes Sinódico 47
Meteoroides 66, 67, 375, 376, 379, 380
Micropsia 445
Nadir 31, 32, 215, 258, 267
Nodo 47, 49, 51, 64, 135, 136, 285, 288
Otoño 39, 40, 41, 42, 94, 96, 124, 131, 150, 152, 159, 174, 196, 199, 200, 309, 396, 454, 456, 464, 465
Paralaje 56, 412
Pareidolia 37, 271, 324, 337
Período sinódico 45, 53, 54, 55, 58, 86, 144, 225, 294, 295, 302, 303, 304, 313, 316, 317, 319, 320, 322, 323, 361, 412
Plano de la eclíptica 27, 28, 29, 34, 47, 387
Primavera 28, 39, 40, 41, 42, 43, 94, 96, 111, 123, 124, 128, 130, 131, 150, 152, 156, 159, 174, 196, 199, 200, 284, 343, 396, 422
Primera vertical 96, 183, 403
Primer Punto de Aries 29, 47, 409
Rayo incidente 455
Reflexión 44, 89, 136, 393, 401, 443, 454, 455, 456
Refracción 32, 49, 63, 91, 93, 283, 439, 442, 443, 445, 456
Retrógrado 60, 61, 294, 313, 315, 317, 320, 411, 479
Sciotereo 95
Segunda Ley de Kepler 40
Sizigia 412
Verano 13, 25, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 85, 87, 88, 93, 94, 96, 100, 103, 106, 112, 116, 118, 120, 124, 127, 128, 133, 135, 136, 141, 145, 150, 152, 153, 155, 156, 158, 159, 164, 178, 211, 248, 263, 278, 279, 321, 341, 395, 409, 412, 423, 451, 458, 480
Zodiaco 27, 28, 35, 273, 337, 338, 339, 387

E
Estrellas mesoamericanas

Ahzah Kab Ek 310
Chac Ek 310
Chamal dzutan, cometa 383
Citlalcholoa 309
Citlalcuitlatl, estrella fugaz 378, 380
Citlalicue, estrella femenina 327, 331, 332, 336, 361
Citlalin tlamina, especie de cometa o estrella fugaz 364, 375
Citlalocuile, estrella oruga 383
Citlalpol, estrella grande 362
Citlalpopocatzin, estrella que humea 374
Citlaltonac, estrella masculina 327, 331, 332, 361
Citlapol, estrella resplandeciente 309
Ek Chuah 352
Ek' Chuwaj, estrella Polaris 359
Huei citlalin, estrella grande 309, 362
Lub- u lek, estrella que cae 377
Macuilxóchitl 307
Noh Ich 310
Piliz-dzoncab, estrellas fugaces 378
Stáku-nisi, estrella jaguar 355
Xihuitl, como meteoroide 86, 87, 140, 220, 236, 375, 376, 381
Xohom' k'anal, estrella rayo de luz 374
Yaah Baak'ul Xaman, estrella Polar 359
Yohualtecuhtli, estrella Aldebarán 256, 347, 348
Zitlalpopoca, estrella que humea 374

Estrellas occidentales

1 Geminorum 131, 132
13 Vulpeculae 132
Aldebarán 36, 39, 128, 256, 332, 333, 347, 348, 360
Alhena 359
Alnilam 346
Alnitak 346
Altair 39, 132
Antares 147, 148, 351
Arturo 39, 362
Bellatrix 347, 353
Betelgeuse 30, 39, 353, 360
Capela 114, 115
Capella 39
Cástor 128, 347, 353, 359, 360
Deneb 132
Estrella de Belem 321
Estrella de la Mañana 53, 54, 55, 56, 80, 147, 295, 315, 317, 318, 405
Estrella de la Tarde 53, 54, 56, 311
Estrella del Norte 358, 405
Estrella Polar 61, 356, 358, 359
Estrellas inoccidas 62, 411
Estrellas náuticas 440, 441
Mintaka 346
Polaris 141, 356, 357, 359
Pólux 128, 347, 353, 359, 360
Proción 39
Rigel 39, 347, 353, 360
Sirio 39, 102, 128, 362
Spica 39
Stella Maris 405
Tejat 359
Vega 39, 132, 261, 362, 457

F
Fenómenos astronómicos

Conjunción 64, 65, 276, 294, 301, 302, 304, 305, 306, 312, 314, 316, 320, 321, 352, 409, 410, 420, 449, 455
Cuadrántidas 67
Cuarto creciente 45, 295
Cuarto menguante 45, 279, 280
Dracónidas 67
Eclipse 48, 49, 50, 51, 64, 128, 135, 136, 260, 274, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 294, 313, 316, 337, 361, 363, 378, 391, 398, 411, 462
Eclipse de Sol 49, 64, 281, 282, 285, 287, 288, 316, 462
Eclipse lunar 49, 50
Eclipse solar 50
Equinoccio 5, 13, 24, 28, 39, 40, 44, 93, 94, 95, 96, 111, 112, 113, 123, 124, 125, 130, 131, 143, 148, 150, 152, 153, 155, 156, 157, 159, 160, 164, 165, 166, 178, 183, 187, 238, 241, 250, 262, 284, 309, 337, 396, 403, 404, 409, 411, 420, 422, 424, 437, 457, 458, 459, 464, 465
Gemínidas 67
Intervalos de desaparición 59
Lágrimas de San Lorenzo 67
Leónidas 67, 379
Lluvia de estrellas 67, 379, 380
Luna llena 45, 46, 48, 127, 128, 135, 221, 222, 274, 278, 279, 280, 284, 291, 328, 362
Luna nueva 128, 274, 277, 284, 288, 412
Lunisticio 46, 127, 136
Movimiento retrógrado 60, 61, 294, 313, 315, 317, 411
Ocaso 13, 24, 28, 32, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 54, 55, 60, 61, 62, 63, 69, 85, 86, 91, 93, 94, 97, 100, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 112, 113, 116, 120, 123, 126, 127, 129, 132, 147, 149, 151, 152, 153, 154, 156, 174, 175, 178, 183, 184, 187, 199, 200, 233, 234, 257, 258, 291, 294, 303, 305, 312, 313, 321, 328, 330, 332, 354, 355, 403, 409, 411, 413, 421, 423, 424, 437, 445, 452, 455, 459, 465
Oposición 15, 39, 60, 61, 64, 65, 250, 256, 297, 313, 317, 446, 468
Oriónidas 67
Orto 24, 28, 32, 35, 60, 61, 62, 63, 97, 102, 114, 129, 234, 262, 278, 411, 455
Parada mayor 46, 93, 112, 127
Parada menor 46, 93
Paso cenital 5, 9, 31, 43, 44, 83, 84, 85, 86, 88, 91, 93, 100, 103, 104, 105, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 125, 132, 133, 134, 135, 136, 141, 142, 143, 147, 149, 150, 152, 155, 158, 160, 162, 163, 171, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 183, 184, 189, 195, 203, 204, 241, 242, 260, 263, 264, 266, 267, 268, 269, 332, 348, 396, 447, 457
Perseidas 67
Solsticio de invierno 2, 13, 40, 42, 44, 46, 47, 85, 86, 87, 93, 100, 103, 116, 118, 119, 120, 127, 128, 131, 137, 143, 144, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 165, 174, 176, 200, 237, 242, 260, 279, 304, 305, 306, 311, 313, 330, 395, 409, 412, 455, 475
Solsticio de verano 13, 40, 42, 47, 85, 87, 88, 93, 96, 103, 112, 116, 118, 120, 124, 128, 133, 135, 136, 141, 145, 150,

152, 153, 155, 156, 158, 159, 164, 178, 248, 263, 278, 321, 395, 409, 412, 423, 451, 458
Solsticios 23, 25, 34, 35, 39, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 55, 56, 85, 91, 94, 96, 100, 102, 106, 115, 116, 118, 125, 130, 150, 164, 168, 187, 211, 242, 249, 261, 262, 267, 279, 305, 311, 403, 411, 412, 413, 426, 458, 459
Táuridas, lluvia de estrellas 380
Tránsito de Mercurio 57, 58, 68
Tránsito de Venus 56, 57, 64, 84, 312, 313, 404

Fenómenos atmosféricos

Arco iris 69, 276, 376, 443, 453, 477
Arco solar 41, 152, 421
Aurora boreal 67, 68, 366, 384, 385, 386, 387
Bola de fuego 383, 446
Centella 383
Centellas 366, 376, 377, 388
Círculo parhélico 443
Dispersión de Rayleigh 438
Duendes, fenómeno atmosférico 391
Ecatepoztli, viento cobrizo 382
Elfo, fenómeno atmosférico 391
Hipohelio 443
Luz crepuscular 441, 444
Luz zodiacal 386, 387, 388
Parhelios 443
Punto antisolar 439, 440, 444
Rayo globular 383
Red sprites 391
Refracción atmosférica 63, 91, 93
Relámpago esférico 383
Tlahuizcali hualmoquetz aya, luz del amanecer 388
Tornado 382
Triboluminiscencia, luces en el cielo durante los terremotos 446

G
Galaxias

Andrómeda 37
Gran Nebulosa de Orión 37
Gran Nube de Magallanes 37
Triángulo 37
Vía Láctea 33, 37, 39, 131, 132, 157, 232, 273, 315, 318, 319, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 339, 341, 353, 357, 358, 361, 374

L
Lugares

Acancéh, sitio arqueológico 380
Aguada Fénix, sitio aqueológico 120
Ajusco, volcán 168, 199, 200
Alta Vista, sitio arqueológico 110, 113, 158, 159, 160, 168, 205, 247, 248, 448
Altiplano 11, 73, 75, 84, 91, 96, 123, 149, 150, 154, 160, 165, 172, 175, 181, 195, 208, 213, 217, 218, 219, 220, 229, 233, 235, 241, 254, 260, 267, 275, 280, 293, 300, 304, 309, 316, 326, 328, 339, 342, 350, 352, 353, 354, 355, 356, 358, 361, 374, 380, 395, 448, 480
Altiplano Central 73, 75, 181, 195, 217
Amecameca 154, 156, 449
Andes 8, 371, 448, 457
Azcapotzalco 119, 260
Aztlán, lugar mítico 372
Balankanché, gruta 218

Balsas, río 73, 75, 76, 481
Belice, país 73, 298
Boca de Potrerillos 15
Bonampak, sitio arqueológico 84, 332, 333, 339, 341, 360
Cacaxtla 73, 143, 147, 305, 308, 310, 311, 449
Calixtlahuaca 8
Cancún 84
Cantona, sitio arqueológico 151, 152, 153, 154, 177, 448
Cañada de la Virgen, sitio arqueológico 120, 126, 127, 128, 291
Caribe, mar 278
Cayambe, volcán 457, 458
Cehtzuc, sitio arqueológico 106
Centroamérica 74, 76, 79
Cerro de la Estrella 8, 223, 224, 228, 306, 344, 345
Cerro de las Minas 75
Chalcatzingo 11
Chalchihuites 181, 254, 349
Chalco 306
Chapa de Corso 76
Chapín 158, 159, 247
Chapultepec 96, 139, 142, 160, 168, 267, 268, 269
Chenchan, sitio arqueológico 266
Chiapas 76, 212, 229, 230, 380
Chichén Itzá 1, 9, 12, 24, 31, 44, 54, 55, 59, 74, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 91, 93, 104, 105, 109, 116, 117, 118, 123, 124, 125, 128, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 188, 195, 210, 218, 241, 264, 303, 308, 310, 323, 338, 339, 437, 447, 448
Chicomoztoc, lugar mítico 187, 372
Chicxulub 381
China, país 50, 237, 449, 460, 461, 463, 465, 467, 470, 472, 473
Cholula 73, 125, 149, 150, 151, 160, 175, 368, 426, 429, 449
Ciudad de México 10, 38, 40, 42, 44, 68, 94, 96, 99, 100, 118, 126, 144, 163, 168, 202, 223, 224, 274, 330, 344, 384, 446, 448, 449
Coatepetl, lugar mítico 274
Cobá 74
Cochasquí, Ecuador 458, 459
Cofre de Perote, volcán 151, 152, 153, 154
Colhuacan 228
Colima 75
Copán, sitio arqueológico 100, 187, 229, 263, 310, 334
Costa del Golfo 76, 78, 175
Coyoacán 119
Coyonacazco 382
Cozumel 84, 278, 279
Cuatlapanga, cerro 143, 147
Cuaziatonale, cerro 143, 146
Cuetlajuchitlán, sitio arqueológico 138
Cueva de la Reflexión, Argentina 454, 456
Cuicuilco 74, 77, 94, 142, 143, 148, 156, 157, 168, 448
Dzibilchaltún, sitio arqueológico 100, 130, 131, 278
Ecuador, país 28, 29, 30, 33, 34, 35, 39, 40, 42, 43, 47, 94, 412, 457, 458, 465
Egipto, país 2, 284, 384
El Mirador, sitio arqueológico 74, 144, 151, 152, 153, 154, 162, 164, 177
El Pelón, picacho 159
El Solitario, sitio arqueológico 199, 200, 201, 425
Etla 75
Golfo de México 76, 78, 79, 175, 278, 385

Gran Nayar 261
Guachipas, Argentina 89, 454, 456
Guanajuato 120, 126, 291
Guatemala 73, 76, 78, 230, 231, 252, 298, 319, 321
Guerrero 75, 76, 380, 474
Heilprin, picos 163, 204
Hochob, sitio arqueológico 266
Holtún, cenote 89, 178, 179, 180, 194, 195, 210, 218
Honduras, país 73, 229, 339, 436
Huacaltepec, cerro 151, 152, 177
Huexotla, sitio arqueológico 149, 303
Huintitépetl, cerro 144, 147
Huizachtépetl, cerro 224, 306, 344, 345, 349
Isla Mujeres 278
Ixtlahuaca 166
Izamal 74
Izapa 76, 229, 252, 263, 264, 266, 334
Iztaccíhuatl, volcán 11, 16, 147, 149, 150, 154, 155, 160, 165, 197, 199, 200, 202, 400, 418, 419, 425, 427, 428, 430, 431, 432, 444, 449
Iztapalapa 224, 305, 344, 345, 399, 450
Jalisco 75, 373
Jocotitlán 171
Juxtlahuaca 76
Kanjuyum, cenote 179, 210
La Catedral, cerro 126, 166, 167, 171
La Malinche, volcán 3, 125, 142, 143, 144, 145, 147, 153, 154, 165, 166, 171, 175, 440, 449
La Quemada, sitio arqueológico 110, 111, 112, 113, 400
La Venta 26, 100
Los Remedios 99, 118, 448
Malinalco, sitio arqueológico 121, 122, 137
Matlalcueye, volcán 125, 143, 145, 146, 148, 165, 448, 449
Mayapán 74, 84, 129, 295, 312, 313
Miahuatlán 75
Michoacán 75, 266, 369, 370, 403
Mitla, sitio arqueológico 120, 308, 352, 353, 362
Monte Albán, sitio arqueológico 5, 26, 75, 100, 113, 114, 115, 133, 135, 204, 217, 481
Monte Fuji, Japón 464, 465
Monte Tláloc, volcán 96, 119, 126, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 175, 268, 449
Nahualac, sitio arqueológico 196, 201, 202, 203, 432, 433
Nakbé 74
Naranjo, sitio arqueológico 319, 321
Naucalpan 68, 118, 271
Nayarit 75
Nevado de Toluca, volcán 32, 100, 143, 144, 161, 162, 163, 164, 171, 204, 211, 264, 422, 444, 449
Nexpayantla, sitio arqueológico 196, 198
Nocuchich, sitio arqueológico 266, 267
Nopala 381
Nueva España 5, 57, 58, 223, 228, 241, 242, 269, 307, 364, 365, 366, 368, 371, 377, 382, 386, 388, 391
Oasisamérica 79
Oaxaca 74, 79, 86, 114, 141, 239, 270, 308, 353, 374, 380
Otoncapulco, cerro 118
Oxkintok, sitio arqueológico 100, 131
Paalmul, sitio arqueológico 129
Pacífico, océano 75, 78
Palenque, sitio arqueológico 84, 233, 262, 263, 292, 300, 310, 316, 318, 319, 322, 374

Papayo, cerro 94, 156, 157, 330, 448
Pedregoso, cerro 158, 159
Pekín, China 461, 462, 463
Perú 4, 75
Petén 74, 230
Pico de Orizaba, volcán 22, 165, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 198, 199, 309, 386, 449
Pico Moctezuma 149
Pico Tres Padres 149
Popocatépetl, volcán 11, 125, 135, 142, 143, 149, 150, 154, 160, 163, 164, 165, 168, 174, 175, 196, 197, 198, 199, 264, 386, 400, 430, 431, 449
Poyauhtlán, sitio arqueológico 172, 173, 196
Puebla 22, 57, 73, 74, 84, 125, 143, 168, 198, 374, 378, 380, 400, 448, 449
Puerto Marqués 76
Puerto Rico, sitio arqueológico 266
Quimichintepec 381
Quimichu, cerro 147
Quintana Roo 181, 215, 278
Quito 450, 457
Río Balsas 73, 75
Río Pecos, EE. UU. 459
Samaipata, Bolivia 452, 453
San Gervasio, sitio arqueológico 278
San José Mogote 75, 86
San Martín Tuxtla 175
San Miguel del Milagro 143
San Pedro Jaltepetongo 141
Sierra de Guadalupe 149, 168
Sierra la Negra 22
Sierra Madre del Sur 75
Stonehenge, Reino Unido 1, 403, 450, 451, 452
Tabasco 76, 120, 230
Tabasqueño, sitio arqueológico 266
Tacuba 74, 99, 119
Tajín, sitio arqueológico 100, 175
Tamoanchan, lugar mítico 253, 306
Tehuacán 74, 327
Tehuantepec 74
Telapón, sitio arqueológico 147
Tenayuca, sitio arqueológico 99, 118, 119, 166, 168
Tenochtitlan 73, 74, 99, 100, 101, 103, 118, 119, 126, 138, 139, 156, 157, 166, 223, 258, 259, 260, 261, 271, 273, 330, 344, 367, 371, 373, 374, 382, 383, 388, 405
Teolocholco 148
Teopantecuanitlán 76
Teotenango, sitio arqueológico 162, 281, 282, 309, 422, 423
Teotihuacán 7, 73, 74, 75, 77, 78, 87, 90, 101, 102, 103, 112, 114, 124, 125, 136, 137, 144, 174, 175, 176, 191, 224, 242, 247, 254, 256, 260, 271
Teotón, cerro 125, 168, 175
Tepetzinco, cerro 118
Tepeyac, cerro 156, 157, 166, 330, 382, 405, 433, 448, 449, 450
Tetzcotzinco, sitio arqueológico 138
Texcoco 74, 149, 368
Tíbet 205
Tikal 316, 334, 335
Tlachichihuatzi, cerro 143, 146, 148
Tlacolula 75
Tláhuac 139
Tlalancaleca, sitio arqueológico 138, 247
Tlalmanalco 419
Tlalocán, lugar mítico 419
Tlalpan 118
Tlamacas, cerro 119, 151, 197
Tlatelolco 119, 151, 197

Tlaxcala 3, 73, 143, 148, 198, 279, 280, 365, 368, 380, 388, 389, 391, 400, 448, 449
Tlaxiaco 270
Totimehuacan 138
Tototepec 381
Tres Zapotes, sitio arqueológico 230
Trópico de Cáncer 40, 43, 158, 412, 475
Trópico de Capricornio 40, 43, 267, 354, 412
Tula 74, 80, 89, 154, 256, 283, 299, 331, 372
Tulum 74, 84, 103, 131, 132
Tzinacamóztoc, cueva 152, 177, 178
Uaxactún, sitio arqueológico 115, 116, 130, 247
Uxmal 19, 25, 74, 105, 106, 107, 109, 120, 297
Valle de México 74, 157
Veracruz 76, 230, 391, 403
Xelhá, sitio arqueológico 335
Xibalbá, lugar mítico 295, 374
Xihuingo 3
Xochicalco, sitio arqueológico 7, 24, 25, 71, 73, 134, 135, 142, 160, 204, 264, 309
Xochimilco 160, 257, 260, 306
Xochitécatl, sitio arqueológico 138, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 153, 154, 163, 303, 449
Xochitepec, cerro 160
Xtoloc, cenote 178, 179, 210
Yaxchilán, sitio arqueológico 84, 319
Yucatán 4, 12, 13, 74, 79, 84, 94, 108, 124, 129, 142, 185, 186, 195, 241, 266, 279, 289, 297, 312, 371, 382, 391, 392, 395, 450
Yucuita 75
Yulá, sitio arqueológico 195
Zacatecas 75, 110, 111, 160, 168, 400, 448, 450
Zacatepetl, cerro 168
Zinacantán 319

N
Númenes mesoamericanos

Balamo'ob 378
B'alun Chan 324
Bolontiku 213, 214
Chaac 1, 105, 276, 295, 296, 311, 323, 325
Cihuacóatl 157, 329, 330, 331
Cintéotl 306, 307
Cipactli 160, 217, 241
Cipactónal 219
Coatlicue 260, 273, 328, 329, 331
Coyolxauhqui 260, 273, 274, 292, 328, 329, 330, 350
Dios D 325
Dios GI 262, 300
Dios K 293, 317, 318, 320, 322
Dios L 334, 374
Dios M 358
Dios N 322
Ehécatl 154, 256, 298, 299, 326, 477
Huehuetéotl 358
Huitzilopochtli 121, 126, 128, 137, 160, 224, 254, 257, 260, 273, 274, 292, 306, 328, 329, 330, 354, 362, 366, 367, 376
Hunahpú 235
Itzam Cab 217
Itzamná 131, 132, 219, 262, 276, 325, 326, 333, 350, 351, 361
Ix Chebel Yax 219
Ixchel 132, 276, 277, 278, 279

Ix Tan Dzonot 278
K'inich 262, 300
Metztli 272, 273, 306
Mixcóatl 260, 328, 329, 330, 331, 357
Nanahuatzin 235, 255, 256, 298
Ometéotl 251, 297
Oxlahuntikú 213, 214, 217, 325, 361
Oxomoco 219
Pawahtún 325
Quetzalcóatl 80, 123, 149, 150, 207, 251, 252, 253, 255, 256, 297, 298, 299, 300, 307, 308, 309, 326, 328, 329, 331, 350, 362, 372, 386, 477
Tecuciztécatl 235, 254, 255, 269, 270, 271, 272, 273
Tepeyóllotl 355
Tezcatlipoca 139, 228, 252, 253, 255, 260, 261, 293, 326, 327, 347, 354, 355, 362
Tlahuizcalpantecuhtli 80, 297, 300, 301, 307, 308, 349
Tláloc 96, 119, 126, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 175, 200, 202, 218, 260, 268, 293, 295, 297, 449, 477
Tlazoltéotl 275, 276
Tonantzin 157, 330, 331
Tonatiuh 251, 263, 281
Tzitzimime 256, 282, 344
Tzontemoc 258, 379
Xamán Ek' 358
Xamán Ek' Chuak 358
Xbalanqué 235
Xipe Totec 156, 255, 260, 293
Xiuhcóatl 224, 258, 260, 360
Xiuhtecuhtli 210, 224, 259, 293, 358, 376, 377
Xochipilli 260, 306, 307
Xólotl 270, 293, 297, 298
Yacahuiztli 360

S
Sistema solar

Asteroide 66, 375, 380
Cometa 66, 67, 68, 343, 362, 363, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 383, 388, 392
Estrellas fugaces 361, 376, 378, 380
Halley, cometa 362, 363, 364, 374
Júpiter 21, 52, 53, 59, 60, 61, 193, 213, 216, 226, 293, 294, 301, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 343, 362, 404, 411, 412
Luna 2, 15, 21, 26, 27, 34, 36, 37, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 65, 69, 88, 89, 93, 97, 101, 112, 127, 128, 129, 131, 132, 135, 136, 188, 207, 209, 213, 216, 221, 222, 223, 235, 249, 250, 253, 254, 255, 260, 261, 263, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 291, 292, 294, 297, 300, 302, 303, 304, 313, 316, 320, 323, 328, 330, 333, 334, 336, 338, 341, 354, 361, 362, 373, 387, 404, 405, 410, 412, 421, 424, 428, 436, 437, 443, 444, 445, 446, 453, 458, 460, 461, 463, 470
Lunaciones 188, 216, 277, 278, 290, 302, 304, 458
Marte 52, 53, 59, 60, 61, 64, 213, 229, 231, 293, 294, 302, 313, 314, 315, 316, 322, 323, 332, 333, 352, 353, 362, 411, 412, 446
Mercurio 52, 53, 56, 57, 58, 59, 64, 68, 193, 213, 216, 231, 293, 294, 295, 296, 297, 315, 316, 322, 323, 362, 412
Meteorito (s) 67, 374, 375, 376, 379, 380, 381, 382, 383, 384

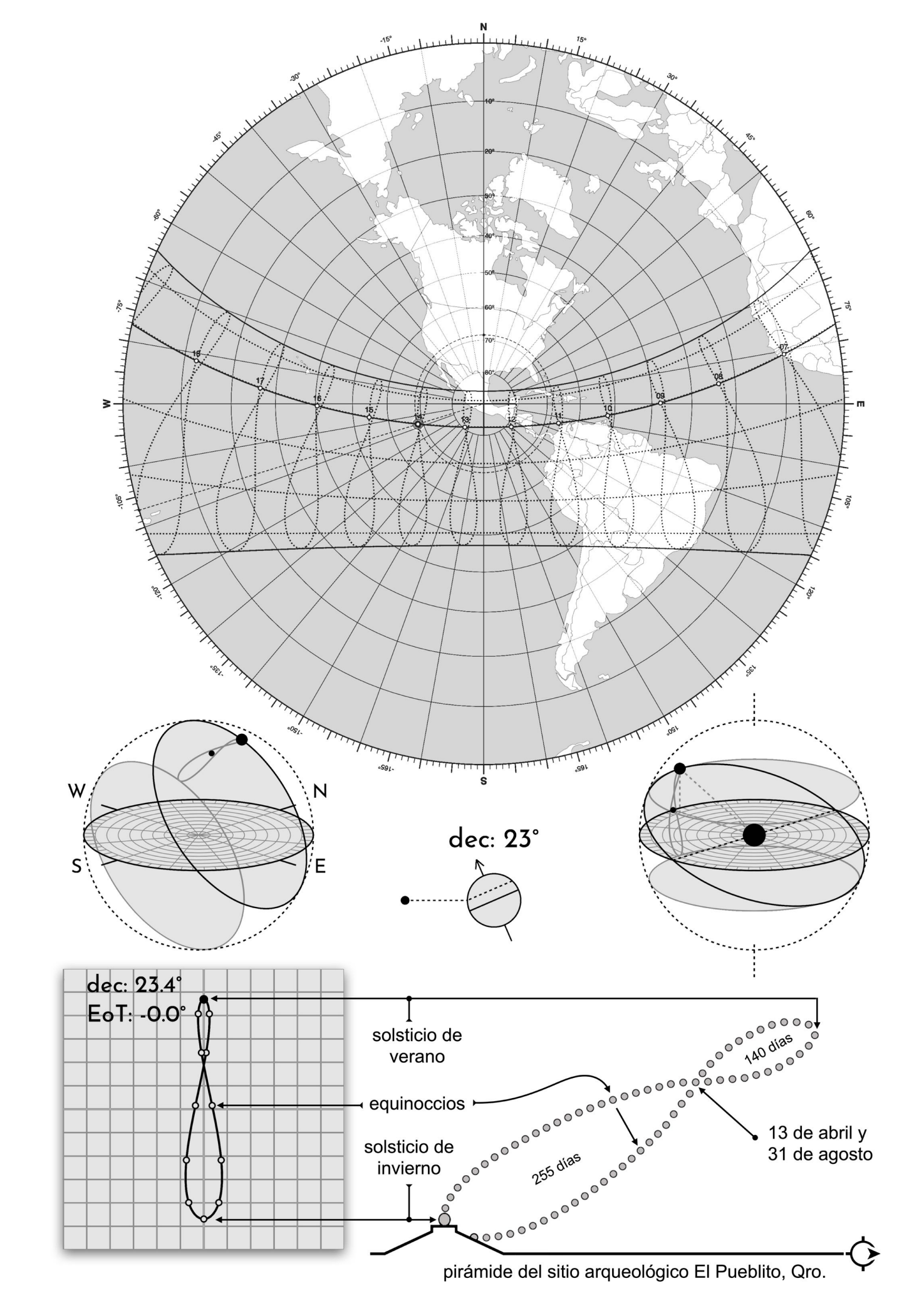
Meteoro 67, 393, 462
Neptuno 52, 66, 412
Plutón 28, 52
Saturno 52, 53, 59, 60, 64, 188, 193, 213, 216, 293, 294, 319, 320, 321, 322, 323, 333, 362, 411, 412
Sistema solar 28, 45, 65, 66, 67, 232, 251, 362, 375, 387, 477
Sol 2, 5, 6, 9, 13, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 168, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 187, 189, 195, 199, 200, 202, 204, 205, 207, 211, 212, 213, 215, 217, 218, 222, 223, 229, 232, 233, 234, 235, 241, 242, 243, 247, 248, 249, 250, 251, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266, 267, 268, 269, 270, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 285, 287, 288, 289, 291, 293, 294, 296, 297, 298, 300, 304, 305, 306, 307, 309, 311, 312, 313, 314, 316, 320, 323, 330, 332, 333, 337, 341, 342, 348, 354, 355, 358, 362, 363, 366, 371, 376, 377, 379, 385, 387, 388, 389, 391, 395, 396, 403, 404, 405, 406, 407, 409, 410, 411, 412, 413, 418, 420, 421, 422, 423, 424, 426, 428, 429, 430, 432, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 445, 447, 448, 449, 451, 453, 454, 456, 457, 458, 459, 460, 462, 463, 464, 465, 466
Tierra 27, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 67, 68, 84, 88, 114, 137, 152, 153, 162, 180, 181, 207, 210, 211, 212, 214, 217, 224, 241, 250, 251, 253, 254, 260, 261, 273, 276, 280, 282, 283, 285, 286, 287, 294, 295, 300, 305, 306, 310, 312, 313, 316, 319, 320, 329, 337, 348, 356, 362, 366, 368, 375, 379, 387, 398, 401, 403, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 418, 439, 440, 444, 463, 468, 469, 470
Urano 52, 412
Venus 7, 23, 24, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 64, 67, 69, 80, 84, 86, 93, 104, 106, 112, 128, 132, 144, 147, 148, 149, 155, 213, 216, 225, 229, 231, 247, 254, 266, 267, 293, 294, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 315, 316, 317, 319, 323, 328, 333, 334, 336, 338, 341, 343, 350, 351, 361, 362, 374, 375, 404, 412, 421, 439, 440

DERECHA

Analema, trazo en forma de lemniscata que representa la posición del Sol en el cielo, si todos los días del año se lo observa a la misma hora y desde el mismo lugar. El diagrama se puede trazar valiéndose de aplicaciones para teléfonos inteligentes o en páginas de internet aportando datos puntuales como el siguiente ejemplo que se aplica para el observatorio de iTiO en Naucalpan estado de México destacando el solsticio de verano:

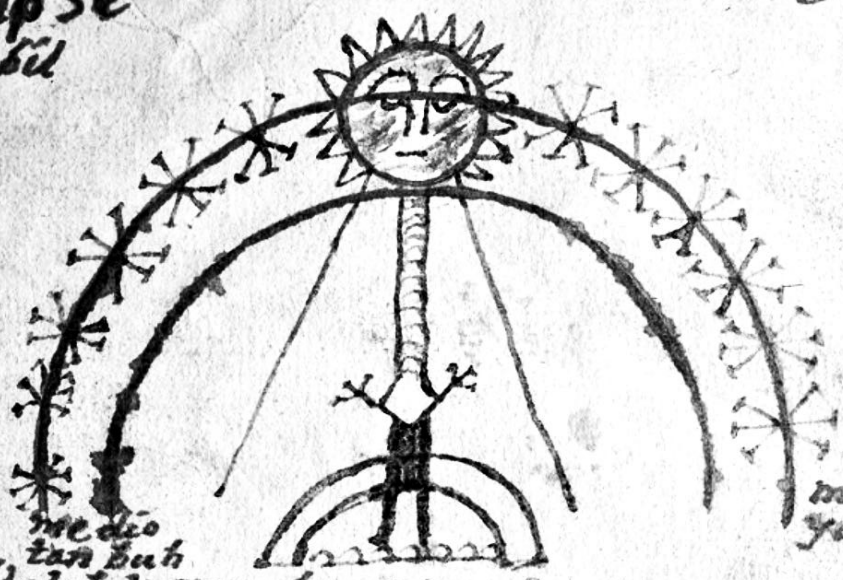
a) ω = -22.5° ángulo horario para la hora local de las 10:30 am
b) ε = 0.017 excentricidad de la órbita terrestre
c) δ = 23.44° declinación solar
d) λ = 19.42 ° latitud
e) q = 3 perihelio para el día juliano 3 (cuenta consecutiva de días a partir del 1 de enero de cada año, corresponde al 3 de enero)
f) equinoccio vernal para el 21 de marzo.

El componente axial del analema muestra la declinación del Sol y el transversal ofrece información acerca de la ecuación del tiempo en la gráfica como EoT, que es la diferencia entre el tiempo solar aparente y el tiempo solar medio.
El diagrama del analema en relación con la pirámide de El Pueblito en Querétaro en la λ = 20°, es una aportación de Rubén Hernández H.

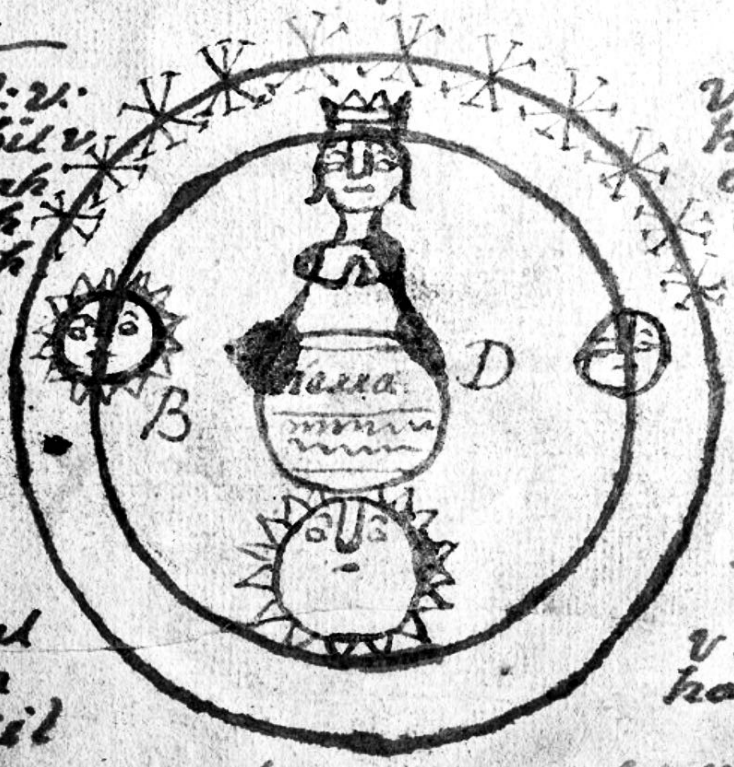

N
S
W
E
dec: 23°
dec: 23.4°
EoT: -0.0°
solsticio de verano
equinoccios
solsticio de invierno
140 días
255 días
13 de abril y
31 de agosto
pirámide del sitio arqueológico El Pueblito, Qro.

Eclipse
Vchibil

Dre Sol 16
kin



tixiblalob tuxaxob yanlay hun kuha: ucuinbail
machibil: ucah ki ni: hunun yanchumuco: lay
Cuchi bil: nupkun ka ucah y.V. tu chibil. xim
bal ucah payan be. tumail: chi bic kaakul
ucah uxim bal tixaman: nohoch: kun
pelili kun: Vchibilob kin y:V: tumail ka
chuc chum kine: Vnucul tulial yokol kic
mayaninicob bal cuyachil ti kik: yki
:V: lae



Vchibil: V:
machibil v
Ahi: cah
kamych
tal ucah
:V: y kin
tu hol
peten

Vchibil
kin: ma
chibil v
cahi:
Cahan
ych tal
ucah
kin y
:V: tu
hol pe
ten

Chicul
kuxan
D.l liCil

Vlah ca
hal=

Bibliografía

Academia española
1933 *Diccionario histórico de la lengua española*, tomo I, imprenta de librería y casa editorial Hernando S. A., Madrid, España.

Acuña, René
1976 "Calendarios antiguos del altiplano de México y su correlación con los calendarios mayas", en *Estudios de cultura náhuatl*, número 12, pp. 279-314, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, D. F.

Aguado, fray Pedro de
1917 *Historia de Santa Marta y Nuevo Reino de Granada*, tomo II, Establecimiento tipográfico de Jaime Rates, Madrid, España.

Aguilera, Carmen
1996 "Las deidades prehispánicas en el Tepeyac", en *Memorias de las Segundas Jornadas de Antropología, Iconografía, Códices y Ethohistoria*, Centro Mariano, México, D. F.

2000 "Las deidades prehispánicas en el Tepeyac", en *Tepeyac. Estudios históricos*, pp. 31-42, Carmen Aguilera y Arturo Montero (coords.), Editorial Mexicana del Tepeyac, S. A., México, D. F.

ENFRENTE

Explicación gráfica y con glosa de qué causa los eclipses en el libro *Chilam Balam de Chumayel,* folio 16 r. Este documento con aportaciones cristianas fue escrito en lengua maya con caracteres latinos alrededor del año 1775. El texto trata de convencer a los mayas de que los eclipses de Sol y Luna no son fenómenos sobrenaturales a los que se debe tener miedo, sino una manifestación de la voluntad de Dios.

Aguilera, Carmen y Jesús Galindo Trejo
1991 "Registro de eclipses en códices del Altiplano mexicano (1199-1531)", en *Eclipses en México*, pp. 60-67, Leonardo Manrique, Rosario Peniche y Víctor Manuel Espíndola (coords.), INAOE, INAH, SEP, México, D. F.

Aguilera, Carmen; Jesús Galindo e Ismael Arturo Montero García
1997 "Cerro Papayo: An astronomical, calendrical and traditional landmark in ancient Mexico", en *Proceedings of the IV European Society for Astronomy and Culture Meeting, Astronomy and culture*, pp. 165-172, Jascheck y Barandela (coords.), Universidad de Salamanca, España.

AIA, Año Internacional de la Astronomía
s. f. *Determinación de la dirección norte – sur y de la sombra en el momento del tránsito*, en *AIA* <http://www.astronomia2009.es/Documentos/GNOMON/F3_10_determinacion_direccion_norte_sur.pdf>, consulta: 26/07/2014.

Albores, Beatriz
2001 "Ritual agrícola y cosmovisión: Las fiestas en cruz del Valle de Toluca, Estado de México", en *La montaña en el paisaje ritual*, pp. 419-439, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Arturo Montero (coords.), IIH-UNAM, Conaculta, INAH y Universidad Autónoma de Puebla, México, D. F.

Alcalá, Jerónimo de
2010 *Relación de Michoacán*, El Colegio de Michoacán, Morelia, México.

Alvarado Tezozómoc, Hernando
1944 *Crónica Mexicana*, Editorial Leyenda, México, D. F. [manuscrito, 1598].
1987 *Crónica Mexicana,* Editorial Porrúa, México, D. F. [manuscrito, 1598].

Álvarez, Cristina
1997 *Diccionario etnolingüístico del idioma maya yucateco colonial*, volumen 3, UNAM, México, D. F.

Anda Alaniz, Guillermo de
2007 *El Culto al Cenote en el Centro de Yucatán*, mecanuscrito del proyecto de arqueología subacuática presentado al Consejo de Arqueología del INAH, Facultad de Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

Anders, Ferdinan y Maarten Jansen
1996 *Religión, costumbres e historia de los antiguos mexicanos*, libro explicativo del llamado *Códice Vaticano A (3738)*, introducción y explicación de Ferdinan Anders y Maarten Jansen, Akademische Druck und Verlagsanstalt, Graz y FCE, México, D. F.

Anderson, Arthur
1994 "Los 'Primeros Memoriales' y el *Códice Florentino*", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, número 24, pp. 49-91, IIH-UNAM, México, D. F.

Aramoni Burguete, María Elena
1998 *Complejos conceptuales indígenas alrededor del espacio sagrado del Tlalocan: Un estudio comparado en México*, tesis de doctorado en antropología, FFL-UNAM, México, D. F.

Arellano Hernández, Alfonso
2001 "Las guerras venusinas entre los mayas", en *Arqueología Mexicana*, número 47, pp. 36-41, México, D. F.

Arochi, Luis E.
1984 *La pirámide de Kukulcán, su simbolismo*

solar, Panorama Editorial, S. A., México, D. F.

Arqueología Mexicana
2000 "Chichén Itzá", en *Arqueología Mexicana*, edición especial número 39, pp. 80-83, México, D. F.

Asensio, José María (editor)
1900 "Relación de la ciudad de Valladolid", en *Colección de documentos inéditos relativos al descubrimiento, conquista y organización de las antiguas posesiones españolas de ultramar*, tomo XIII, Relaciones de Yucatán II, Real Academia de la Historia, Madrid, España.

Ávalos Guzmán, Juan
1960 "La astronomía náhuatl", en *Historia Mexicana*, volumen 10, número 1, julio-septiembre, pp. 102-109, El Colegio de México, México, D. F.

Aveni, Anthony
1977 *Native american astronomy*, University of Texas Press, Austin, EE. UU.

1991 *Observadores del cielo en el México antiguo*, FCE, México, D. F.

2010 "Las profecías mayas de 2012", en *Arqueología Mexicana*, número 103, pp. 52-57, México, D. F.

2013 *Observadores del cielo en el México antiguo*, edición digital FCE, México, D. F.

Aveni, Anthony; E. Calnek y H. Hartung
1988 "Myth, Environment, and the Orientation of the Templo Mayor of Tenochtitlan", en *American Antiquity*, volumen 53 (2), pp. 287-309, EE. UU.

Aveni, Anthony y H. Hartung
1981 "The observation of the sun at the time of passage through the zenith in Mesoamerica", en *Archaeoastronomy*, número 3, S 51, Cambridge, R. U.

Aveni, A.; H. Hartung y B. Buckingham
1982 "Alta Vista Chalchihuites: Astronomical implications of a Mesoamerican Ceremonial Outpost al the Tropic of Cancer", en *American Antiquity*, volumen 47, número 2, pp. 316-355, Society for American Archaeology, EE. UU.

Ayala Falcón, M.
2001 "Métodos para estudiar la escritura maya" en *Arqueología Mexicana*, número 48, pp. 54-57, México, D. F.

Barriga Puente, Francisco
2004 Tsik, los números y la numerología entre los mayas, tesis de doctorado, ENAH, México, D. F.

2007 "Tsik. Principios de numerología maya", en *Diario de campo*, Ritos de Paso 5, marzo, Instituto Nacional de Lenguas Indígenas, CONACULTA-INAH, México, D. F.

Battcock , Clementina
2012 "Acerca de las pinturas que se quemaron y la reescritura de la historia en tiempos de Itzcóatl", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, número 43, enero-junio de 2012, pp. 95-113, IIH-UNAM, México, D. F.

Barba de Piña Chan, Beatriz (coord.)
2002 *Iconografía mexicana III*. Las representaciones de los astros, INAH-Plaza y Valdés, México, D. F.

Baudez, C. F.
2007 "Los dioses mayas. Una aparición

tardía" en *Arqueología Mexicana*, número 88, pp. 32-41, México, D. F.

Belmonte, J. A. (coord.)
2009 *Arqueoastronomía hispánica*, Equipo Sirius, Madrid, España.

Beltrán de Quintana, Miguel
1987 *El Sol en la mano. Estudios de iluminación, orientación y relojes solares*, UNAM, México, D. F.

Berghes, Carl de
1996 *Descripción de las ruinas de asentamientos aztecas durante su migración al Valle de México, a través del actual Estado Libre de Zacatecas*, traducción, estudio introductorio y notas de Achim Lelgemann, Gobierno del Estado de Zacatecas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Centro Bancario del Estado de Zacatecas, Zacatecas, México [manuscrito inédito del año 1855 según transcripción de Hanns J. Prem].

Broda, Johanna
1982 "Arqueoastronomía y desarrollo de las ciencias en el México prehispánico", en *Historia de la astronomía en México,* pp.69-118, Arturo Moreno (comp.), UNAM, México, D. F.

1983 "Ciclos agrícolas en el culto: un problema de la correlación del calendario mexica", en *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American Computations of Time*, pp. 145-165, Anthony Aveni y Gordon Brotherston (coords.), BAR International Series, número 174, Oxford, R. U.

1987 "Templo Mayor as ritual space", en *The great temple of Tenochtitlan: center and periphery in the aztec world*, pp. 61-123, Johanna Broda, David Carrasco y Eduardo Matos (coords.), Berkeley University of California Press, EE. UU.

1991 "Cosmovisión y observación de la naturaleza: el ejemplo del culto de los cerros en Mesoamérica", en *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, pp. 461-500, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé (coords.), IIH-UNAM, México, D.F.

1996 "Paisajes rituales del Altiplano Central", en *Arqueología Mexicana*, número 20, pp. 40-49, México, D. F.

2000a "Mesoamerican astronomy and the ritual calendar", en *Astronomy across cultures. The History of Non-West Astronomy*, pp. 225-267, Helaine Selin y Sun Xiaochun (coords.), Kluwer Academic Publishers, Londres, R. U.

2000b "Calendrics and ritual landscape at Teotihuacan: Themes of continuity in Mesoamerican cosmovision", en *Mesoamerica's, classic heritage: from Teotihuacan to the Aztecs*, pp. 397-432, David Carrasco, Lindsay Jones y Scott Sessions (coords.), University Press of Colorado, EE. UU.

2001 "Ritos mexicas en los cerros de la cuenca: los sacrificios de niños", en *La montaña en el paisaje ritual*, pp. 295-317, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Arturo Montero (coords.), IIH-UNAM, CONACULTA, INAH, y BUAP, México, D. F.

2002 "La fiesta del Fuego Nuevo y el culto a las Pléyades", en *Huizachtepetl. Geografía sagrada de Iztapalapa*, pp. 143-168, Arturo Montero (coord.), Deleg. Iztapalapa, Gob. del Distrito Federal, México, D. F.

2004 "La percepción de la latitud geográfica y el estudio del calendario mesoamericano", en *Estudios de Cultural Náhuatl,* volumen 35, pp. 15-43, IIH, México, D. F.

2006 "Zenith observations and the conceptualization of geographical latitude in ancient Mesoamerica: A historical interdisciplinary approach", en *Viewing the sky through past and present cultures, Selected papers from the Oxford VII International Conference of Archaeoastronomy*, Todd W. Bostwick y Bryan Bates (coords.), Pueblo Grande Museum Anthropological papers, número 15, EE. UU.

2009 "Simbolismo de los volcanes. Los volcanes en la cosmovisión mesoamericana", en *Arqueología Mexicana*, número 95, pp. 40-47, México, D. F.

Brotherston, Gordon

1997 "Los cerros Tláloc: su representación en los códices", en *Graniceros. Cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica*, pp. 26-46, Beatriz Albores y Johanna Broda (coords.), El Colegio Mexiquense, IIH-UNAM, México, D. F.

Burgoa, fray Francisco de

1989 *Geográfica descripción de la parte septentrional del Polo Ártico de la América y nueva Iglesia de las Indias Occidentales y sitio astronómico de esta provincia de predicadores de Antequera, Valle de Oaxaca,* Porrúa, México, D. F. [manuscrito, 1674].

Casado, Juan Carlos y Miguel Serra-Ricart

2013 *Fenómenos atmosféricos*, Instituto de Astrofísica de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, España.

Casares Contreras, Orlando Josué

2021 "Kukulcán, Venus y los ciclos agrícolas en la estructura 2D5 de Chichén Itzá, Yucatán", en *Trace*, número 79, enero, pp. 37-65, CEMCA, México, D. F.

Caso, Alfonso

1969 *El tesoro de Monte Albán*, INAH, México, D. F.

1978 *El pueblo del Sol*, FCE, México, D. F.

Castillo del, Cristóbal

1908 *Fragmentos de la obra general sobre Historia de los Mexicanos, escrita en lengua náhuatl por Cristóbal del Castillo a fines del siglo XVI,* Francisco del Paso y Troncoso (editor), Florencia, Tipografía de Salvador Landi, México.

Castillo, Víctor

1971 "El bisiesto náhuatl", en *Estudios de Cultura Náhuatl,* volumen 9, pp. 75-104, IIH-UNAM, México, D. F.

Cepeda, William

2006 *Eclipses*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Charnay, Desire

1973 "The ancient cities of New World begin voyages and explorations in Mexico and Central America from 1857-1888", en *Antiquities of the New World*, número 10, pp. 152-182, Explorations in archaeology Published by AMS Presrige, Mass, EE. UU.

Chavero, Alfredo

1882 "La piedra del sol. Estudio arqueológico", en *Anales del Museo Nacional de México*, tomo III, cap. xxv, primera época, pp. 3-26, México.

1884 "Historia antigua", en *México a través de los siglos. Historia general y completa del desenvolvimiento social, político, religioso, militar, artístico, científico y literario de México desde la antigüedad más remota hasta la época actual*, Vicente Riva Palacios (editor), 1er tomo, Ballesca-Espasa y Compañía, Barcelona, España.

1899 "Descripción del Omeyocan" en *Anales del Museo Nacional de México*, tomo V, capítulo III, primera época, pp. 286-296, México.

Chimalpahin Cuauhtlehuanitzin, Domingo Francisco de San Antón Muñón
1991 *Memorial breve acerca de la fundación de la ciudad de Culhuacan*, UNAM, México, D. F.

Codex Telleriano-Remensis
1995 Ritual, divination, and history in a pictorial Aztec manuscript, University of Texas Press, EE. UU.

Códice Aubin
1902 *Códice Aubin, Anales de Mexicanos,* Manuscrito Azteca de la Biblioteca Real de Berlín, texto introductorio de Antonio Peñafiel, Oficina Tipográfica de la Oficina de Fomento, México.

Códice Borbónico
1992 *El Libro Del Cihuacóatl. Homenaje para el fuego nuevo. Libro explicativo del llamado Códice Borbónico,* Códices mexicanos III, introducción y explicación de Ferdinand Anders, Maarten Jansen y Luis Reyes García (coords.), Sociedad Estatal Quinto Centenario, Graz, Akademische Druck und Verlagsanstalt, FCE, México / Austria.

Códice Borgia
1995 *Los templos del cielo y de la oscuridad: Oráculos y liturgia. Libro explicativo del llamado Códice Borgia,* Códices mexicanos V, introducción y explicación de Ferdinan Anders, Maarten Jansen y Luis Reyes García (coords.), Madrid, Sociedad Estatal Quinto Centenario, Akademische Druck und Verlagsanstalt, Graz, FCE, México / Austria.

Códice Durán
1990 *Códice Durán*, con ilustraciones a la obra de fray Diego Durán, Arrendadora Internacional, México, D. F.

Códice Fejérváry-Mayer
1994 *El libro de Tezcatlipoca, Señor del Tiempo. Libro explicativo del llamado Códice Fejérváry- Mayer*, Códices mexicanos VII, introducción y explicación de Ferdinan Anders, Maarten Jansen y Luis Reyes García (coords.), Madrid, Sociedad Estatal Quinto Centenario, Akademische Druck und Verlagsanstalt, Graz, FCE, México / Austria.

Códice Florentino
1980 *Códice Florentino*, manuscrito 218-20 de la colección palatina de la Biblioteca Medicea Laurenziana, 3 volúmenes, editado por el Gobierno de la República, México, D. F. Véase también como Sahagún, 1980.

Códice Magliabecchiano
1971 *Códice Magliabecchiano*, Biblioteca Nacional de Firenze, CL. XIII, 3 [B. R. 232]. Akademische Druck und Verlagsanstalt, Graz, Austria.

Códice Matritense del Real Palacio
1905 *Códice Matritense del Real Palacio*, Francisco del Paso y Troncoso, *Historia General de las Cosas de la Nueva España*, por fray Bernardino de Sahagún, ed. facs., vol. V, 2a parte, Madrid, España.

Códice Mendoza
1979 *Códice Mendoza*, Ediciones San Ángel, México, D. F.

Códice Nuttall
1992 *Códice Zouche-Nuttall*, Crónica mixteca, El rey 8 Venado, Garra de Jaguar, y la dinastía de Teozacualco-Zaachila, introducción y explicación de Ferdinand Anders, Maarten Jansen y Gabina Aurora Pérez Jiménez, Sociedad Estatal Quinto Centenario, Akademische Druck und Verlagsanstalt, editado por el FCE, México, D. F.

Códice Ríos o Vaticano A 3738
1964 *Antiquities of México*, facsímil del editado por lord Kingsborough en Londres, R. U., volumen III, estudio e interpretación de José Corona Núñez, editado por la SHCP, México, D. F. Véase también como Códice Vaticanus.

Códice Vaticano A
1996 *Religión*, costumbres e historia de los antiguos mexicanos, libro explicativo del llamado Códice Vaticano A Codex Vatic. Lat. 3738 de la Biblioteca Apostólica Vaticana, Maarten Jansen y Ferdinand Andres (coords.), FCE, Akademische Druck und Verlagsanstalt, FCE, México / Austria.

Códice Vaticanus A 3738 o Códice Ríos
1979 Reproducción a color del manuscrito, Biblioteca Apostólica Vaticana, editado por Graz, volumen 65, Códices Selecti, Italia.

Códice Vaticanus B (3773)
1993 *Códice Vaticanus B*, manual del adivino, facsímil del códice y libro explicativo del llamado Códice Vaticano *B*, Ferdinan Anders, Maarten Jansen y Luis Reyes García (coords.), FCE, Sociedad Estatal Quinto Centenario, Akademische Druck und Verlagsanstalt, FCE, México / Austria.

Códice Vindobonense
1992 *Codex Vindobonensis,* Origen e historia de los reyes mixtecos, introducción y explicación de Ferdinand Anders, Maarten Jansen y Gabina Aurora Pérez Jiménez, Sociedad Estatal Quinto Centenario, Akademische Druck und Verlagsanstalt, editado por el FCE, México, D. F.

Códice Xólotl
1980 *Códice Xólotl,* edición, estudio y apéndice de Charles E. Dibble, editado por el IIH-UNAM, México, D. F.

Coe, Michael D.
1975 "Native Astronomy in Mesoamerica", en *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, pp. 3-31, University of Texas Press, Austin, EE. UU.

Coggins, Clemency C.
1982 "The zenith, the mountain, the center, and the sea", en *Annals*, New York Academy of Sciences, volumen 385, pp. 11-24, EE. UU.

Contel, José
2009 "Los dioses de la lluvia en Mesoamérica", en *Arqueología Mexicana*, número 96, pp. 20-25, México, D. F.

Córdoba, fray Juan de, O. P.
1578 *Arte en lengua Zapoteca,* contiene notas sobre el calendario, usos, ritos y costumbres, En casa de Pedro Balli, México.

Cornejo Rodríguez, A; S. Vázquez; F. Granados; D. Gale; R. Diamant, R. Espinasa; J. Cruz; y M. Fernández
2011 "Xochicalco: Tlayohualchieliztli or

Development of the World", en *Proceedings of* SPIE, volumen 8011, Ramón Rodríguez Vera y Rufino Díaz Uribe (coords.), Puebla, México.

Corona Núñez, José
1964 Véase en *Códice Ríos* (Vaticano A 3738).

Covarrubias Díaz, Francisco
1876 *Viaje de la Comisión Astronómica Mexicana al Japón: para observar el tránsito del planeta Venus por el disco del Sol: el 8 de diciembre de 1874*, Imprenta Políglota de C. Ramiro y Ponce de León, México.

CRI (China Radio Internacional)
2009 "Misteriosa montaña Tianmenshan" en *China Radio Internacional,* edición en español, <http://espanol.cri.cn/161/2009/01/15/1s171165.htm>, consulta 12/11/2018.

Cruz, Víctor de la
1995 "Los nombres de los días en el calendario zapoteco piyé en comparación del calendario nahua", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, pp. 149-176, UNAM, México, D. F.

Cuevas Cardona, Consuelo y Salvador Cuevas Cardona
2016 *"Las increíbles auroras boreales que se vieron en México en los siglos XVIII y XIX"*, en *Revista Relatos e Historias en México*, número 99, México, D. F.

Díaz, Ana
2011 "La Lápida de los cielos del Museo Nacional de Antropología (México). Un recorrido por el imaginario celeste nahua a través de las piezas de la sala Mexica", en *Anales del Museo de América*, número 19, pp. 121-143, Madrid, España.

Díaz Bolio, José
1987a *La serpiente emplumada: eje de culturas*, Registro de Cultura Yucateca, Mérida, México.

1987b The Geometry of the Maya and their Rattlesnake Art, editorial Área Maya, Mérida, México.

Díaz del Castillo, Bernal
2011 *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, edición, estudio y notas de Guillermo Séres, Real Academia Española, Galaxia Gutenberg-Círculo de Lectores, Barcelona, España [manuscrito, 1568; primera edición, 1632].

Digby, A.
1974 "Crossed trapezes: A pre-Columbian astronomical instrument", en *Mesoamerican archaeology: New approaches*, pp. 271-281, N. Hammond (coord.), University of Texas. EE. UU.

Domínguez Ángeles, Alondra
2013 *La concepción maya del cenote y sus características geográficas a través de la iconografía del Códice de Madrid,* mecanuscrito, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, México.

Dupey García, Éloide
2015 "Olores y sensibilidad olfativa en Mesoamérica", en *Arqueología Mexicana*, número 135, pp. 24-29, México, D. F.

Durán, fray Diego
1984 *Historia de las Indias de Nueva España e Islas de Tierra Firme,* (dos tomos), Editorial Porrúa, México, D. F.

Echeverría García, Jaime
2014 "´El Sol es comido´: representaciones, prácticas y simbolismos del eclipse solar entre los antiguos nahuas y otros grupos mesoamericanos", en *Revista Española de Antropología Americana*, volumen 44, núm. 2, pp. 367-391, Universidad Complutense de Madrid, España.

Edmonson, Munro
1995 *Sistemas calendáricos mesoamericanos, el libro del año solar,* Culturas Mesoamericanas, número 4, IIH, UNAM, México, D. F.

2000 "Los calendarios de la Conquista", en *Arqueología Mexicana*, número 41, pp. 41-45, México, D. F.

Escalante, Roberto
1991 "Los eclipses en los códices mayas", en *Eclipses en México*, pp. 52-59, Leonardo Manrique, Rosario Peniche y Víctor Manuel Espíndola (coords.), INAOE, INAH, SEP, México, D. F.

1998 *Análisis de estructuras en el Códice de Dresde,* editado por el Centro de Estudios Mayas, IIF-UNAM, México, D. F.

Escalona Ramos, Alberto
1940 *Cronología y astronomía maya-mexica*, Editorial Fides, México, D. F.

Espinosa Pineda, Gabriel
2002 *La serpiente de luz: El arcoíris en la cosmovisión prehispánica (el caso mexica)*, tesis de doctorado en antropología, ENAH, México, D. F.

Espinsa Pereña, Ramón y Ruth Diamant
2012 "Tzinacamoztoc, Possible Use of a Lava Tube as a Zenithal Observatory Near Cantona Archaeological Site, Puebla, Mexico", en *Latin American Antiquity*, volumen 23, número 4, pp. 585596, EE. UU.

Fábrega, José Lino
1899 "Interpretación del Códice Borgiano", en *Anales del Museo Nacional de México,* traducción y notas arqueológicas y cronográficas de Alfredo Chavero y Francisco del Paso y Troncoso, tomo V, pp. 1-260.

Fähmel Beyer, Bernd
2001 "La representación de un cometa en la Tumba 2 de Mitla, Oaxaca, México" en *Indiana*, números 17 / 18, pp. 189-199, Ibero-Amerikanisches Institut Preußischer Kulturbesitz, Alemania.

Ferriz Santacruz, Pedro y Christian Siruguet
1978 *Los OVNI y la arqueología en México*, Editorial Diana, México, D. F.

Flores, Daniel
1995 "En el problema del inicio del año y el origen del calendario mesoamericano: un punto de vista astronómico", en *Coloquio Cantos de Mesoamérica: metodologías científicas en la búsqueda del conocimiento prehispánico*, pp. 117-132, Daniel Flores (coord.), IA-UNAM, México, D. F.

2008 "Representaciones y conceptos astronómicos en Mitla y Jaltepetongo", en *La Pintura Mural Prehispánica en México. Oaxaca,* tomo III, pp. 351-375, Beatriz de la Fuente (coord.), IIE-UNAM, México, D. F.

2011 "Signos astronómicos de Mesoamérica", en *Legado astronómico,* pp. 171-182, Daniel Flores, Margarita Rosado y José Franco (coords.), IA-UNAM, México, D. F.

Flores, Daniel y Matthew Wallrath Boller
2002 "Teotihuacán: ciudad orientada mediante observación de estrellas circumpolares", en *Ideología y política a través de materiales, imágenes y símbolos*, Memoria de la Primera Mesa Redonda de Teotihuacán, pp. 231-254, UNAM, INAH, México, D. F.

Florescano Mayet, Enrique
1993 "Nueva imagen de Quetzalcóatl", en *Arqueología Mexicana*, número 4, pp. 26-32, México, D. F.

1997 "El mito nahua de la creación del cosmos y el principio de los reinos", en *La Palabra y el Hombre*, octubre-diciembre, número 104, pp. 57-70, Universidad Veracruzana, Xalapa, México.

2008 "El significado de los antiguos mitos mesoamericanos sobre la creación del cosmos, la fundación del reino y el principio de la civilización", en *Aportaciones científicas y humanísticas mexicanas en el siglo XX*, Octavio Paredes y Sergio Estrada (coords.), pp. 244-251, FCE, México, D. F.

Galindo Trejo, Jesús
1990 "Solar Observations in Ancient Mexico: Malinalco", en *Journal for the History of Astronomy*, número 15, pp. 17-36, Science History Publications Ltd., EE. UU.

1994 *Arqueoastronomía en la América Antigua*, CONACYT, Equipo Sirius, México.

1997 "La astronomía prehispánica en Tlaxcala", en *Coloquio sobre la Historia de Tlaxcala*, pp. 37-48, Ediciones del Gobierno del Estado de Tlaxcala, México.

2000 "Entre el ritual y el calendario. Alineación solar del Templo Mayor de Tenochtitlan", en *Arqueología Mexicana*, número 41, pp. 26-30, México, D. F.

2001a "Transfiguración sagrada de visiones celestes: alineación astronómica de estructuras arquitectónicas en cuatro sitios mayas", en *La Pintura Mural Prehispánica en México*, volumen II, Área Maya, tomo III, pp. 294-310, Beatriz de la Fuente y Patricia Staines (coords.), IIE-UNAM, México, D. F.

2001b "La observación celeste en el pensamiento prehispánico", en *Arqueología Mexicana*, número 47, pp. 29-35, México, D. F.

2003 "La astronomía prehispánica en México", en *Lajas Celestes: Astronomía e Historia en Chapultepec*, pp. 15-77, CONACULTA-INAH, México, D. F.

2006 "La astronomía prehispánica en México", en *Anuario astronómico nacional*, pp. 361-377, Madrid, España.

2007 "Las Civilizaciones Mesoamericanas: Arqueoastronomía Prehispánica", en *Breve Historia de la Astronomía en México*, Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, IA-UNAM, 9-21, México, D. F.

2009 "La astronomía prehispánica como expresión de las nociones de espacio y tiempo en Mesoamérica", en *Ciencias*, número 95, julio-septiembre, pp. 66-71, UNAM, México, D. F.

2010 "El tránsito de Venus por el disco del Sol de 2012", en *Arqueología Mexicana*, número 103, pp. 49-51, México, D. F.

2013 "La traza urbana de ciudades coloniales en México: ¿Una herencia derivada del calendario mesoamericano?", en *Indiana*, número 30, pp. 33-50, Ibero-Amerikanisches Institut, Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Alemania.

2015 "Templo Mayor, Tenochtitlan. Calendar and Astronomy", en *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, pp. 743-747, Clive L. N. Ruggles (coord.), Springer Science Business Media, Nueva York, EE. UU.

2021 Augurios celestes y la capitulación de Tenochtitlan, en *¿Cómo ves?*, pp. 8-13, revista de divulgación de la ciencia de la UNAM, mes de agosto, Ciudad de México.

Galindo Trejo, Jesús y Arcadio Poveda Ricalde
1997 "Cometas en el México prehispánico: el cometa de Motecuhzoma", en *Ciencias*, número 46, pp. 40-44, abril-junio, Facultad de Ciencias de la UNAM, México, D. F.

Galindo Trejo, Jesús e Ismael Arturo Montero García
2000 "El Tepeyac: un sistema de observación astronómica en el México antiguo", en *Tepeyac. Estudios históricos*, pp. 43-54, Carmen Aguilera y Arturo Montero (coords.), Editorial Mexicana del Tepeyac, S. A., México, D. F.

Galindo Trejo, Jesús; María Elena Ruíz y Daniel Flores
1998 "Bonampak: Una confluencia sagrada de caminos celestes", en *La Pintura Mural Prehispánica en México*, volumen II, Área Maya, tomo II, pp. 137-157, Beatriz de la Fuente y Patricia Staines (coords.), IIE-UNAM, México, D. F.

2001 "Encuentro celeste de deidades: La orientación astronómica de la Estructura 5 de Tulum", en *La Pintura Mural Prehispánica en México*, volumen II, Área Maya, tomo III, pp. 276-282, Beatriz de la Fuente y Patricia Staines (coords.), IIE-UNAM, México, D. F.

Gallo Monterrubio, Joaquín
1954 "Las constelaciones indígenas. Un ensayo: identificación de las constelaciones de Sahagún", en *Revista de la Universidad de México*, pp. 11-13, UNAM, México, D. F.

García Cook, Ángel
1994 *Cantona, México,* INAH y Salvat Ciencia y Cultura Latinoamérica, México, D. F.

2017 *Tlaxcala a la llegada de los españoles según las evidencias arqueológicas*, INAH, México, D. F.

García Moll, Roberto
1968 "Un adoratorio a Tláloc en la Cuenca de México", en *Boletín del INAH*, número 34, pp. 24-27, México, D. F.

García Mora, Carlos
2000 "Mesoamérica: Un proyecto científico y un programa político", en *Dimensión Antropológica*, año 7, volumen 19, pp. 65-95, mayo-agosto, INAH, México, D. F.

García Payón, José
1947 *Los monumentos arqueológicos de Malinalco*, Gobierno del Estado de México, Toluca, México.

García Sedano, Dante
2014 *Análisis espacial de evidencia arqueológica sumergida: cenote Holtún de Chichén Itzá*, tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.

Garcilaso de la Vega, Inca
2012 *Comentarios reales. Selección*, Linkgua digital, Barcelona, España.

Garibay, Ángel María
1996 *Teogonía e historia de los mexicanos. Tres opúsculos del siglo* XVI, Editorial Porrúa, Colección Sepan Cuantos, número 37, México, D. F.

Garza, Mercedes de la
1980 "El ullamaliztli en el siglo XVI", en *Estudios de Cultura Náhuatl,* número 14, pp. 315-333, IIH-UNAM, México, D. F.

1983 "Análisis comparativo de la Historia de los mexicanos por sus pinturas y La leyenda de los Soles", en *Estudios de Cultura Náhuatl,* volumen 16, pp. 123-134, UNAM, México, D. F.

2002 "Origen, estructura y temporalidad del cosmos", en *Religión maya* (Enciclopedia Iberoamericana de Religiones), pp. 53-82, Mercedes de la Garza y Martha Nájera (coords.), Trotta, Madrid, Esp.

2014 "El carácter sagrado del xoloitzcuintli entre los nahuas y los mayas", en *Arqueología Mexicana*, número 125, pp. 58-63, México, D. F.

Garza, Mercedes de la; Bernal Guillermo y Martha Cuevas
2016 *Palenque-Lakamha'. Una presencia inmortal del pasado indígena*, FCE (versión digital), México, D. F.

Geertz, Clifford
2000 *La interpretación de las culturas*, Editorial Gedisa, Barcelona, España.

Giddens, Anthony
1998 *La construcción de la sociedad*, Amorrortu Editores, Buenos Aires, Argentina.

Gómez Miranda, José Antonio
2021 *El Universo en 20 símbolos: Astronomía y Cosmovisión del México Antiguo*, edición del autor para versión digital en Kindle, Ciudad de México.

González Aparicio, Luis
1973 *Plano reconstructivo de la región de Tenochtitlan,* INAH, México, D. F.

González Hermosillo, Francisco
2012 "Códice de Cholula", en *Arqueología Mexicana*, número 115, pp. 66-70, México, D. F.

González Torres, Yólotl
1975 *El culto a los astros entre los mexicas*, SEP-setentas, editorial Diana, México, D. F.

1991 "Los precursores de los estudios sobre los astros en Mesoamérica", en *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, pp. 13-24, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé (coords.), IIH-UNAM, México, D. F.

2011 "La luna: cosmovisión mesoamericana y de otros pueblos del mundo", en *Legado astronómico*, pp.133-145, Daniel Flores, Margarita Rosado y José Franco (coords.), IA-UNAM, México, D. F.

Granados Saucedo, Francisco Salvador
2011 *El culto a la montaña* en E*l Centro Norte de México y sus implicaciones calendárico-astronómicas. Los casos de El Cerrito, El Barrio de la Cruz, El Rosario y La Trinidad, en Querétaro y Huamango,*

estado de México, tesis de doctorado, FFL-UNAM, México, D. F.

Graulich, Michel
1992 "La Piedra del Sol", en Azteca mexica, las culturas del México antiguo, pp. 291-295, José Alcina, Miguel León-Portilla y Eduardo Matos (coords.), Sociedad Estatal Quinto Centenario, Madrid, España.

2008a "Ochpaniztli. La fiesta de las siembras de los antiguos mexicanos", en *Arqueología Mexicana*, número 91, pp. 50-56, México, D. F.

2008b "Las fiestas del año solar en el Códice Borbónico", en *Itinerarios*, volumen 8, pp. 185-194.

2009 "Atamalcualiztli, fiesta azteca del nacimiento de Cintéotl-Venus", en Estudios de Cultura Náhuatl, número 32, pp. 359-370, IIH-UNAM, México, D. F.

Guillermoprieto, Alma
2013 "Secrets of the maya otherworld", en *National Geographic*, volumen 224, número 2, agosto, pp. 99-121, EE. UU.

Guilliem Arroyo, Salvador
1998 "El Templo Calendárico de México-Tlatelolco", en *Arqueología Mexicana*, número 34, pp. 46-53, México, D. F.

Hallpike, C. R.
1986 Fundamentos del pensamiento primitivo, FCE, México, D. F.

Harris, Jason, *et al.*
2013 "El manual de KStars", en KDE Documentation http://docs.kde.org/stable/es/kdeedu/ kstars/index.html, consulta: 22/6/2014].

Helmke, Christophe e Ismael Arturo Montero García
2015 "Caves and New Fire Ceremonies in Central Mexico: The Case of the Cerro de la Estrella, Iztapalapa, Mexico", en *Contributions in New World Archaeology*, pp. 55-100, volumen 8, Cracovia, Polonia.

2019 "A la sombra del Gólgota: continuidades y discontinuidades en las observancias rituales en el cerro de la Estrella", en *Rutas de Campo*, segunda época, enero-junio, número 5, pp. 106-121, INAH, Ciudad de México.

Hermann Lejarazu, Manuel A.
2011 "La serpiente de fuego en la iconografía mesoamericana", en *Arqueología Mexicana*, número 109, pp. 67-70, México, D. F.

2020 "Tenochtitlan y Jerusalén: ciudades marcadas por los mismos presagios", en *Arqueología Mexicana*, número 162, pp. 86-87, México, D. F.

Holguín Uttermann, Adolfo
2009 "El sistema calendárico y ritual de las pirámides de Cochasquí", mecanuscrito de la ponencia presentada en el *Primer Encuentro Internacional de Arqueoastronomía*, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Holland, W. R.
1963 *Medicina maya en los Altos de Chiapas. Un estudio de cambio sociocultural*, Instituto Nacional Indigenista, Colección Antropología Social, México, D. F.

Hoskuldsson, Armann y Claude Robin
1993 "Late Pleistocene to Holocene eruptive activity of Pico de Orizaba, Eastern Mexico", en *Bulletin of Volcanology*, número 55, pp. 571-587, Alemania.

Humboldt, Alexander von
2022 *Cosmos. Ensayo de una descripción del mundo físico*, volumen I, edición de Jaime Labastida y Adrián Herrera Fuentes, texto introductorio de Rosaura Ruiz Gutiérrez, Jaime Labastida, Adrián Herrera Fuentes, traducción de Sergio Martínez, Gonzalo Vélez y Juan Carlos Rodríguez, iconografía de Pablo Labastida, Siglo XXI Editores, Secretaría de Cultura y Turismo del Gobierno del Estado de México, El Colegio Mexiquense, UNAM, SECTEL, UAS, COLPOS [publicado orginalmente entre 1845 y 1862].

Icaza, Leonardo
2008 "Víbora de cascabel", en *Boletín del INAH*, 4 de septiembre, <http://www.inah.gob.mx/ index.php/boletines/2-actividades-academicas/1686-vibora-de-cascabel>, consulta: 11/6/2012.

2008b "Espejos prehispánicos" en *Boletines*, <https://www.inah.gob.mx/ boletines/1505-espejos-prehispanicosl>, consulta: 22/abril/2021.

2011 "Hallan escalinata de etapa fundacional de Tlatelolco", en *Boletines*, <https:// inah.gob.mx/ boletines/1925-hallan-escalinata-de-etapa-fundacional-de-tlatelolco>, consulta: 28/2/2021.

INAH
2008 "Víbora de cascabel" en *Boletines del INAH*, septiembre 4, <http://www.inah.gob.mx/ index.php/boletines/2-actividades-academicas/1686-vibora-de-cascabel>, consulta: 30/01/2015.

Iwaniszewski, Stanisław
1986 "La arqueología de alta montaña y su estado actual", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, número 18, pp. 249 273, UNAM, México, D. F.

1987 "El Templo de dios descendente en Tulum: Enfoque arqueoastronómico", en *Memorias del Primer Coloquio Internacional Mayista*, UNAM, México, D. F.

1994a "Archaeology and archaeoastronomy of mount Tlaloc, Mexico: A reconsideration", en *Latin American Antiquity*, volumen 5, pp. 158-176, EE. UU.

1994b "De la astroarqueología a la astronomía cultural", en *Trabajos de Prehistoria, número 51* (2), pp. 5-20, España.

1999 "El tiempo y la numerología en Mesoamérica", en *Ciencias*, número 54, pp. 28-34, UNAM, México, D. F.

2006 "La interpretación arqueoastronómica de la "Piedra del Gigante" de Orizaba y de la "Piedra Semilla" ("relieve solsticial") de Tomacoco", en *Trabajos de arqueoastronomía*, pp. 143-160, José Lull (coord.), Agrupación Astronómica de La Safor, España.

2016 "El tiempo y la Luna en la cultura maya: el caso de Cozumel" en *El papel de la arqueoastronomía en el mundo maya…"*, pp. 39-109, UNESCO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y H. Ayuntamiento de Cozumel, México, D. F.

2017 "Rethinking Nahualac, Iztaccíhuatl, Mexico: Between Animism to Analogism in Mesoamerican Archaeoastronomy", en *Culture and Cosmos*, volumen 21, número 21, pp. 215-231, R. U.

2018 "Tres marcadores calendáricos en Cocotitlán, estado de México", en *Estudios Latinoamericanos*, número 38, pp. 25-45, UNAM, Ciudad de México.

2019 "Michel Graulich y el problema del desfase estacional del año vago mexica", en *Trace*, número 75, enero, pp. 128-154, Cemca, Ciudad de México.

Johansson, Patrick
2013 "Presagios del fin de un mundo en textos proféticos nahuas", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, número 45, pp. 69-147, IIH-UNAM, México, D. F.

Jorge y Jorge, María del Carmen y Barbara J. Williams
2008 "Aztec Arithmetic Revisited: Land-Area Algorithms and Acolhua Congruence Arithmetic", en *Science*, volumen 320, pp. 72-77, Washington D. C., EE. UU.

Katarzyna, Mikulska Dąbrowska
2008 "El concepto de *ilhuicatl* en la cosmovisión nahua y sus representaciones gráficas en códices", en *Revista Española de Antropología Americana*, volumen 38, número 2, pp. 151-171, Universidad Complutense de Madrid, España.

Kelley, David H. y Milone Eugene F.
2005 "Mesoamerica" en *Exploring Ancient Skies*. An Encyclopedic Survey of Archaeoastronomy, pp. 353-410, Springer, New York, EE. UU.

Kelley, J. Charles y Ellen Abbott Kelley
2000 "The Archaeoastronomical System in the Río Colorado Chalchihuites Polity, Zacatecas: An Interpretation of the Chapín I Pecked Cross Circle", en *Greater Mesoamerica*, Michael S. Foster y Shirley Gorenstein (coords.), The University of Utah Press, Utah, EE. UU.

Kenrick Kruell, Gabriel
2019 "Revisión histórica del 'bisiesto náhuatl' en memoria de Michel Graulich", en *Trace*, número 75, pp. 155-187, Cemca, Cuidad de México.

Kingsborough, Lord
1964 Véase en *Códice Ríos* (Vaticano A 3738).

Kinsman, Hutch
2018 "Compendium of terms relating to meteors and comets (part 1)" en *The Codex*, at the University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology. Volumen 26, Issue 1-2, octubre 2017 – febrero 2018, Pennsylvania, EE. UU.

Kirchhoff, Paul
1943 "Mesoamérica. Sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales", en *Acta Americana*, volumen I, número 1, pp. 92-107, México.

Köhler, Ulrich
2002 "Meteors and comets in ancient Mexico", en *Catastrophic events and mass extinctions: impacts and beyond*, pp. 1-6, Geological Society of America, número 356, Colorado, EE. UU.

Landa, fray Diego de
1982 *Relación de las cosas de Yucatán*, Editorial Porrúa, México, D. F. [manuscrito, 1560].

Laurette, Séjourné
2004 *Cosmogonía de Mesoamérica*, CONACULTA, México, D. F.

Lebeuf, Arnold
1995 "Astronomía en Xochicalco", en *La acrópolis de Xochicalco*, pp. 217-287, Instituto de Cultura de Morelos, México.

2008 "El Sol 4-Ollin de los aztecas", en *Arqueología*, número 39, septiembre-diciembre, pp. 108-141, México, D. F.

Lejarazu, Manuel A. Hermann
2019 " 'De las señales que precedieron antes de la Conquista' en la obra de Diego Muñoz Camargo", en *Arqueología Mexicana*, número 156, pp. 84-85, Ciudad de México.

Lelgemann, Achim
1996 "Orientaciones astronómicas y el sistema de medida en La Quemada, Zacatecas, México", en *Indiana*, número 14, pp. 99-125, Ibero-Amerikanisches Institut, Stiftung Preußischer Kulturbesitz, Alemania.

León Cázares, María del Carmen
2016 "El Itinerario de la armada de Juan de Grijalva. Una propuesta de lectura desde la geografía histórica y el análisis historiográfico" en *De historiografía y otras pasiones. Homenaje a Rosa Camelo*, p. 95-138, Álvaro Matute y Evelia Trejo (coords.), IIH-UNAM, México, D. F.

León-Portilla, Miguel
1983 *De Teotihuacán a los aztecas*, antología de fuentes e interpretaciones históricas, UNAM, México, D. F.

1993 *La filosofía náhuatl. Estudiada en sus fuentes*, prólogo de Ángel María Garibay K, serie Cultura Náhuatl, monografías 10, UNAM, México, D. F.

León y Gama de, Antonio
1832 *Descripción histórica y cronológica de las dos piedras que con ocasión del nuevo empedrado que se está formando en la plaza principal de México, se hallaron en ella el año de 1790*, segunda edición con notas de Carlos María de Bustamante, Imprenta del ciudadano Alejandro Valdés, México.

Lind, Michael y Catalina Barrientos
2012 "Así era la Gran Plaza de Tollan-Chololan", en *Arqueología Mexicana*, número 115, pp. 48-53, México, D. F.

Litvack King, Jaime
1971 "Investigaciones en el Valle de Xochicalco 1969-1970", en *Anales de Antropología*, volumen VIII, pp. 101-124, IIA-UNAM, México, D. F.

López Austin, Alfredo
1983 "Nota sobre la fusión y la fisión de los dioses en el panteón mexica", en *Anales de Antropología*, número 22 (2), pp. 75-88, UNAM, México, D. F.

1994 *Tamonachan y Tlalocan*, FCE, México, D. F.

2006 *Los mitos del Tlacuache*, IIA-UNAM, México, D. F.

2012 *El conejo en la cara de la Luna. Estudios sobre mitología de tradición mesoamericana*, Ediciones Era, INAH, México, D. F.

López Camacho, Lourdes y Fernando Mondragón
1998 "Amecameca: un lugar mítico en medio de los volcanes", tesis de licenciatura, ENAH, México, D. F.

López Luján, Leonardo
1989 "Los petroglifos de Amecameca: un monumento dedicado a la elección de Moctehcuzoma Xocoyotzin", en *Anales de Antropología*, volumen 26, pp. 126-132, UNAM, México, D. F.

López Luján, Leonardo y Simón Martín
2019 "Los caracoles monumentales del recinto sagrado de Tenochtitlan", en *Arqueología Mexicana*, número 160, pp. 26-35, México, D. F.

Lounsbury, Floyd G.
1989 "A Palenque King and the Planet Jupiter", en *World Archaeoastronomy*, Anthony Aveni (coord.), pp 246-260, Cambridge University Press, Cambridge, R. U.

Love, Bruce
2015 "A Skyband with Constellations: Revisiting the Monjas East Wing at Chichen Itza", en *The Pre-Columbian Art Research Institute Journal*, volumen 15, número 3, pp. 11-14, Ancient Cultures Institute, San Francisco, EE. UU.

Macri, Martha y Gabrielle Vail
2009 *The New Catalog of Maya Hieroglyphs, Codical Texts*, volumen 2, Universidad de Oklahoma, EE. UU.

Malmström, Vincent H.
1973 "Origin of the Mesoamerican 260-day calendar", en *Science*, número 182, pp.939-941, EE. UU.

1991 "Edzna: Earliest astronomical center of the maya?", en *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, pp. 37-47, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé (coords.), IIH-UNAM, México, D. F.

1997 *Cycles of the Sun, Mysteries of the moon: The calendar in Mesoamerica Civilization*, University of Texas Press, Austin, EE. UU.

Manzanilla, Linda
1996 "El concepto de inframundo en Teotihuacán", en *Cuicuilco*, nueva época, volumen 2, número 6, pp. 29-51, México, D. F.

Marco Martínez, Consuelo
2011 "Shennong, emperador de China" en *Enciclopedia Universal Micronet*, < http://www.mcnbiografias.com/app-bio/do/show?key=shennong>, consulta 20/11/2018.

Márquez Huitzil, Ofelia
2019 "Análisis comparativo de los dioses venusinos en el Códice de Dresde maya y los dioses de códices rituales del Altiplano Central", en *Antilha, revista latinoamericana de historia, arte y literatura*, número 24, pp. 28-58, Centro de Estudios Sociales y Universitarios Americanos S. C., México, D. F.

Marquina, Ignacio
1981 *Arquitectura prehispánica*, tomo II, INAH, México, D. F.

Martin, Simón y Erick Velásquez
2016 "Polities and Places: Tracing the Toponyms of the Snake Dynasty", en *The PARI Journal*, Ancient Cultures Institute, volumen 17 (2), pp. 13-33, San Francisco, EE. UU.

Martínez del Sobral, Margarita
2010 *Numerología astronómica mesoamericana en la arquitectura y el arte*, Facultad de Arquitectura de la UNAM, México, D. F.

Martínez, José Luis
1988 *Leyenda de los soles*, traducción de Primo Feliciano Velázquez, Secretaría de Educación Pública, México, D. F. [manuscrito anónimo, 1558].

Martínez Pérez, Vicent J.
2005 *Astronomía fundamental*, Universidad de Valencia, España.

Masson, Marilyn
2001 "El sobrenatural cocijo y poder de linaje en la antigua sociedad zapoteca" en *Mesoamérica*, número 41, pp. 1-30, Tulane University, Nueva York, EE. UU.

Matos Moctezuma, Eduardo
2015 "El decir de las piedras. Discurso de ingreso a la Academia Mexicana de la Lengua", en *Arqueología Mexicana*, número 134, pp. 22-33, México, D. F.

Matos Moctezuma, Eduardo y Felipe Solís
2004 *El calendario azteca y otros monumentos solares*, Grupo Azabache e INAH, México, D. F.

Maupomé, Lucrecia
1982 "Reseña de las evidencias de la actividad astronómica en la América Antigua", en *Historia de la astronomía en México*, pp. 9-68, Arturo Moreno (comp.), UNAM, México, D. F.

Mediz Bolio, A.
1979 *Traducción al idioma español del Libro de Chilam Balam de Chumayel*, Biblioteca del Estudiante Universitario, número 21, UNAM, México, D. F.

Meiling, Wu
2012 "Inmortal Zhangjiajie", en *China hoy* < http://spanish.chinatoday.com.cn/tour/news/ content/2012-09/28/content_487241.htm>, consulta 28/9/2018.

Meléndez García, Adán
2015 *Conceptualización del espacio en la región de Chalco-Amaquemecan durante el Posclásico*, tesis de doctorado, ENAH, México, D. F.

Mendieta, fray Gerónimo de
2006 *Historia Eclesiástica Indiana*, Biblioteca Virtual Universal, Argentina.

Meza Gutiérrez, Arturo
2018 *Cauhpohualli, Collar de turquesas engarzado con oro de Sol*, Editores Altepetl, Ciudad de México.

Meza Gutiérrez, Arturo y David Wood Cano
2002 *La incógnita del nombre de México y de la fundación de la ciudad de Tenochtitlan*, Kalpulli Toltekayotl, México, D. F.

Mikulska, Katarzyna
2018 "El enigma de la parte central del Ms. Aubin No 20 y la relación con sus copias" en *Journal de la société des américanistes*, número 104 (1), pp. 181-226, Paris, Francia.

Milbrath, Susan
1988a "Astronomical images and orientations in the architecture of Chichen Itza", en *New directions in American archaeoastronomy*, pp. 57-79, Anthony F. Aveni (coord.), Proceedings of the 46th International Congress of Americanists, British Archaeological Review, International Series 454, Oxford, England.

1988b "Representación y orientación astronómica en la arquitectura de Chichén Itzá", en *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán*, volumen 15, número 89, pp. 25-40, Mérida, México.

1995 "Eclipse imagery in mexica sculpture of Central Mexico", en *Vistas in Astronomy*, pp. 479-502, Elsevier Science Ltd, Great Britain, R. U.

1999 *Star gods of the Maya: astronomy in art, folklore, and calendars*, University of Texas Press, Austin, EE. UU.

2016 "Evidencias de agroastronomía entre los antiguos mayas", en *Estudios de Cultura Maya*, pp. 11-29, IIF-UNAM, México, D. F.

Molina, fray Alonso de
1970 *Vocabulario en Lengua Castellana y Mexicana, y Mexicana y Castellana*, Editorial Porrúa, México, D. F. [primera edición 1571].

Montero García, Ismael Arturo
1997 "Matlalcueye: su culto y adoratorio prehispánico", en *Coloquio sobre la Historia de Tlaxcala*, pp. 71-86, Ediciones del Gobierno del Estado de Tlaxcala, México.

2000 *Las formaciones subterráneas en la historia de México*, tesis de maestría, FFL-UNAM, México, D. F.

2004a *Atlas arqueológico de la alta montaña mexicana*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F.

2004b "Altas montañas y calendarios de horizonte en Mesoamérica, en *etno y arqueoastronomía en las Américas*, pp. 147-159, Maxime Boccas, Johanna Broda y Gonzalo Pereira (coords.), Memorias del Simposio ARQ-13 del 51° Congreso Internacional de Americanistas, Santiago, Chile.

2005 *Los símbolos de las alturas*, tesis de doctorado, ENAH, México, D. F.

2008 "Apuntes al Mapa de Cuauhtinchan II desde la geografía simbólica", en *Mapa de Cuauhtinchan II, entre la ciencia y lo sagrado*, pp. 91-144, Mesoamerican Research Foundation, Puebla, México.

2009a "Arqueoastronomía", en *Las aguas celestiales. Nevado de Toluca*, pp. 68-79, INAH, México, D. F.

2009b "El volcán, la pirámide y los astros", en *Matlalcuéyetl: visiones plurales sobre cultura, ambiente y desarrollo*, volumen I, pp. 283-303, CONACYT, El Colegio de Tlaxcala y Mesoamerican Research Foundation, Tlaxcala, México.

2009c "Los grandes volcanes y la arqueología", en *Arqueología Mexicana*, número 95, pp. 48-53, México, D. F.

2010 *En el Vértice del Ecuador*, Ipan Tepeme Ihuan Oztome, México, D. F.

2011a "Montañas y astros: una conjunción trascendente", en *Legado astronómico*, pp. 153-170, Daniel Flores, Margarita Rosado y José Franco (coords.), IA-UNAM, México, D. F.

2011b "Una propuesta técnica para el cálculo en arqueoastronomía", en *Técnicas y tecnologías en el México antiguo. Memorias del Primer Coloquio de Arqueología*, pp. 219-246, Rosalba Nieto

Calleja (coord.), Coordinación Nacional de Arqueología del INAH, México, D. F.

2011c "Apuntes arqueológicos para Amecameca y alrededores", en *Moradas de Tláloc. Arqueología, historia y etnografía sobre la montaña*, pp. 59-84, Margarita Loera y Ricardo Cabrera (coords.), ENAH, Dirección de Estudios Históricos del INAH, México, D. F.

2011d *Nuestro patrimonio subterráneo. Historia y cultura de las cavernas en México*, INAH, México, D. F.

2012a "Ciencia y evangelización. Los instrumentos del cielo", en *Boletín Informativo del Centro de Investigación e Innovación Educativa de la Universidad del Tepeyac*, número 1, pp. 8-10, marzo, México, D. F.

2012b "Ciencia y evangelización. Una ejecución inminente", en *Boletín Informativo del Centro de Investigación e Innovación Educativa de la Universidad del Tepeyac*, número 2, pp. 11-14, mayo, México, D. F.

2012c *Matlalcueye. El volcán del alma tlaxcalteca*, Gobierno de Tlaxcala, SEP Tlaxcala, México, D. F.

2012d "Chicnauhtécatl", en *América tierra de montañas y volcanes I*, pp. 171-188, Margarita Loera, Stanisław Iwaniszewski y Ricardo Cabrera (coords.), INAH, México, D. F.

2013a *El sello del Sol en Chichén Itzá*, Fundación Armella Spitalier, México, D. F.

2013b "Apuntes sobre Alta Vista en Chalchihuites, Zacatecas", en *Cuicuilco*, número 56, pp. 95-126, ENAH, INAH, México, D. F.

2014a "Primeros apuntes para el estudio arqueoastronómico de Cantona, Puebla", en *Arqueología*, número 48, pp. 123-136, Dirección Nacional de Arqueología del INAH, México, D. F.

2014b "Astronomía, geometría y arquitectura en Chichén Itzá", en *Revista Inclusiones*, volumen 1, número 2, abril-junio, pp. 113-132, Universidad de Los Lagos, Santiago de Chile.

2015a "Observatorio astronómico milenario que aún funciona", en *Todo sobre el Espacio*, núm. 1, pp. 74-79, Editorial Raíces, México, D. F.

2015b "Los pueblos del Sol", en *Todo sobre el Espacio*, número 4, pp. 92-95, Editorial Raíces, México, D. F.

2016a "Los volcanes del Sol", en *Perspectivas etnográficas e históricas sobre astronomías*, pp. 48-76, P. Faulhaber y L. C. Borges (coords.), Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, Brasil.

2016b "Astronomía, arquitectura y cavernas" en *El papel de la arqueoastronomía en el mundo maya…"*, pp. 85-109, UNESCO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y H. Ayuntamiento de Cozumel, México, D. F.

2016c "Notes about Alta Vista in Chalchihuites, Zacatecas", en *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, pp.

37-50, Daniel Flores y Rosalba Nieto (coords.), IA-UNAM, México, D. F.

2020a "Los adoratorios de la alta montaña mexicana observados a través de un modelo digital 3D", en *Diálogos con la Historia ambiental*, pp. 63-98, Margarita Loera y Ramsés Hernández (coords.), INAH, ENAH, Ciudad de México.

2020b *Cocotzin. Nuestra Señora de Los Remedios*, Universidad del Tepeyac, iTiO Ediciones, Ciudad de México.

2020c "¿Volveremos a ver la Estrella de Belén?" en *Confabulario*, suplemento cultural del periódico El Universal, domingo 20 de diciembre, pp. 9-10, Ciudad de México.

Montero García, Ismael Arturo; Jesús Galindo Trejo y David Wood
2014 "El Castillo en Chichén Itzá. Un monumento al tiempo", en *Arqueología Mexicana*, número 127, pp. 80-85, México, D. F.

Montero García, Ismael Arturo; Rubén Nieto y Rodrigo Paredes
2012 "La Fiesta del Agua", en *Monte Tláloc II. La Casa del Dios del Agua*, pp. 137-172, Gobierno del Estado de México, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Montgomery, John
2002 *Dictionary of Maya Hieroglyphs*, Hippocrene Books, Nueva York, EE. UU.

Montoliú Villar, M.
1983 "Reflexiones sobre el concepto de la forma del universo entre los mayas", en *Anales de Antropología*, número 20 (2), pp. 9-38, UNAM, México, D. F.

1984 "La diosa lunar Ixchel, sus características y funciones en la religión maya", en *Anales de Antropología*, número 21, pp. 61-78, UNAM, México, D. F.

Mora-Echeverría, Jesús
1997 "El ajuste periódico del calendario mesoamericano: Algunos comentarios desde la arqueología y la etnohistoria", en *Arqueología*, volumen 17, segunda época, pp. 139-175, Coordinación Nacional de Arqueología del INAH, México, D. F.

Morales Damián, Manuel Alberto
2010 "El ayuno de tamales de agua, iconografía de la lámina de Atamalcualiztli, Primeros Memoriales", en *Tepeapulco, región en perspectiva*, pp. 117-148, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, México.

Morante López, Rubén B.
1989 "La Gruta del Sol", en *México Desconocido*, pp. 17-20, número 147, México, D. F.

1990 "En Xochicalco, el Popocatépetl marca el tiempo", en *México Desconocido*, número 164, pp. 28 32, México, D. F.

1994 "El Templo de las Serpientes Emplumadas de Xochicalco", en *La Palabra y el Hombre*, número 91, pp. 113-133, Universidad Veracruzana, Xalapa, México.

1995 "Los observatorios subterráneos" en *La Palabra y el Hombre*, número 94, pp. 35-71, Universidad Veracruzana, Xalapa, México.

1997 "El Monte Tláloc y el calendario ritual mexica", en *Graniceros. Cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica*, pp. 107-139, Beatriz Albores y Johanna Broda (coords.), El Colegio Mexiquense, A. C., IIH-UNAM, México, D. F.

1999 "Equinoccio en Teotihuacán. Un palacio calendárico en la ciudad de los dioses", en *México Desconocido*, número 265, pp. 36-43, México, D. F.

2001 "Las cámaras astronómicas subterráneas", en *Arqueología Mexicana*, número 47, pp. 46-51, México, D. F.

2021 "El ciclo de Venus en el retorno de Quetzalcóatl", en *Cosmovisiones / Cosmovisões*, volumen 3, número 1, pp. 195-228, Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina.

Moreno Corral, Arturo (comp.)
1982 *Historia de la astronomía en México*, IA-UNAM, IIH-UNAM, México, D. F.

Moreno Corral, Arturo
2013 "Ciencia y arte en dos publicaciones astronómicas novohispanas del siglo XVIII", en *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, vol. XXXV, número 102, pp. 11 -31, IIE-UNAM, México, D. F.

Moreno de los Arcos, Roberto
1967 "Los cinco soles cosmogónicos", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, número 7, pp. 93-210, IIH-UNAM, México, D. F.

Morlán, César
2015 *Objetos voladores y fenómenos celestes en el México antiguo: Descripciones en las fuentes del siglo XVI*, mecanuscrito, https://www.academia.edu/38954873/Objetos_Voladores_y_ fenómenos_celestes_en_el_México_antiguo_Descripciones_en_las_fuentes_del_siglo_XVI, consulta: 08/11/2021.

Morley, Sylvanus
1991 *La Civilización Maya*, FCE, México.

Muñoz Camargo, Diego
1998 *Historia de Tlaxcala*, México, Gobierno del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

Murillo Soto, Osvaldo Roberto y David Jesús Arreola Gutiérrez
2013 "Calendarios y astronomía en el antiguo Xochimilco", en *Revista Digital Universitaria*, volumen 14, número 5, mayo, UNAM, México, D. F.

Nájera Coronado, Marta Ilía
1995 "El temor a los eclipses entre comunidades mayas contemporáneas", en *Sociedad Española de Estudios Mayas*, pp. 319-327, Instituto de Cooperación Iberoamericana, Madrid, España.

Neugebauer, O.
1962 *The Exact Sciences in Antiquity,* Harper and Brothers, Nueva York, EE. UU.

Neurath, Johannes
2002 "Venus y el Sol en la religión de coras, huicholes y mexicaneros: consideraciones sobre la posibilidad de establecer comparaciones con las antiguas concepciones mesoamericanas", en *Anales de Antropología*, número 36, pp. 155-177, IIA-UNAM, México, D. F.

Nicholson, Henry
1997 *Primeros Memoriales*, paleografía de Thelma Sullivan, University of Oklahoma Press, EE. UU.

Nuttall, Zelia
1906 "The astronomical methods of the ancient Mexicans", en *Boas Anniversary Volume*, pp. 290-298, B. Laufer (coord.), Stechert, New York, EE. UU.

1928 "La Observación del paso del Sol por el cenit por los antiguos habitantes de la América tropical", en *Publicaciones de la SEP*, volumen 17, número 20, Talleres gráficos de la Nación, Méx., D. F.

Olivier, Guilhem
1998 "Tepeyóllotl, 'Corazón de la montaña' y 'Señor del Eco' el Dios Jaguar de los antiguos mexicanos", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, número 28, pp. 99-141, IIH-UNAM, México, D. F.

2005 Tezcatlipoca. Burlas y metamorfosis de un dios azteca, FCE, México, D. F.

Olmedo Vera, Bertina
2018 "La escultura de Xochipilli, `príncipe de las flores´", en *Xochipilli, el Señor de las Flores*, pp. 27-36, María del Pilar Cuairán Chavarría (coord.), Museo Nacional de Antropología, Secretaría de Cultura, INAH, Ciudad de México.

2005 *Tezcatlipoca. Burlas y metamorfosis de un dios azteca*, FCE, México, D. F.

Pancorbo, Luis
2011 *Los dioses increíbles,* Siglo XXI Editores, Madrid, España.

Patrick, Geraldine
2011 "El Calendario Hñahñu: un análisis epistémico y semántico para establecer su estructura", en *Ra Ximhai*, volumen 7, número 1, pp. 41-50, Universidad Autónoma Indígena de México, México, D. F.

Paxton, Merideth
2008 "Códice Madrid" en *Arqueología Mexicana*, número 91, pp. 85-87, México, D. F.

Peniche Rivero, Piedad
1990 *Sacerdotes y comerciantes: el poder de los mayas e itzaes de Yucatán en los siglos VII a XVI*, FCE, México, D. F.

Pereira, Gregory
2008 "La materia de las visiones. Consideraciones acerca de los espejos de pirita prehispánicos", en *Diario de Campo*, número 48, pp. 123-136, INAH, México, D. F.

Pérez-Enríquez, Raúl
2001 "Uso del gnomon para la posible interpretación del año de 260 días", en *V Congreso Internacional de Mayistas*, mecanuscrito, Xalapa, México.

Pérez Sánchez, José Manuel
2014 *Agricultura de terrazas en Tlaxcala,* Gobierno de Tlaxcala, Secretaría de Educación Pública, Tlaxcala, Tlaxcala, México.

Pérez Suárez, T.
2007 "Dioses mayas", en *Arqueología Mexicana*, número 88, pp. 57-65, México, D. F.

Perri, Antonio
2008 "Los folios 44 recto y verso del Códice Telleriano-Remensis y la historia colonial de los mexica", en *Itinerarios*, volumen 8, pp. 129-151, Instituto de Estudios Ibéricos e Iberoamericanos, Universidad de Varsovia, Polonia.

Ponce de León, Arturo
1983 "Fechamiento arqueoastronómico en el altiplano de México", en *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American Computations of Time*, pp. 73-99, Anthony F. Aveni y Gordon Brotherston (coords.), BAR International Series 174, Oxford, R. U.

1991 "Propiedades geométrico astronómicas en la arquitectura prehispánica", en *Arqueoastronomía y etnohistoria en Mesoamérica*, pp. 412-446, Johanna Broda y Stanisław Iwaniszewski (coords.), IIH-UNAM, México, D. F.

Prem, Hanns
1991 "Los calendarios prehispánicos y sus correlaciones: problemas históricos y técnicos", en *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, pp. 389-411, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé (coords.), IIH-UNAM, México, D. F.

Quiñones Garza, Humberto y David Pájaro Huertas
2011 "Sobre el ciclo maya de 819 días", en *Ciencia ergo sum*, volumen 18, número 3, pp. 307-311, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Quiñones, Humberto
1988 "Sobre el ciclo maya de 819 días", en *Estudios de Cultura Maya*, número 17, pp. 59-64, IIF-UNAM, México, D. F.

Quiroz Ennis, Rossana
2010 *El cerro y el cielo*, INAH y Gobierno de Guanajuato, México, D. F.

2013 *Orientaciones astronómicas en la zona arqueológica Cañada de la Virgen y en la cuenca central del río Laja, San Miguel de Allende, Guanajuato*, tesis de doctorado, FFL-UNAM, México, D. F.

Ragot, Nathalie
2016 "Ritos nocturnos y nacimiento del sol entre los aztecas", en *Las cosas de la noche*, pp. s/d, Aurore Monod Becquelin y Jacques Galinier (coords.), Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, México, D. F.

Ramírez Sánchez, Javier
1996 *Manual de elaboración de la gráfica solar*. Proyección ortogonal, Universidad Popular Autónoma de Puebla, Puebla, México.

Ramiro Esteban, Pilar
2010 "Lo maravilloso en la escritura del descubrimiento de la isla de Yucatán", en *Nuevos caminos del hispanismo*, Actas del XVI Congreso de la Asociación Internacional de Hispanistas, vol. 2, pp. 111-ss, Pierre Civil y Françoise Crémoux (coords.), Iberoamericana Vervuert, Esp.

Ramos Lara, María de la Paz
2021 "Contribuciones de astrónomos mexicanos al estudio de auroras boreales de baja latitud entre 1789 y 1791", en *Revista Mexicana de Física E*, volumen 18, número 1, pp. 154-167, Sociedad Mexicana de Física, A. C., Ciudad de México.

Real Academia Española
2013 *Diccionario de Autoridades*, tomo I, Madrid, España [Primera edición 1726].

Relación de Valladolid
1983 "Relación de la villa de Valladolid", en *Relaciones histórico-geográficas de la gobernación de Yucatán*, vol. 2, pp. 27-45, Instituto de Investigaciones

Filológicas, Centro de Estudios Mayas, UNAM, México, D. F.

Rivard, Jean-Jacques
1969 "A hierophany at Chichén Itzá", en *Katunob*, volumen 7, número 3, pp. 51-58, University of Northern Colorado, EE. UU.

Rivas Castro, Francisco
2001 "El culto a las deidades del agua en el cerro y cañada de San Mateo Nopala, Naucalpan, Estado de México", en *La montaña en el paisaje ritual*, pp. 269-293, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Arturo Montero (coords.), IIH-UNAM, CONACULTA, INAH, y BUAP, México, D. F.

2002 "Xiuhmolpilli y Mamalhuatztli: Atadura de años y el encendedor de barrena para hacer el fuego de Teotihuacan al Huizachtepetl", en *Huizachtepetl: Geografía sagrada de Iztapalapa*, pp. 133-142, Ismael Arturo Montero García (coord.), Delegación Iztapalapa, México, D. F.

2011 "Aspectos etnográficos de la arqueoastronomía en Mesoamérica", en *Legado astronómico*, pp. 219-232, Daniel Flores, Margarita Rosado y José Franco (coords.), IA-UNAM, México, D. F.

Rivera Dorado, M.
1987 "Una interpretación del mito de Hunahpú e Ixbalanque", en *Memorias del Primer Coloquio de Mayistas,* pp. 1115-1132, IIH-UNAM, México, D. F.

Robelo, Cecilio
2001 *Diccionario de mitología nahoa*, Editorial Porrúa, México, D. F.

Rocha Segura, Fernando
2017 "Orión en la cosmovisión maya", en *Glifos*, año 4, número 14, pp. 26-41, revista del Centro INAH Campeche, Campeche, México.

Rodas Quito, Eduardo Enrique y
Javier Mejuto González
2020 "Constelaciones mayas: visualización e interpretación utilizando herramientas informáticas", en *Ciencias espaciales*, volumen 13, número 1, pp. 73-87, Universidad Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

Román Kalisch, Manuel Arturo
2015 "La construcción de norias conventuales en Yucatán, 1546-1612", en *Boletín de Monumentos Históricos*, tercera época, número 35, pp. 50-69, septiembre-diciembre, INAH, México, D. F.

Roncero Mayor, Luis
2012 *La tradición esotérica taoísta: los fundamentos de la alquimia interior taoísta y sus correspondencias en la alquimia medieval española*, tesis de doctorado, UA de Madrid, España.

Sáenz, Olga
1986 "José Guadalupe Posada entre cometas y terremotos", en *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas,* volumen 14, número 56, pp.205–221, UNAM, México, D. F.

Sahagún, Fray Bernardino de
1974 *Primeros memoriales*, traducción del náhuatl, prólogo y comentarios de Wigberto Jiménez Moreno, Colección Científica del INAH, número 16, INAH, México, D. F.

1980 *Códice Florentino*. Manuscrito 218-20 de la colección Palatina de la Biblioteca Medicea Laurenziana, ed. facsimilar, 3 vols., Gobierno de la República, Archivo General de la Nación, México, D. F.

1985 *Historia general de las cosas de Nueva España*, Editorial Porrúa, México, D. F.

1986 *Coloquios y doctrina cristiana. Los Diálogos de 1524 según el texto de fray Bernandino de Sahagún y sus colaboradores indígenas, versión y notas de Miguel León-Portilla*, UNAM, México, D. F.

1989 *Conquest of New Spain: 1585 Revision*, University of Utah Press, EE. UU.

2009 *Historia general de las cosas de Nueva España*, Linkgua ediciones S.L., Barcelona, España.

Sánchez Gamboa, Ángel Adrián
2013 "Los Dioses Remeros y las celebraciones de final de periodo durante el Clásico en las Tierras Bajas Mayas" en *XXVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2012*, pp. 313-328, B. Arroyo y L. Méndez (coords.), Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

Sánchez, Jesús
2017 *La almena de Tlahuizcalpantecuhtli. Una propuesta de estudio desde la arqueosemiótica*, Colección Arqueología, serie Fundamentos, INAH, México, D. F.

Santoni, Mirta Elsa y Miguel Américo Xamena
1995 *Pirguas del Sol. Espacios sagrados y pinturas rupestres Guachipas-Salta-Argentina*, mecanuscrito con el auspicio de la Embajada de Holanda y a solicitud del senador doctor Julio Argentino San Millán, Salta, Argentina.

Santos Ramírez, Marco Antonio
2015 "El Observatorio de Xochicalco. Un espacio de control ideológico", en *La Jornada*, suplemento cultural de la delegación del INAH en Morelos, número 675, Cuernavaca, México.

Schaefer, Bradley E.
2004 "Estudios de tres de las supuestas alineaciones arqueoastronómicas más famosas de la América del Norte", en *Keynote Address*, pp. s/d, Oxford VII Conference, Flagstaff Arizona, EE. UU.

Schávelzon, Daniel
1978 "Templos, cuevas o monstruos, notas sobre fachadas zoomorfas en la arquitectura prehispánica", en *Punto de partida*, número 15, pp. 5-29, Dirección General de Difusión Cultural de la UNAM, México, D. F.

Schele, Linda, *et al.*
1999 *El Cosmos Maya: Tres mil años por la senda de los chamanes*, traducción de Jorge Ferreiro, FCE, México, D. F.

Ségota, Dúrdica
1995 "El panteón mexica", en *Arqueología Mexicana*, número 15, pp. 32-41, México, D. F.

Séjourné, Laurette
1998 *El pensamiento náhuatl cifrado en los calendarios*, Siglo XXI Editores, México, D. F.

2004 *Cosmogonía de Mesoamérica*, Siglo XXI Editores, México, D. F.

Seler, Eduard
1963 *Códice Borgia*, FCE, México, D. F.

Serra Puche, Mari Carmen
1998 *Xochitécatl*, Gobierno del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

Sheseña, Alejandro
2007 "¿Glifo Maya para "Siete Cuevas"?", en *Indiana*, número 24, pp. 361-399, Berlín, Alemania.

Slater, Donald
2014 "Linking cave, mountain, and sky: a subterranean observation point for the sunrise on the day of solar zenith transit in Yucatan, Mexico", en *Latin America Antiquity*, volumen 25, número 2, pp. 198-214, Society for American Archaeology, EE. UU.

Soruco Sáenz, Enrique
1991 "Una cueva ceremonial en Teotihuacan y sus implicaciones astronómicas y religiosas", en *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, pp. 291 297, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé (coords.), IIH-UNAM, México, D. F.

Sotelo Santos, Laura Elena
2002 "Los dioses: en el espacio y en el tiempo" en *Religión maya* (Enciclopedia Iberoamericana de Religiones), pp. 83-115, Mercedes de la Garza y Martha Nájera (coords.), Trotta, Madrid, España.

Soustelle, Jacques
2004 *El universo de los aztecas*, FCE, México, D. F.

Šprajc, Iván
1995 "El Satunsat de Oxkintok y la estructura 1-Sub de Dzibilchaltún: unos apuntes arqueoastronómicos", en *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas*, pp. 585-600, UNAM, México, D. F.

1996 *La Estrella de Quetzalcóatl. El planeta Venus en Mesoamérica*, Editorial Diana, México, D.F.

1998 *Venus, lluvia y maíz: simbolismo y astronomía en la cosmovisión mesoamericana*, Colección Científica del INAH, número 318, México, D. F.

1999 "Alineamientos astronómicos en el Templo Mayor de Tenochtitlan", en *Arqueología*, segunda época, pp. 73-98, junio, Coordinación Nacional de Arqueología del INAH, México, D. F.

2000a "La astronomía", en *Historia Antigua de México, volumen IV: Aspectos fundamentales de la tradición cultural mesoamericana*, pp. 273-314, Linda Manzanilla y Leonardo López (coords.), UNAM, INAH y Miguel Ángel Porrúa, México, D. F.

2000b "Problema de ajustes del año calendárico mesoamericano al año trópico", en *Anales de Antropología*, volumen 34, pp. 133-160, IIA-UNAM, México, D. F.

2001a *Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México*, Colección Científica del INAH, número 427, México, D. F.

2001b "Alineamientos astronómicos en Tenyuca, México", en *La montaña en el paisaje ritual*, pp. 217-243, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski y Arturo Montero (coords.), IIH-UNAM, CONACULTA, INAH, y BUAP, México, D. F.

Šprajc, Iván y Francisco Sánchez Nava
2012 "Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas: nuevos datos e interpretaciones", en *XXV Simposio de investigaciones arqueológicas en Guatemala*, 2011, pp. 977-996, Bárbara Arroyo, Lorena Paiz y Héctor Mejía (coords.), Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

2013 "Equinoxes in Mesoamerican Architectural Alignments: Prehispanic Reality or Modern Myth?", en *Ancient cosmologies and modern prophets, proceedings of the 20th Conference of the European Society for Astronomy in Culture*, pp. 319-338, Ivan Šprajc y Peter Pehani (coords.), Ebsco Publishing, Eslovenia.

Stephens, John Lloyd
2008 *Incidents of travel in Yucatan*, Cosimo Classics, New York, EE. UU.

Suárez de Peralta, Juan
1990 *Tratado del descubrimiento de las Yndias y su conquista*, edición de Giorgio Perissinotto, Alianza Editorial, Madrid, España.

Suárez, Lourdes
2020 "Las representaciones de la joyería de concha en el Centro de México", en *Arqueología Mexicana*, número 161, pp. 50-59, México, D. F.

Suárez, Sergio
2008 "Matlalcueye, la montaña sagrada y sus santuarios", en *Mapa de Cuauhtinchan II. Entre la ciencia y lo sagrado*, pp. 203-242, Tim Tucker y Arturo Montero (coords.), Mesoamerican Research Foundation, Puebla, México.

Sugiyama, Saburo
2005 *Human Sacrifice, Militarism, and Rulership Materialization of State Ideology at the Feathered Serpent Pyramid, Teotihuacan*, Cambridge University Press, R. U.

Tena, Rafael
1987 *El calendario mexica y la cronografía*, Colección Científica del INAH, número 161, INAH, México, D. F.

1991 "Conocimientos y creencias sobre los eclipses en el momento del contacto: las crónicas", en *Eclipses en México*, pp. 71-80, Leonardo Manrique, Rosario Peniche y Víctor Manuel Espíndola (coords.), INAOE, INAH, SEP, México, D. F.

2000 "El calendario mesoamericano", en *Arqueología Mexicana*, número 41, pp. 4-11, México, D. F.

2009 "Dioses de la fertilidad agrícola y humana, y del placer, complejo 11, Metztli", en *Arqueología Mexicana*, edición especial, número 30, pp. 58-61, México, D. F.

2015 "3 ácatl / 2015. El calendario mexica y el calendario actual", en *Arqueología Mexicana*, número 59, pp. 8-9, edición especial, México, D. F.

Theobald, Ulrich
2010 "The Master of the Ghost Valley", en *Enciclopedia China de Historia, Literatura y Arte*, http://www.chinaknowledge.de/ Literature/Daoists/guiguzi.html, consulta: 21/11/2018.

Thomas, Hugh
2019 *La conquista de México*, Editorial Planeta, Barcelona, España.

Thompson, J. Eric
1988 *Un comentario al Códice de Dresde. Libro de jeroglíficos mayas*, FCE, México, D. F.

1997 *Arqueología maya*, Editorial Diana, México, D. F.

2004 *Historia y religión de los mayas*, Siglo XXI Editores, México, D. F.

Thouvenot, Marc
2015 "Ilhuitl (día, parte diurnal, veintena) y sus divisiones", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, número 49, enero-junio, pp. 93-190, IIH-UNAM, México, D. F.

Tichy, Franz
1978 "El calendario solar como principio de ordenación del espacio para poblaciones y lugares sagrados", en *Comunicaciones*, número 15, pp. 153-164, Fundación Alemana para la Investigación Científica, México.

1992 "Las torres en la región de Chenes y el meridiano de Uxmal", en *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana,* número 19, pp. 45 - 52, UNAM, México, D. F.

1991 *Die geordnete welf indianischer völker,* Franz Steiner Verlag, Stuttgart, Alemania.

Torreblanca Padilla, Carlos Alberto y Manuel de Jesús Dueñas García
2020 "Construcción del Salón de las Columnas de La Quemada, Zacatecas", en *Arqueología Mexicana*, número 162, pp. 28-33, Ciudad de México.

Torres Rodríguez, Alfonso
1999 "La observación astronómica en Mesoamérica", en *Ciencias*, número 54, pp. 16-27, abril- junio, Facultad de Ciencias de la UNAM, México, D. F.

2002 "El escorpión celeste: un marcador del inicio y fin de la época de lluvias en Mesoamérica, en *Iconografía mexicana III*. Las representaciones de los astros, pp. 114-157, INAH, México, D. F.

Towsend, Richard y Felipe Solís
1991 "The Mt. Tlaloc Project", en *To Change Place: Aztec Ceremonial Landscapes*, pp. 26-30, David Carrasco (coord.), University of Colorado Press, Niwot, EE. UU.

Tozzer, Alfred M.
1907 *A Comparative Study of the Mayas and the Lacandon*, Archaelogical Institute of America, The Macmillan Company, Nueva York, EE. UU.

Trejo, Silvia
1999 *Dioses, mitos y ritos del México antiguo*, Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa y Secretaría de Relaciones Exteriores, México D. F.

2002 "La ceremonia del Fuego Nuevo en el "Cerro de la Estrella", (*Huizachtépetl*) presidida por el Dios del Fuego Nuevo, (*Xiuhtecutli Tletl*)", en *Huizachtepetl. Geografía sagrada de Iztapalapa*, pp. 117-130, Arturo Montero (coord.), Delegación Iztapalapa, Gobierno del Distrito Federal, México, D. F.

Tucker, Tim
2001 "El asentamiento prehispánico de 'Cerro Teotón': un *axis mundi* en la región oriental del Valle Poblano", en *La montaña en el paisaje ritual*, pp. 65-81, Johanna Broda, Stanisław Iwaniszewski

y Arturo Montero (coords.), CONACULTA, INAH, UNAM, BUAP, México, D. F.

Uchmany, Eva Alexandra
1978 "Huitzilopochtli, dios de la historia de los azteca-mexitin", en *Estudios de Cultura Náhuatl*, volumen 13, pp. 211-237, IIH-UNAM, México, D. F.

Valencia Rivera, Rogelio
2006 "Tezcatlipoca y K´awill, algo más que un parecido", en *Anales del Museo de América*, volumen 15, pp. 45-60, Madrid, España.

Vega Sosa, C.
1991 "El curso del sol según los glifos de la cerámica azteca tardía" en, *Serie de historia de la ciencia y la tecnología*, pp. 517-525, INAH, México, D. F.

Vela, Enrique
2009 "Códice Borbónico", en *Arqueología Mexicana*, edición especial, número 31, pp. 20-45, México, D. F.

Velasco Fuentes, Oscar
2010 "The earliest documented tornado in the americas Tlatelolco, August 1521", en *Bams*, pp. 1515-1523, American Meteorological Society, EE. UU.

Velasco, Juan de
1981 *Historia del Reino de Quito*, Biblioteca Ayacucho, Caracas, Venezuela.

Velásquez García, Erick
2017 "Códice de Dresde, parte 2" en *Arqueología Mexicana*, edición especial, número 72, México, D. F.

Velásquez García, Erick; Jesús Galindo y Stanisław Iwaniszewski
2011 "La astronomía", en *Los mayas: voces de piedra*, pp. 127-149, editado por Ambar Diseño, S. C., México, D. F.

Viesca T., Carlos y
Maríablanca Ramos de Viesca
2014 "Aportaciones de la medicina náhuatl prehispánica", en *Arqueología Mexicana*, número 130, pp. 66-73, México, D. F.

Villa Rojas, A.
1968 "Los conceptos de espacio y tiempo entre los grupos mayenses contemporáneos", en *Tiempo y realidad en el pensamiento maya*, pp. 121-167, Miguel León Portilla (coord.), IIH-UNAM, México, D. F.

1985a *Estudios etnológicos. Los mayas*, UNAM, México, D. F.

1985b "Nociones preliminares sobre cosmología maya", en *Anales de Antropología*, número 22, pp. 229-249, IIA-UNAM, México, D. F.

Villaseñor Montiel, R. E.
2012 *El conocimiento astronómico de los antiguas mayas: estudio a partir de las series lunares*, tesis de doctorado, IIF-UNAM, México, D. F.

Villegas, Pascale
2011 "Fotógrafo, viajero, escritor, arqueólogo y espía francés en tierras mayas: Dèsiré Charnay", en *Del mar y la tierra firme*, pp. 155-166, Mario Ruz y Eréndira Peniche (coords.), UNAM, México, D. F.

Xiang, Wei; Philippe Bachimon y Pierre Dérioz
2017 "Outdoor Theatrical Shows in the Remarkable Landscapes of the Chinese Mountains, Between Reinvention of a Tradition and Development of Tourism: the Example of the 'Tianmen Fox Fairy

Show' at Zhangjiajie", en *Journal of Alpine Research, Revue de géographie alpine*, número 105-2, pp. 1: 14, UGA, editions, Francia.

Yershoba, G. G.
2001 "Comets and meteors in the beliefs of ancient mayas", en *Astronomical & astrophysical transactions*, volumen 20, número 6, pp. 1017-1037, The Journal of the Eurasian Astronomical Society, Londres, R. U.

Yipan, Mao
2011 "CCTV Explores Guigu Cave in Tianmen Mountain", en *Zhangjiajie Official Web*, < http://www.cn-zhangjiajie.com/?action/viewnews/itemid/730.html>, consulta: 18/11/2018.

Zaragoza Ocaña, Diana y
Patricio Dávila Cabrera
2004 "Una torre arqueológica en la Huasteca", en *Arqueología*, número 33, pp. 169-175, INAH, México, D. F.

Zhang Guo Jin, Hu Hai Hua, Zhang Cai Fei,
Tian Xiao Juan, Peng Hui, Gao Tian G
2015 «Inaccessible Biodiversity on Limestone Cliffs: Aster tianmenshanensis (Asteraceae) », en *New Critically Endangered Species from China*. Plos One, número 10 (8): pp. 1-13, China.

Zimbrón Romero, Juan Rafael
2002 "Observaciones calendáricas de las salidas del Sol detrás del Iztaccíhuatl y el Popocatépetl durante el solsticio de invierno", en *Iconografía mexicana III*. Las representaciones de los astros, pp. 93-114, Beatriz Barba de Piña Chan (coord.), Colección Científica del INAH, núm. 442, Serie Arqueología, CONACULTA-INAH y Plaza y Valdés, México, D. F.

Zorreguieta, Mariano
1876 *Apuntes históricos de la provincia de Salta en la época del coloniaje*, Imprenta Independiente del P. Sarapura, Salta, Argentina.



ARRIBA

Un sacerdote del *calmécac* toca el *teponaztle* o tambor de hendidura durante la noche con las estrellas por testigas de su devoción, *Códice Mendocino*, f. 63r.

Lista de acrónimos y abreviaturas

aap	Años antes del presente (2000)
a. C.	Antes de Cristo
AIA	Año Internacional de la Astronomía, Unesco, 2009
AIM	Año Internacional de las Montañas, Unesco, 2002
ane	Antes de nuestra era
BUAP	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
CIESAS	Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social
comp.	Compilador (a) (s)
Conaculta	Consejo Nacional para la Cultura y las Artes
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México
coord.	Coordinador (a) (s)
d. C.	Después de Cristo
FFL-UNAM	Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México
EE. UU.	Estados Unidos de América
ENAH	Escuela Nacional de Antropología e Historia
EPE	Error de posición estimado, es un parámetro de los GPS marca Garmin que puede considerarse como una estima en la calidad del posicionamiento
EVTM	Eje Volcánico Transversal Mexicano
GPS	Por sus siglas en inglés, global positioning system: sistema de posicionamiento global
h	Altura angular del horizonte
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
J2000	Abreviatura con la que el planetario Stellarium v. 0.12.4 ofrece al usuario la posición de un cuerpo celeste para el 1 de enero del año 2000 d. C.
FCE	Fondo de Cultura Económica
f. r.	Abreviatura en la paginación de los códices, se lee como folio recto
f. v.	Abreviatura en la paginación de los códices, se lee como folio verso
IA-UNAM	Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México
IIF-UNAM	Instituto de Investigaciones Filológicas, Universidad Nacional Autónoma de México
IIA-UNAM	Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México
IIH-UNAM	Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Nacional Autónoma de México
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
Inaoe	Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica
iTiO	Organización cultural sin fines de lucro coordinada por el doctor Arturo Montero. iTiO es el acrónimo de Ipan tepeme ihuan oztome, que se traduce del náhuatl: “entre montañas y cavernas”.
$^{m}/_{nm}$	metros sobre el nivel del mar
mils	mils es la abreviatura de mili-radianes, derivado de que hay 2 π radianes en un círculo, por lo que 2 x 3.1416 resulta en 6.283 mil-radianes. Sin embargo, la mayoría de las brújulas redondean esto en 6400 divisiones para facilitar los cálculos.
NASA	Por sus siglas en inglés, National Aeronautics and Space Administration: Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los EE. UU.
Navstar	Por sus siglas en inglés, Navigation System Time and Ranging-Global Position System: Sistema de navegación por satélite en tiempo y distancia

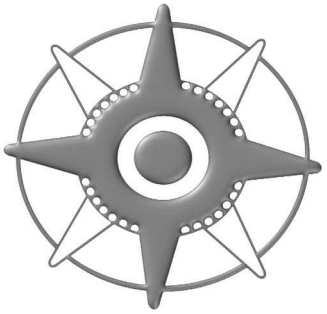
Lista de símbolos tipográficos

R. U.	Reino Unido
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIG	Sistema de información geográfica
ss	Subsecuentes
st.n.	Del latín *stili novi* o *stilo novo*, que significa "en el nuevo estilo" para hacer referencia al calendario gregoriano
st.v.	Del latín *stili veteris* o *stilo vetere*, que significa "de estilo antiguo" o "en estilo antiguo para hacer referencia al calendario juliano.
UAI	Unión Astronómica Internacional
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNESCO	Por sus siglas en inglés, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura
WGS	Por sus siglas en inglés, *world geodetic system*: Sistema Geodésico Mundial
WGS 84	Por sus siglas en inglés, *world geodetic system*: Sistema Geodésico Mundial del año 1984



En el *códice Borgia* la lagartija como signo de día

Z	Azimut, mide una circunferencia completa desde el punto cardinal norte en sentido horario de 0° a 360°
α	Ascensión recta
φ	Letra griega phi, representa latitud geográfica, si corresponde al hemisferio norte es positiva y negativa para el hemisferio sur
λ	Letra griega lambda, representa longitud geográfica, si corresponde al este es positiva y negativa para el oeste
δ	Declinación
ε	Excentricidad de la órbita terrestre
[Z]	Coordenadas altazimutales
[E]	Coordenadas ecuatoriales
µm	Micra, unidad de longitud que corresponde a un microcentímetro donde 1 metro = 1,000,000 µm
'	prima sencilla, indica la precisión de minutos, la doble los segundos al referirse a medidas angulares, no confundir con el acento agudo, el apóstrofo o la comilla simple recta
~	El lector encontrara en el texto y en algunas ilustraciones una tilde que antecede al valor de un ángulo, con esto se expresa un valor aproximado suficientemente fiel como para ser de utilidad. Aunque en matemáticas la aproximación típicamente se aplica a números, también puede emplearse a figuras geométricas con medidas angulares.



iTiO Ediciones

La primera edición digital de esta obra se terminó el 20 de marzo de 2014, equinoccio vernal; la segunda en 2022 y la presente versión se concluyó durante el equinoccio autumnal de 2023.

En versión para impresión con tipografía
ITC Mendoza Roman Std 10 y 9 puntos
Regular Regular 9 puntos

Hardware: iMac (retina 5K) macOS Ventura 13.5.2
4.2 GHz Intel Core i7
24 GB 2400 MHz DDR4
Software: Word para Mac 2023 versión 16.70, Adobe Photoshop CC 2021

IZTAVISIÓN
&
IPAN TEPEME IHUAN OZTOME

www.montero.org.mx

Naucalpan, México

MMXXIII



La arqueoastronomía y la etnoastronomía son la esencia de esta entrega que encuentra como objetivo principal el incursionar junto con el amplio público y los especialistas, en el extenso acervo de la ciencia indígena. Gran cantidad de aportaciones en el campo de la astronomía cultural se han vertido en los últimos años. Es tanta y tan compleja la información, que se hace necesaria una obra como la que lector tiene en sus manos para que, de manera sintética, ordenada, seria y sistemática se proyecte un panorama de la astronomía ancestral. Más allá de las sorpresas de entusiastas arribistas del conocimiento que nos llevan a la interpretación de los cielos desde ámbitos ajenos a la ciencia, estás páginas encuentran como marco teórico los conceptos del espacio y el tiempo. Y en efecto, son el espacio y el tiempo los paradigmas recurrentes del pensamiento humano que nos llevan a explicar nuestro lugar en el Universo desde la antigüedad. Todas las altas civilizaciones que han alcanzado una interpretación compleja del cielo tienen por herramientas a las matemáticas y la geometría, el caso mesoamericano no es la excepción, aunque algunos investigadores extranjeros en su soberbia occidental, dudan que la astronomía de sociedades indígenas sea ciencia, se equivocan, porque en Mesoamérica, por ejemplo, se alcanzó un alto grado de certidumbre para predecir eclipses; además, el uso del cero fue excepcional, así como el manejo de un calendario que era más eficiente que el Juliano traído de Europa al momento del contacto en 1519. Así pues, este libro es una aproximación con sus limitaciones a la erudición ancestral, de la ciencia, de la filosofía, de la religión, del arte y la arquitectura. Excepcional herencia, patrimonio de la humanidad, que tanto dignifica a México y a las naciones de Centroamérica ante el mundo.

9 786072 927926