

Recepción: 16 de junio de 2008
Aceptación: 19 de enero de 2009

* Departamento de Física; Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, México.
Correo electrónico: salvador.galindo@inin.gob.mx; jaime.klapp@inin.gob.mx

Arqueoastronomía y la traza urbana en Teotihuacan

Salvador Galindo y Jaime Klapp*

“Pero consideren bien que no clamo el haber descubierto esta obra con mi labor o mi ingenio. Yo sólo soy un aficionado compilador del trabajo de viejos astrólogos...”¹

Geoffrey Chaucer (c.1343-1400) *Tractatus de Conclusionibus Astrolabii* Prólogo [folio 1]

Resumen. Al examinar la orientación de trazas urbanas a lo largo de México se puede observar una alineación particular al este de la dirección norte que coincide con la alineación de la antigua ciudad de Teotihuacan. Este trabajo recoge las distintas explicaciones surgidas sobre el origen de esta característica peculiar de Teotihuacan.

Palabras clave: arqueoastronomía, planeación urbana, Teotihuacan.

Archaeoastronomy and the urban grid in Teotihuacan

Abstract . When examining the orientation of urban grids throughout Mexico one can observe a particular east alignment of the north direction that coincides with the alignment of the ancient city of Teotihuacan. This paper reviews different explanations brought forward on the origin of Teotihuacan's peculiar feature.

Key words: archaeoastronomy, urban planning, Teotihuacan.

1. De las Leyes de Indias al Internet

Entre los sitios más interesantes para navegar por el Internet se encuentra el conocido como “Google Earth™”. Este sistema integra fotografías satelitales de la superficie del globo terráqueo de manera tal que es posible trasladarse a cualquier lugar del mundo, con el simple hecho de arrastrar el “ratón” sobre la imagen del planeta. Además, una vez estando posicionados sobre el sitio de nuestro interés, es posible hacer acercamientos de la superficie a distintas alturas para observar con mayor precisión detalles del área que nos interesa. Este espacio de Internet ofrece además información

geográfica del lugar observado como: la longitud, latitud, altura sobre el nivel del mar y la orientación geográfica.

Al examinar, con esta herramienta de Internet, la orientación de trazas urbanas a lo largo de México se puede observar que algunas ciudades tienen una alineación particular en una dirección al este del norte geográfico, misma que coincide con la alineación de la antigua ciudad de Teotihuacan. Aun más, se puede ver que los campos de cultivo en los alrededores de Teotihuacan, o los campos de cultivo en Tláhuac o las chinampas en Xochimilco o lugares más alejados como el Tepozteco, Tenayuca y Tula siguen la orientación de la traza teotihuacana. Por

todos lados surge la orientación ancestral y lo admirable, como aquí veremos, es que las razones se encuentran en el antiguo calendario prehispánico.

Muchos de los modernos asentamientos en México se establecieron sobre ciudades prehispánicas, por lo que no es de sorprender que tengan la misma orientación. Sin embargo esta orientación difiere del alineamiento de las “nuevas” ciudades y villas fundadas a la venida de los conquistadores españoles. Los lineamientos para la fundación de las ciudades de la Nueva España creadas por los conquistadores,

1. Nuestra traducción del inglés antiguo (Chaucer, 1391).

y asentadas en parte de lo que hoy es México se encuentran documentados en el archivo general de Indias de Sevilla, en Andalucía, España. En esta colección de documentos se localizan las ordenanzas sobre el “descubrimiento, nueva población y pacificación de las Indias” dadas por Felipe II, el 13 de julio de 1573, en el bosque de Segovia.

El extenso documento también conocido como “Las Leyes de Indias”, comienza estableciendo su alcance y objetivo, (Felipe II 1573):

Don Phelipe etc-A los Virreyes presidentes Audiencias y gobernadores de las nuestras Indias del mar oceano y a todas las otras personas a quien lo infrascripto toca y atañe y puede tocar y atañer en qualquier manera saved que para que los descubrimientos nuevas poblaciones y pacificaciones de las tierras y provincias que en las Indias estan por descubrir poblar y paçificar se hagan con mas façilidad y como conviene al servicio de dios y nuestro y bien de los naturales entre otras cossas hemos mandado hazer las ordenanças siguientes

En estas Leyes de Indias se pueden leer el libro octavo Título I “De la fundación y población de las ciudades, villas y lugares de las indias” folio 3 bajo el subtítulo: *Que el sitio, tamaño y disposiciones de la plaza [mayor] sea como se ordena:* [que] las cuatro esquinas de la plaza miren a los cuatro vientos principales...

Las Leyes ordenaban que las “esquinas” (interpretadas como costados) de plaza mayor o zócalo de una nueva ciudad se orientaran a los cuatro puntos cardinales. Es por esta razón que ciudades mexicanas como la antigua Valladolid (Morelia) sin antecedentes de grandes asentamientos indígenas, tienen las calles de su antiguo centro histórico orientadas norte-sur y oriente-poniente.

Sin embargo, ¿qué decir de los campos de cultivo ¿por qué las parcelas siguen teniendo la misma orientación teotihuacana si todos los sitios están separados por muchos kilómetros y siglos de distancia? O quizás la pregunta es ¿Por qué está orientado Teotihuacan de esa forma?

El presente trabajo inicia dando una brevísima descripción de Teotihuacan posteriormente reúne y discute algunas de las distintas explicaciones surgidas sobre el origen de la antedicha orientación, resaltando las explicaciones astronómicas; se menciona la falsa explicación “oficial” sobre su orientación que, sorprendentemente, aún es posible hallar en referencias modernas. Dicha explicación es incorrecta a la luz de la astronomía. Para ese propósito este trabajo revisa algunos conceptos astronómicos básicos, mismos que nos parece pertinente difundir dada la actualidad del año 2009 declarado por UNESCO como año internacional de la astronomía. Finalmente se discuten algunas hipótesis sobre la orientación y proporciona su conclusión.

2. Teotihuacan

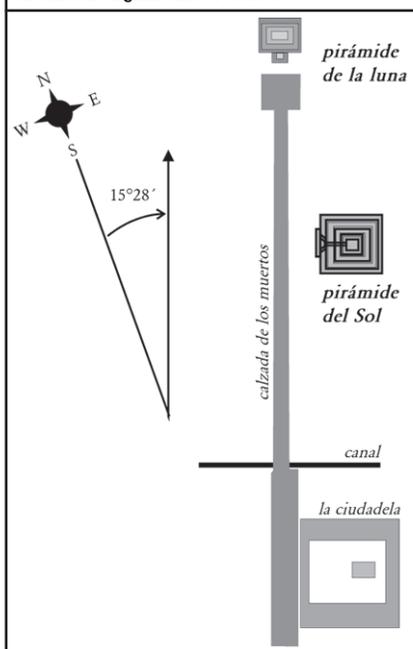
Teotihuacan es uno de los sitios arqueológicos más grandes y famosos de Mesoamérica. Los orígenes de la ciudad se remontan a épocas distantes, pero fue hasta el siglo I a.C. cuando se inició la construcción del centro ceremonial. Aunque éste fue construido por etapas, al parecer fue planeado como conjunto, según lo indican la armonía, funcionalidad de la distribución de los edificios y la orientación de los mismos (figura 1).

El conjunto ceremonial está formado por dos grandes pirámides, la del Sol y la de la Luna y por templos, plataformas y lugares de residencia distribuidos a los lados de la larga Calzada de los Muertos. El edificio mayor, la pirámide del Sol, tiene lados de 215 metros, por lo que su base es semejante a la de la más grande de las pirámides egipcias. Además, la zona ceremonial de Teotihuacan estaba rodeada por una gran concentración urbana que se calcula que en su momento de apogeo tenía entre 125 mil y 250 mil habitantes y ocupaba unos 20km. Fue una de las cinco ciudades más pobladas en el mundo de aquella época. Un factor que llama poderosamente la atención de los estudiosos es la peculiar orientación que muestran sus edificios.

Los estudios llevados a cabo dentro del proyecto, “Teotihuacan Mapping Project”, a principios de los setenta, sobre la alineación de los edificios teotihuacanos, muestran que las edificaciones de esta ciudad prehispánica se distribuyen en alguna de dos orientaciones a saber: la primera está sobre la dirección $15^{\circ} 28'$ al este del norte y la segunda es una orientación este-oeste $16^{\circ} 30'$ al sur del este.² Estos dos ejes

2. Proyecto dirigido por Rene Millon de la Universidad de Rochester cuyo objetivo principal era hacer un mapa detallado de la ciudad utilizando técnicas modernas de aerofotografía.

Figura 1. Esquema de Teotihuacan indicando su orientación cargada hacia el oriente.



son casi perpendiculares entre sí pues difieren del ángulo recto por tan solo 1°. Según los arqueólogos que hicieron un levantamiento topográfico de Teotihuacan, esta diferencia no es por falta de precisión de los constructores de esta antigua metrópoli, al contrario señalan que se puede observar que un grupo de los edificios de Teotihuacan obedece con precisión a la primera orientación y otro grupo a la segunda, en otras palabras se podría afirmar que no fue casual o aleatoria su alineación (Millon *et al.* 1973).

Sin embargo, cabe preguntarnos cuáles eran los límites de precisión dentro de los que los teotihuacanos podían orientar las edificaciones prehispánicas. La resolución angular del ojo humano es muy buena pues puede alcanzar de 0.02° a 0.03° esto corresponde a poder distinguir, en buenas condiciones climatológicas, dos objetos separados entre 30 a 60 cm a un kilómetro de distancia. Pero una cosa es poder ver y la otra es construir orientadamente ya que existen factores como por ejemplo las irregularidades en el estuco con el que estaban recubiertos los edificios. Otra pregunta, no menos importante, sería con qué precisión podemos actualmente recuperar las orientaciones antiguas. Por ejemplo el estuco ha desaparecido, el tiempo ha erosionado los monumentos, la maleza los ha invadido y los humanos han intervenido. Un ejemplo de intervención humana se encuentra en la pirámide del Sol que fue reconstruida en gran medida por Leopoldo Batres y Huerta a principios del siglo xx. Los trabajos se iniciaron el 20 de marzo de 1905 como parte de la conmemoración del centenario de la Independencia mexicana y la restauración se terminó justo a tiempo para las fiestas del primer centenario en 1910.³ Cinco años no es mucho tiempo para un trabajo

de restauración de tal magnitud y la presión de las autoridades para que se terminase a tiempo y celebrar “el centenario”, hizo que Batres, “jefe del proyecto Teotihuacan” se viera forzado a dinamitar la pirámide para remover “escombros”.⁴

Pero volviendo al asunto de los límites en la orientación de la traza urbana y sus edificios podemos decir que los pueblos antiguos, antes que nada, debían ser capaces de determinar con cierta exactitud las direcciones celestiales de eventos astronómicos, como solsticios, equinoccios, etc. Para este propósito tenían múltiples limitaciones. Entre éstas se pueden enumerar algunos factores como: errores de paralaje cometidos por un observador, o bien, errores en la determinación de la posición solar cuando el Sol se encuentra sobre el horizonte. Estos últimos se deben a que la línea visual sobre el horizonte entre el astro y el observador atraviesa un sector más ancho de la atmósfera causando una mayor deflexión de la luz por el efecto de refracción óptica. Este efecto puede correr la posición aparente de un astro o ensanchar el intervalo de una medición. También se pudieron cometer errores al valorar la fecha de medición correcta, debido a que es difícil juzgar el momento en que el Sol ya ha alcanzado la inclinación máxima durante un solsticio. En contraste es más simple ubicar el día en que el Sol pasa por el cenit pues no proyecta sombra. Todo esto se une a las limitaciones en sus habilidades constructivas y como ya mencionamos a nuestras limitaciones para saber en qué estaban pensando los antepasados mesoamericanos.⁵ Sin embargo, si tomamos como hipótesis el hecho de que había una intención clara por parte de los teotihuacanos de ordenar la mayoría de las edi-

ficaciones y traza urbana en cierta dirección, sin importar cuál fuese el motivo, podemos entonces hacer un cálculo estadístico obteniendo así el promedio de las direcciones y calculando de igual manera cuál es su desviación estándar. No tenemos noticia de que alguien haya hecho este análisis, pero sabemos de un estudio estadístico realizado en las ruinas de los pueblos de la cultura del Chaco en el suroeste americano, donde se observó que la desviación estándar en la dirección de los edificios es del orden de medio grado sexagesimal (Sinclair y Sofaer, 1993). Podemos así suponer razonablemente que en Teotihuacan esta desviación estándar del mismo orden, es decir de unas décimas de grado.

-
3. Para una crónica reciente consultar el artículo del arqueólogo R. Barrera-Rodríguez en “*Un siglo de Sol*” en *La Jornada*, 20 marzo 2005. <http://www.jornada.unam.mx/2005/03/20/a06a1cul.php> (12 de junio de 2008).
 4. Los tiempos no han cambiado, la cadena comercial Wall Mart construyó recientemente (2007) un establecimiento sobre un altar teotihuacano. Los permisos de construcción otorgados por el gobierno estaban en orden. Se respetó “el estado de derecho”. Según nota publicada por la Universidad de Guadalajara, en entrevista de R. Ibarra y J. Carrillo, el conocido arqueólogo Eduardo Matos (ex jefe del proyecto Teotihuacan) se negó a hacer declaraciones al respecto. <http://www.comsoc.udg.mx/gaceta/paginas/374/374-25>. (12 de junio de 2008).
 5. Por ejemplo puede existir una diferencia en el criterio, entre nosotros y los antiguos pueblos, para decidir cuándo sucede un evento en particular. Por caso, se puede medir la posición del Sol cuando éste desaparece totalmente en el horizonte o cuando el disco Solar apenas toca el horizonte, incluso se puede optar por medir en su centro.

3. La orientación oficial de Teotihuacan

Al parecer, los pueblos antiguos mesoamericanos y entre ellos los antiguos teotihuacanos utilizaban dos palos cruzados, a manera de teodolito para fijar sus direcciones (figura 2).

En el Códice Bodley observamos un total de nueve signos en los que dos individuos poseen dos palos o las piernas cruzadas y que fueron relacionados por el arqueólogo Antonio Caso con observaciones astronómicas (Hartung, 1990). Conjuntamente en muchos lugares de Mesoamérica y particularmente en Teotihuacan se han encontrado lo que posiblemente sean marcas de los remotos topógrafos. Estas “muecas” consisten en una serie de puntos labrados en rocas o en pisos de estuco y cuya secuencia forma diseños geométricos que, en su mayoría, son círculos o cuadrados. Generalmente la figura está dividida en cuadrantes mediante dos líneas de puntos que la cruzan y por esto se les conoce también como “cruces punteadas” (figura 3). Se cree que la combinación de palos cruzados y marcadores fue utilizada en su momento, en la precisa alineación de la ciudad. Sin embargo, la pregunta recurrente es ¿por qué están orientados así sus edificios?

La respuesta primaria y muy en boga hasta recientemente es la de que los

edificios tienen una simple orientación solar. Por ejemplo en un libro editado conjuntamente por el INAH y el INAOE con motivo del eclipse solar total de 1991 visible en el territorio mexicano se lee:

“Tales conocimientos (regularidades de los movimientos aparentes de los astros movibles) son indispensables para conseguir los dos grupos de orientaciones que tienen las ciudades prehispánicas, pues hay construcciones en las que la orientación es hacia los puntos cardinales reales y hay otras que se desvían consistentemente 17 grados de esos puntos (en ambos casos hay un margen de variación que puede llegar a los 3 grados). La magnitud de la desviación y, sobre todo, su constancia, reclaman una explicación. El caso es que las dos orientaciones corresponden a puntos del horizonte donde se pone el Sol en determinados días; la orientación precisa hacia el occidente (y por lo tanto hacia los otros puntos cardinales) está determinada por el punto del ocaso en los días de los equinoccios, mientras que la orientación desviada 17 grados obedece al punto donde desaparece el Sol tras el horizonte en los días que pasa por el cenit del sitio” (Manrique Castañeda, 1991: 41-42).

Esta misma explicación sobre la orientación teotihuacana la podemos encontrar en la Enciclopedia de México,

Por el lado poniente se adosó a la fachada de la pirámide [del Sol] un basamento que mide 38m de ancho por 17 de largo: consta de tres cuerpos con talud y tablero y su orientación es distinta, pues marca con mayor exactitud la dirección de la puesta del Sol el día que pasa por el cenit de la ciudad (tomo XIII: 7635, 1988).

Con todo lo razonable que nos pueda parecer esta supuesta “explicación”

de la orientación teotihuacana, como veremos, resulta inconsistente con el movimiento del Sol en su paso por este sitio arqueológico, y por lo tanto falsa.

4. El movimiento aparente del Sol

Para fundamentar nuestro rechazo a la antedicha “explicación” sobre la orientación teotihuacana, debemos revisar cuál es en realidad el aparente movimiento del Sol para un observador en Teotihuacan en la época en que fue construida la ciudad. El siguiente esquema muestra el aparente movimiento del Sol en la época actual para un observador de la bóveda celeste situado a 20° norte, que es la latitud aproximada de Teotihuacan. Los puntos cardinales están marcados con las letras N, S, O y P: norte, sur, oriente y poniente respectivamente (figura 4).

Debido al hecho de que la Tierra gira alrededor de su propio eje, observamos que el Sol se levanta diario al oriente y su ocaso se encuentra en el poniente. Sin embargo el punto donde ocurre la diaria salida y puesta del Sol no es el mismo durante el año. Esto se debe a que el eje sobre el cual gira la Tierra no es perpendicular al plano que forma su órbita alrededor del Sol. En efecto, la inclinación del eje de la Tierra es aproximadamente de 23.5° con respecto al llamado plano de la eclíptica. Este último, es el plano que forma la órbita de la Tierra alrededor del

Figura 2. Palos cruzados posiblemente utilizados para alineaciones astronómicas y arquitectónicas. Esquema adaptado del Códice Bodley.

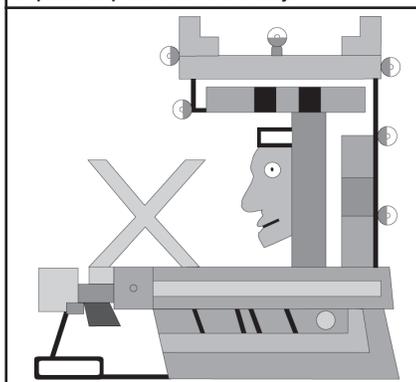
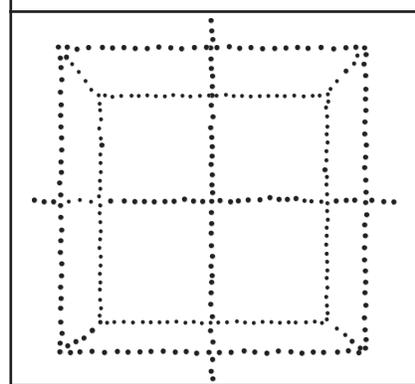


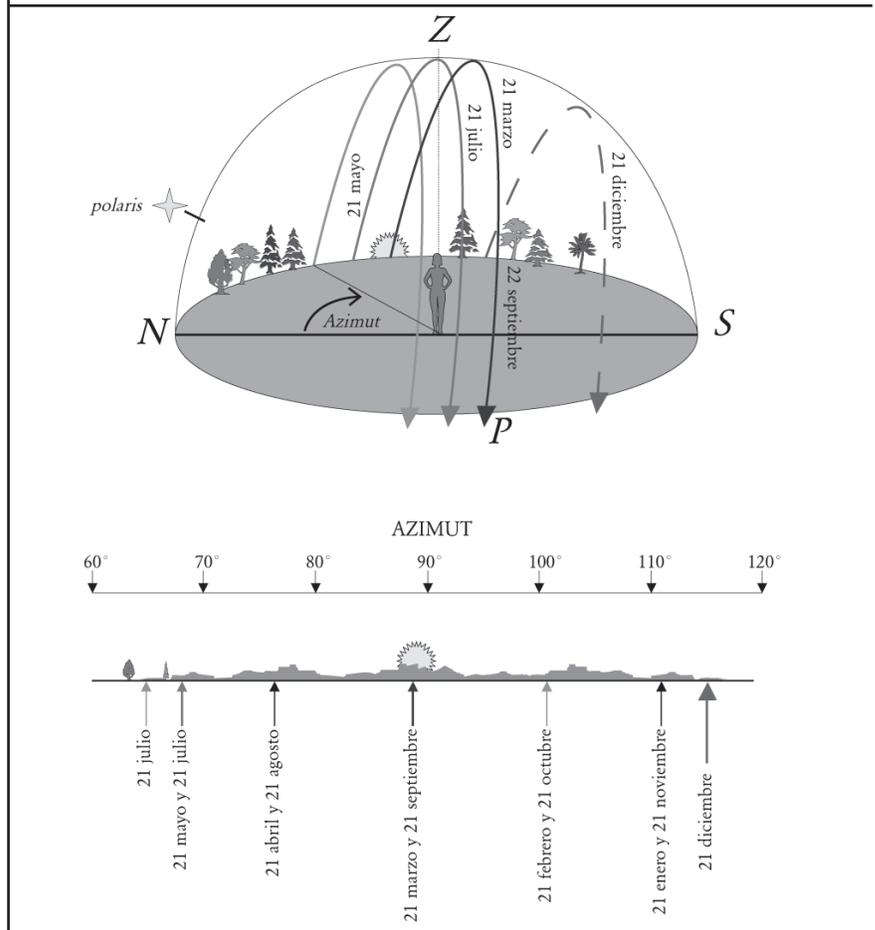
Figura 3. Esquema de la cruz punteada encontrada en la base frontal de la pirámide del Sol.



Sol. Las consecuencias de esta inclinación se muestran en el referido esquema, en donde hemos dibujado la trayectoria del Sol para algunas fechas del año. Para la trayectoria (marcada con una línea punteada en la figura 4) correspondiente al movimiento del Sol el 21 de diciembre, notamos que la salida del Sol ocurre en un punto del oriente más cercano al sur. Esta fecha recibe el nombre de “solsticio” de invierno y corresponde a la máxima posición hacia el sur que alcanzará el Sol al amanecer. Poco a poco al ir transcurriendo los días, el punto del amanecer se irá desplazando hacia el norte.

En la misma figura, pero debajo de la semiesfera que representa la bóveda celeste, hemos representado el horizonte como lo vería un observador mirando hacia el oriente. Dicho observador vería al Sol salir por el horizonte, el 21 de diciembre, en el punto marcado por la flechita punteada. Este punto corresponde a un azimut de 115° . El azimut es el ángulo medido en la posición de la aparición del Sol a partir de la dirección norte. A partir del 21 de diciembre, en el transcurso de un semestre, el punto de salida del Sol se irá desplazando hacia el norte hasta llegar el 21 de julio (flecha en la extrema izquierda) donde el punto llegaría a su máximo desplazamiento hacia el norte. Esta fecha corresponde al solsticio de verano. El término solsticio proviene del latín *solstitium* (*sol sistere* o sol quieto) y se refiere al hecho de que el Sol parece no cambiar de trayectoria durante varios días alrededor de la fechas correspondientes a los solsticios. De hecho en la medida en que en el transcurso del tiempo las fechas se alejan de los solsticios el punto de salida del Sol se irá desplazando más día con día. Finalmente cuando la fecha sea alrededor del 21 de marzo o 22 de septiembre (trayectorias marcadas en la figura 4) el azimut de la salida y puesta del Sol será de 90° (oriente) y 270° (poniente). Esto es, en dos de los puntos cardinales.⁶

Figura 4. Movimiento aparente del Sol en algunos días relevantes como los solsticios, equinoccios⁵ y el día que el Sol pasa exactamente sobre el cenit. La parte inferior muestra la posición de la salida del Sol mirando hacia la dirección oriente (90°) en un horizonte hipotético.



Regresando al diagrama de la bóveda celeste, observamos que hay una trayectoria (ver figura 4) que pasa exactamente por el cenit de la bóveda (punto marcado por una Z), es decir directamente sobre la cabeza de un observador. Esto implica que una varilla delgada colocada en posición vertical no proyectará sombra alguna en el instante en que el Sol transite por el cenit. En este caso decimos que la altura solar al medio día es de 90° . Estas fechas cambian debido a lo imperfecto de nuestro calendario, ya que existen los años bisiestos, pero en años regulares se encuentran alrededor del 21 de mayo y 25 de julio.

Antes de examinar críticamente la “explicación oficial” que mencionamos en el apartado 1.4, vamos a mostrar una

tabla simplificada de efemérides solares. La tabla 1 contiene un conjunto de datos relativos a la posición del Sol en

6. Los equinoccios son dos puntos de la esfera celeste en los que el plano de la eclíptica corta al ecuador celeste. Por lo tanto el paso de la Tierra por ese punto, ocurre en un instante. Por extensión el par de días en que ocurre ese instante se le llama también equinoccios. Hay dos fechas en la que esto ocurre y se les llama equinoccios de verano o de invierno. Tradicionalmente se considera que el equinoccio de verano ocurre el 21 de marzo, sin embargo por un fenómeno conocido como precesión de los equinoccios, la fecha en que el mencionado instante sucede se va adelantando. En la actualidad el equinoccio ocurre el 20 de marzo. El equinoccio de invierno, por las mismas razones, también se va adelantando.

diferentes fechas. Los datos contenidos en dicha tabla nos servirán para comparar la orientación de Teotihuacan con la dirección donde sale y se oculta el Sol. De esta manera podemos afirmar o negar la “explicación oficial”.⁷

Con la tabla 1 en mano podemos, en principio comparar las orientaciones de los edificios teotihuacanos con las posiciones de las salidas y puestas relevantes del Sol en el horizonte. Sin embargo un lector crítico puede objetar, y con toda razón que dichas posiciones no son las mismas que hace casi dos mil años, época en la que se planeó la ciudad arqueológica.

5. Correcciones a las efemérides

En efecto, los datos de la tabla 1 de efemérides deben ser transportados a la época de construcción de Teotihuacan. El ajuste esencial que debemos de hacer a los valores del azimut se debe al mo-

vimiento del eje de rotación de la Tierra en lo que se conoce como la precesión de los equinoccios. Como se sabe, el eje de rotación de la Tierra está inclinado $23^{\circ}26'$ con respecto a un eje perpendicular al plano de la eclíptica que es el plano sobre el cual se encuentra la trayectoria de translación de la Tierra alrededor del Sol (figura 5). El eje de rotación de la Tierra gira muy lentamente alrededor del eje perpendicular a la eclíptica formando una especie de “cono” cuyo vértice es el centro de la Tierra. Dicho giro se completa en alrededor de 25 765 años.

Una analogía a este movimiento, sería como imaginar a la Tierra moviéndose como un “trompo”. Es decir, en el caso de un trompo común y corriente, podemos considerar que la fuerza de atracción gravitacional hace tender al trompo a acostarse hacia un lado. Por otra parte el piso ejerce una fuerza de fricción sobre la punta del trompo que no permite que el trompo resbale. Es decir “jala” hacia el mismo lado. Ambas fuerzas producen una palanca o, técnicamente hablando una torca, que hace que el eje de giro del trompo cambie continuamente de

Figura 5. Precesión de los equinoccios.

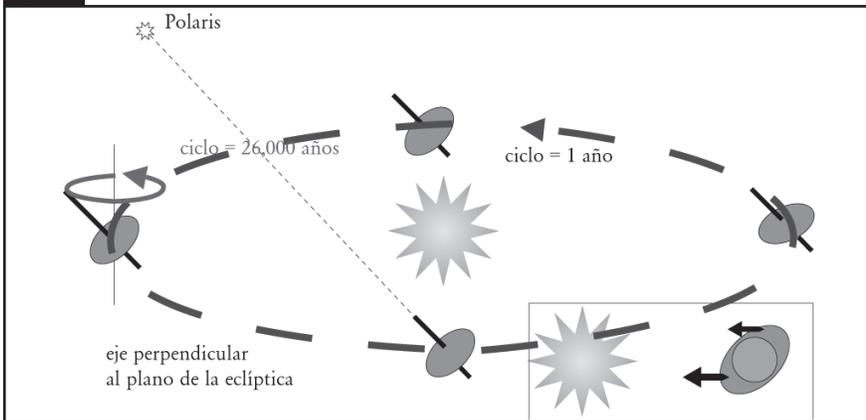


Tabla 1. Efemérides para el año bisiesto 2008 (Latitud $19^{\circ} 26' N$)⁷

Fecha	Azimut (valor redondeado)		Duración del día	Altitud solar al mediodía	Notas
	Salida	Ocaso			
21 de ene de 2009	111°	249°	11h 09m 21s	47,6°	
21 de feb de 2009	101°	259°	11h 37m 38s	60,2°	
14 de mar de 2009	92°	268°	12h 00m 31s	68,3°	
19 de mar de 2009	90°	270°	12h 06m 06s	70,3°	
20 de mar de 2009	90°	271°	12h 07m 13s	70,7°	Equinoccio ⁸
21 de abr de 2008	77°	283°	12h 41m 52s	82,6°	
29 de abril de 2009	74°	286°	12h 49m 45s	85,2°	Día casi idéntico al 13 de agosto
17 de may de 2009	69°	291°	13h 05m 02s	90,0°	Tránsito del Sol por el Cenit
21 de may de 2009	68°	292°	13h 07m 58s	89,1°	
21 de jun de 2009	65°	295°	13h 18m 25s	86,0°	Solsticio de verano, día más largo del año
21 de jul de 2009	68°	292°	13h 07m 49s	89,1°	
25 de jul de 2009	69°	291°	13h 05m 04s	90,0°	Tránsito del Sol por el Cenit
13 de ago de 2009	74°	286°	12h 49m 01s	85,0°	Principio del año nuevo maya de 260 días
21 de ago de 2009	77°	283°	12h 41m 12s	82,4°	
21 de sep de 2009	89°	271°	12h 08m 06s	71,0°	
22 de sep de 2009	90°	270°	12h 07m 00s	70,6°	Equinoccio
28 de sep de 2009	92°	268°	12h 00m 24s	68,2°	
21 de oct de 2009	101°	259°	11h 35m 47s	59,6°	
21 de nov de 2009	111°	249°	11h 08m 21s	50,5°	
21 de dic de 2009	115°	245°	10h 57m 28s	47,1°	Solsticio de invierno, día más corto del año

7. Los datos en esta tabla 1, corresponden a la latitud de la ciudad de México ($19^{\circ}26'$). La latitud de Teotihuacan ($19^{\circ}41'$) es casi la misma que la de la Ciudad de México por lo tanto los datos mostrados son aplicables a Teotihuacan. La tabla proporciona datos para la situación ideal de un horizonte plano y a la misma altura que el observador y en la que no hay montañas o colinas que obstruyan la visión. Se considera la salida del Sol cuando la parte superior del disco solar es visible y la puesta cuando la parte superior se oculta. Las cifras se han redondeado al valor del grado más cercano y en el caso de la altitud al medio día a la décima de grado. Los datos concuerdan con los proporcionados por la United States Naval Observatory y fueron seleccionados de www.timeanddate.com/worldclock/sunrise.html (12 de julio de 2008)

8. Las creencias populares son tan arraigadas que cada 21 de marzo se reúnen en Teotihuacan miles de personas vestidas de blanco para darse un “baño solar” y “energizarse” y ser dóciles víctimas de charlatanes. No saben siquiera que el equinoccio ya no corresponde al 21 de marzo.

dirección y se produce el movimiento de precesión del trompo.

Para el caso de la Tierra, la mencionada palanca o torca se produce porque nuestro planeta es chato en sus polos y ensanchado en el ecuador. Debido a su forma y de acuerdo con la ley de la gravitación universal, la fuerza de atracción del Sol sobre el ensanchamiento ecuatorial es un poco más fuerte en el lado del ensanchamiento más próximo al Sol que en el lado más lejano. En la figura 5 se muestra a la Tierra exageradamente achatada, girando en Órbita anual alrededor del Sol. Además, a la izquierda, en el recuadro inferior, se muestra esquemáticamente la torca que el Sol ejerce sobre la Tierra. La figura 5 también muestra la estrella polar (*Polaris*) que actualmente se encuentra ubicada poco más o menos en la dirección del eje de rotación de la Tierra (línea recta punteada en la figura).

Es fácil notar que al moverse el eje de rotación terrestre en su trayectoria de precesión (elipse sólida en la figura 5), la posición de la estrella polaris se irá desalineando con respecto a la dirección del eje de rotación terrestre y así sucederá con todas las estrellas “fijas” de la bóveda celeste. Es decir irán transitando lentamente hacia otras posiciones con respecto a un observador terrestre.

Además de la precesión existe un segundo fenómeno menos notorio que se superpone con la precesión, conocido como nutación. Éste consiste en un pequeño movimiento de vaivén cíclico (18.6 años) del eje de la Tierra debido a la influencia de la Luna sobre el planeta. En otras palabras esta oscilación es análoga al cabeceo de un trompo. No abundaremos más y sólo diremos que existen otros movimientos del eje terrestre que podemos despreciar en esta discusión.

9. Tabla adaptada de A. Aveni 2001 “*Skywatchers*” Revised and updated version. Austin University of Texas Press. Se aplican a la tabla los comentarios apropiados de la nota 6.

Tomando en cuenta el movimiento de precesión y nutación es posible calcular cuál era, en épocas pasadas, el acimut del Sol en su salida y puesta, y a manera de ejemplo damos los valores correspondientes para otros dos objetos celestes: la estrella Aldebarán en la constelación del Toro y las Pléyades, en sus salidas y ocasos helíacos (tabla 2). Estos dos últimos ejemplos nos servirán posteriormente para una discusión sobre una posible alineación estelar de Teotihuacan. Basta decir que la salida heliaca de un cuerpo celeste es la primera aparición anual por la línea del horizonte y el ocaso heliaco a la última aparición del objeto celeste antes de que se vuelva invisible. Más tarde discutiremos este tema con detalle.

Una simple inspección de la tabla 2 nos muestra que por un lado, para el caso del Sol casi no se alteran sus salidas y ocasos relevantes mientras que por otro lado, en el caso de las estrellas del ejemplo, la alteración es notoria. De hecho, claramente observamos en la misma tabla cómo el ocaso heliaco

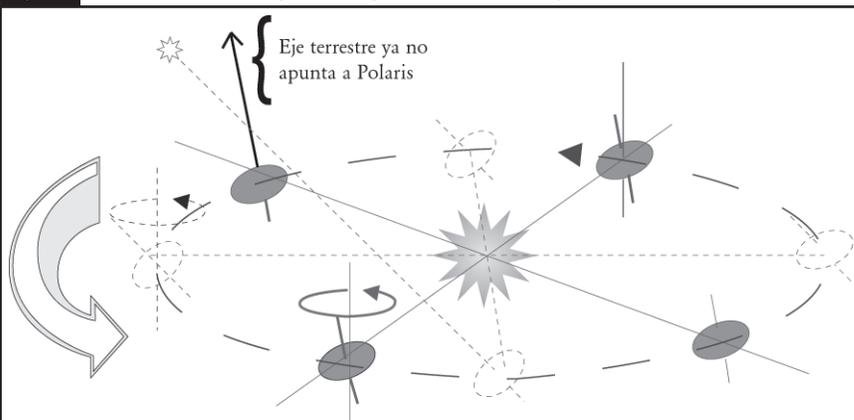
de las Pléyades se desplaza alrededor de ¡nueve grados en 2000 años!

Tal vez es sorprendente ver en la tabla 2, que los cambios de posición del Sol sean mínimos. Sin embargo esta situación resulta explicable ya que la órbita elíptica de la Tierra alrededor del Sol es casi circular. Esto queda claro si imaginamos que rotamos la figura 5 un cierto ángulo 10°, 30°, 90° (o cualquier ángulo) alrededor de un eje perpendicular al plano de la eclíptica (ver figura 6). Lo único que hemos hecho es rotar la Tierra y su órbita (casi circular), mientras que las estrellas y el resto del universo permanecen fijas. Por lo tanto, la relación geométrica entre la Tierra y el Sol permanece casi inalterada (ya que la órbita es casi circular) la única diferencia es que estamos viendo la figura 5 desde otra dirección como muestra la figura 6. Las estaciones y el movimiento aparente del Sol a través del cielo son casi las mismas como eran antes. Sin embargo las fechas en las cuales ocurren estas estaciones cambian.

Tabla 2. Variación por Precesión del eje de rotación de la Tierra⁹ Latitud 20° N.

Valor del Acimut para:	// en el año	2000 d.C.	1500 d.C.	1000 d.C.	500 d.C.	0
Salida del Sol en el solsticio de Verano		65° 00'	64° 55'	64° 50'	64° 45'	64° 41'
Puesta del Sol en el solsticio de Verano		295° 00'	295° 05'	295° 10'	295° 15'	295° 19'
Salida del Sol en el solsticio de Invierno		115° 00'	115° 04'	115° 08'	115° 12'	115° 16'
Puesta del Sol en el solsticio de invierno		245° 00'	244° 56'	244° 52'	244° 48'	244° 44'
Salida del Sol en tránsito cenital		69° 00'	69° 00'	69° 00'	69° 00'	69° 00'
Puesta del Sol en tránsito cenital		291° 00'	291° 00'	291° 00'	291° 00'	291° 00'
Salida heliaca de Aldebarán		73° 52'	75° 05'	76° 38'	78° 29'	80° 36'
Ocaso heliaco de Aldebarán		289° 44'	288° 31'	286° 58'	285° 07'	283° 00'
Salida heliaca de Las Pléyades		65° 28'	67° 26'	69° 32'	71° 54'	74° 27'
Ocaso heliaco de Las Pléyades		297° 58'	296° 10'	294° 04'	291° 42'	289° 09'

Figura 6. Rotación por un cierto ángulo, de la figura 5, alrededor de un eje perpendicular a la eclíptica.



Por otro lado, lo que nuestra rotación imaginaria (mostrada en la figura 6) ha producido, es exactamente lo que le hace la precesión al eje de la Tierra, esto es, le cambia de orientación. Por lo tanto el movimiento del Sol con respecto a la posición geográfica del observador casi no se verá afectado. Sin embargo, como el eje de rotación de la Tierra apunta hacia otra dirección con respecto de las estrellas fijas, las posiciones de estas últimas relativas a un observador en la Tierra, sí se verán alteradas.

6. Incongruencias astronómicas

Ahora volvamos nuestra atención a Teotihuacan. De acuerdo con los cálculos mostrados en la tabla 2, los valores acimutales solares, para el año 500 d.C., se muestran dibujados en la figura 7, sobre un plano de Teotihuacan. En esta figura podemos observar que la alineación de la retícula urbana de la ciudad no coincide con las direcciones de los solsticios, ni de verano, ni de invierno, ni con los

puntos cardinales determinados por los equinoccios. Además, la dirección de ocaso del Sol en su tránsito por el equinoccio no forma un ángulo recto con la calzada de los muertos. Podemos así, sacar inmediatamente la conclusión de que el alineamiento de Teotihuacan no corresponde a la creencia popular y hasta hace algunos años la explicación “oficial”. Pero lo importante aquí es la pregunta que sigue sin responderse, ¿porqué la ciudad está orientada así?

Para responder a esta interrogante se han propuesto una gran cantidad de hipótesis, algunas de las cuales describiremos brevemente a continuación.

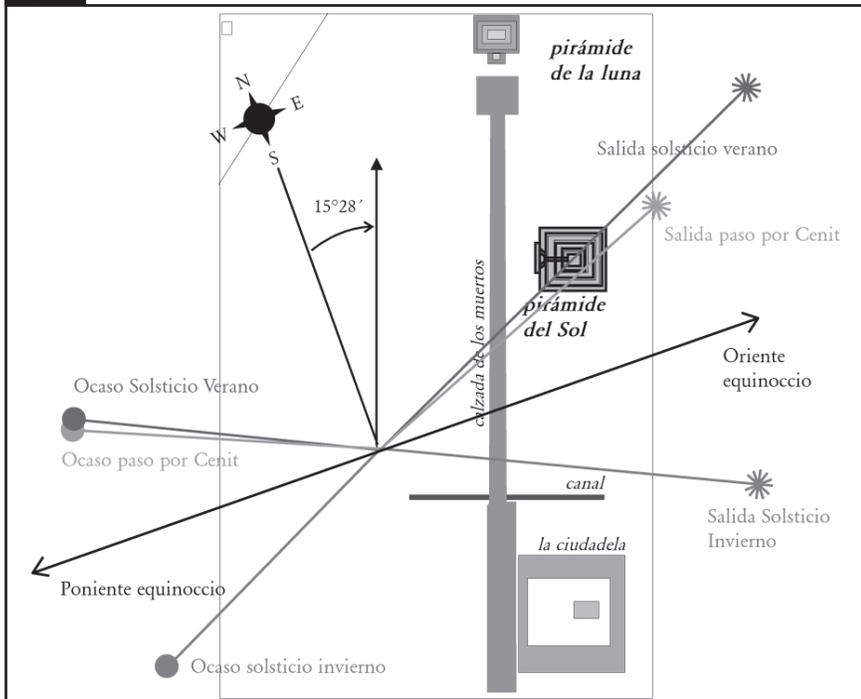
7. Suposiciones y conjeturas

En 1972 Stephen Tobriner sugirió que la calzada de los muertos está orientada hacia el antiguo volcán llamado Cerro Gordo a 6 km al norte de la pirámide de la Luna. Este autor cita un pasaje de un reporte escrito en 1580 al rey de España Felipe II, mismo que es la más temprana referencia que se

tenga noticia en Europa de la ciudad de Teotihuacan. En dicho reporte se menciona que en la montaña (Cerro Gordo) se escucha el ruido de agua. Tobriner afirma que en el Cerro Gordo hay una cueva que tiene un tiro vertical muy delgado y que el viento que sale de la boca del tiro produce un ruido parecido al flujo subterráneo del agua. Como muchos pueblos mesoamericanos creían que las montañas eran el origen del agua, el autor conjetura que los teotihuacanos asociaban Cerro Gordo con el dios del agua y como para cualquier ciudad sus fuentes hídricas son muy importantes, por ese motivo orientaron la traza urbana en la mencionada dirección (Tobriner, 1972). Diversas personas han objetado este razonamiento y señalan que ninguna montaña o elemento del paisaje está precisamente alineado con los ejes de la ciudad. Incluso advierten que la cumbre del Cerro Gordo se desvía 2° de la dirección marcada por el eje de la Calzada de los Muertos (Aveni, 2001).

Otra de las conjeturas para “explicar” la multicuada alineación es la propuesta por la ya fallecida Doris Heyden del INAH (Heyden, 1975). Esta investigadora postuló que la disposición de la pirámide del Sol se debe a una caverna que se encuentra debajo del centro de la pirámide (figura 8). La caverna fue descubierta en 1971 por Ernesto Taboada, encargado de la zona arqueológica, al estar examinando una depresión en el frente de la escalinata principal de la pirámide. Taboada, al remover escombros en la base de la pirámide del Sol, encontró una pequeña escalinata interna que conducía a la boca de un túnel natural que penetraba por debajo de la pirámide. La entrada del túnel coincide con el centro de la escalinata de una segunda pirámide (de construcción anterior) englobada dentro de lo que

Figura 7. Direcciones solares relevantes en el año 500 d.C.



vemos actualmente como la pirámide del Sol (de construcción posterior). El túnel tiene aproximadamente 103 metros de longitud y conduce a cuatro cámaras dispuestas en forma de cruz. El centro de estas cámaras se encuentra muy cercano al centro de la base de la pirámide como se ilustra en la figura 8. El túnel de acceso a las cuatro cámaras tiene una anchura promedio de un metro y medio. Las cámaras, así como el propio túnel, muestran que fueron modificadas por intervención humana.

La mencionada arqueóloga Hayden sugirió que la cueva puede asociarse a cultos y ritos celebrados a deidades del inframundo. Compara además la cueva con un lugar mítico llamado Chicomoztoc el lugar mítico de la creación en la antigua mitología mexicana y como tal, el sitio perfecto para erigir una gran pirámide. Por lo tanto, la imaginativa Dra. Hayden sugiere que la orientación de la ciudad surge al trazar una línea imaginaria entre la boca de la caverna y el centro de las cámaras, pues la dirección de dicha línea imaginaria coincide bastante bien con el eje oriente poniente de la ciudad (Heyden, 1975). No hay duda que las cavernas fueron usadas para motivos rituales, pero esta hipótesis puede parecer un tanto subjetiva. A pesar del erudito razonamiento de la Dra. Heyden, la inmediata objeción es de tipo pragmático, pues el lector podrá imaginar la dificultad en fijar una dirección precisa en el horizonte desde la boca de una cueva serpenteante (ver figura 8).

8. Hipótesis astronómicas

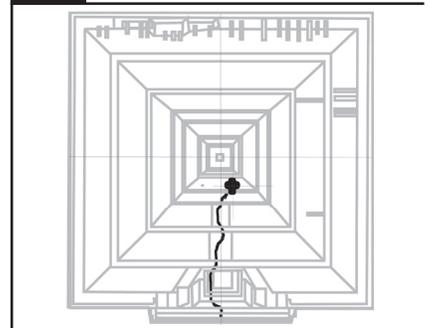
Hoy en día las hipótesis más acreditadas siguen siendo postuladas por arqueoastrónomos. Dichas hipótesis se basan en las posiciones de astros relevantes. En este contexto, en 1967 el arqueólogo

James W. Dow de la Universidad de Oakland, trabajando con el astrónomo Gerald Hawkins, sugirió la posibilidad de que la orientación teotihuacana estuviera relacionada con la posición de Sirio (La estrella más brillante del firmamento) o las Pléyades durante su salida heliaca (Dow, 1967). Antes de continuar, es pertinente aclarar en este momento qué significa el término heliaca. Debido a la forma de la Tierra y a la inclinación de su eje de rotación, un observador del firmamento nocturno no puede observar todas las estrellas y constelaciones del cielo a la vez, pues esto depende de dónde se encuentre situado geográficamente. Hay estrellas que siempre podrá ver noche tras noche, hay cuerpos celestes que solamente observará en ciertas épocas del año y hay otros cuerpos que nunca podrá observar desde su posición geográfica. Este último es el caso de la constelación “La Cruz del Sur” para un observador situado a latitudes medias y septentrionales en el hemisferio norte. La estrella Polaris es siempre visible para observadores en el hemisferio norte. Las Pléyades por su parte no son visibles todo el año pues desaparecen cierta temporada bajo el horizonte para reaparecer posteriormente. La salida heliaca es el primer día de visibilidad de un astro (saliendo por el oriente) después de la puesta del sol. El ocaso heliaco es el último día de visibilidad del astro (ocultándose por el poniente) antes de la salida del Sol. Es fácil comprender ahora la importancia de estos días ya que para los antiguos pueblos (que consideraban a la Tierra plana) probablemente les parecía terrorífico que la Tierra se tragara las estrellas, o concretamente hablando descendieran al inframundo.

Seguimos ahora la línea de pensamiento sugerida por Dow y Hawkins, años más tarde y el Dr. Anthony Aveni de la Universidad de Colgate, quienes proponen una posible pista a la

orientación de la ciudad arqueológica. Su sugerencia es la de que la orientación de Teotihuacan está señalada en la ciudad por una línea virtual entre dos de los marcadores o cruces punteadas encontrados en Teotihuacan (ver figura 3). Estos marcadores al parecer servían de marcas agrimensoras como ya se mencionó. Existen en particular dos entre las varias decenas de cruces encontradas en el sitio. La primera, de este par de cruces, está situada en la base de la pirámide del Sol y la segunda a tres kilómetros al oeste en la ladera del Cerro Colorado. Vista desde la primera cruz, la segunda se encuentra a $15^{\circ} 21'$ al norte del poniente. Es decir una línea imaginaria trazada entre ambos marcadores estaría a tan sólo escasos siete minutos angulares de formar un ángulo recto con la Calzada de los Muertos. La hipótesis sugerida por el Dr. Anthony F. Aveni en su libro, postula que esta línea-base pudo haber servido en el trazado de la ciudad (Aveni, 2001a). Un hecho notable es que la cruz punteada situada en Cerro Colorado presenta una desviación de escasos 10 metros de su supuesta posición precisa, siempre y cuando la pretensión teotihuacana haya sido la de formar un ángulo recto entre la calzada de los muertos y la línea imaginaria que une el par de mencionados marcadores. Lo admirable es que la cruz de Cerro Colorado está a 3 km de la calzada. Esta admirable precisión (una desviación de 10 metros en 3 kilómetros) lleva a preguntarnos si la

Figura 8. Túnel y caverna debajo de la pirámide del Sol.



dirección de esta línea base coincide con algún evento astronómico en el contexto de la cultura teotihuacana (Aveni, 2001a). En este contexto el Dr. Aveni señala que la línea base (entre

10. No debemos juzgar las ideas calendáricas de los pueblos antiguos sin antes detenernos a pensar en nuestra situación. Nosotros en la actualidad tenemos también dos calendarios uno es cíclico y comienza el lunes repitiéndose cada siete días. El otro es lineal y comienza en el año uno de la era cristiana. En el caso de fechas de nuestra era cristiana, contamos a partir de la supuesta fecha del nacimiento de Cristo hacia adelante y hacia atrás para fechas anteriores al nacimiento de Cristo. Lo ilógico es que no tenemos año cero. Adicionalmente una parte de la población moderna usa un calendario litúrgico relacionado a tradición judío-cristiana y ligada al movimiento lunar.
11. Han habido algunas propuestas sobre el porqué de la duración del calendario de 260 días. Entre las más aventuradas está la del antropólogo alemán Leonhard Schultze-Jena, quien mediante entrevistas con chamanes guatemaltecos en Chichicastenango y Monstenango llegó a la conclusión de que el número de días del calendario (260) concuerda con el periodo de gestación humano. Ver, Peter T. Forst "Human Biology and the Origin of the 260-Day Sacred Almanac" *The Contribution of Leonhard Schultze Jena (1872-1955)* en el libro, "Symbol and Meaning Beyond the Closed Community. Essays in Mesoamerican Ideas". Gary Gossen (ed) University of Texas Press (1986). Queremos comentar que en principio puede haber varias maneras de medir el periodo de gestación humana. Esto depende de cómo definamos dicho periodo. Por ejemplo, puede ser definido desde la fecundación del óvulo o cuando se adhiere el blastocito a la pared del útero (5 o 6 días después de la fertilización) o puede tomarse a partir de la última menstruación de la madre en cuyo caso el periodo es de aproximadamente 280 días. Queremos hacer énfasis con nuestro comentario en que algunos "académicos" se ocupan de imaginar este tipo de "hipótesis".

las dos cruces punteadas) está en la misma dirección del punto del ocaso heliaco de las pléyades en la época en que fue construida Teotihuacan. En efecto, cálculos precisos demuestran que efectivamente el punto del ocaso y la dirección de la línea base oriente poniente coinciden notablemente. Además, el día de la salida heliaca de Las Pléyades (aproximadamente mayo 18) coincidía con el día del primer tránsito del Sol por el cenit, además ese mismo día las Pléyades pasaban también sobre el cenit (Aveni, 2001a). Sin embargo, siempre hay un pelo en la sopa. El serio problema de esta hipótesis es simple. La posición de las Pléyades en la bóveda celeste cambia con el tiempo, así como las fechas de sus ocasos helíacos debido a la precesión de los equinoccios. Los teotihuacanos se hubieran dado cuenta en el transcurso de una sola centuria que la posición de las Pléyades en su salida heliaca ya había cambiado alrededor de medio grado y hubieran tenido que corregir el aplanado de toda la pirámide. El lector puede consultar la tabla 2 de este trabajo para cerciorarse de los cambios angulares de las Pléyades con el tiempo. En consecuencia, la conjetura de la alineación con las Pléyades no es sostenible y cae por su propio peso. Sin embargo una inesperada explicación surgió de un personaje ajeno al campo de la arqueología y de la astronomía. La nueva conjetura fue gestándose a través de los años en la mente de Victor Malmstrom, un estudiante de geografía. En 1944, este personaje asistía a un curso optativo de antropología de la licenciatura en geografía en la Universidad de Michigan. Uno de los tópicos del curso era el calendario mesoamericano. Con el fin de poder detallar la germinación de la nueva conjetura de Malmstrom sobre la alineación teotihuacana en el siguiente apartado daremos una sinopsis del calendario mesoamericano.

9. El anuario pretérito

Los pueblos antiguos mesoamericanos y entre ellos los mayas tenían dos calendarios cíclicos. En primer término había una cuenta ritual de 260 días divididos en 20 periodos de 13 días cada uno y una segunda cuenta solar de 365 días exactamente. Estos días estaban organizados en 18 periodos de 20 días cada uno y 5 días adicionales para completar los 365 días. Ambas cuentas, solar y ritual, corrían al mismo tiempo y a pesar de que eran cíclicas los días no se repetían, sino hasta después de 52 años de 365 días, esto es después de $52 \times 365 = 18\,980$ días. Esta cantidad corresponde a 73 ciclos de 260 días (18 980 días). Ese día ambas cuentas coincidían de nuevo.¹⁰

Como ya mencionamos, en 1944 Victor Malmstrom era estudiante de la Licenciatura en Geografía en la Universidad de Michigan. En una ocasión, durante su curso de antropología le preguntó a su profesor: ¿Por qué los mayas tenían un calendario de sólo 260 días? La respuesta que recibí fue simplemente un "nadie lo sabe".

Victor Malmstrom se graduó, continuó sus estudios y 30 años después era profesor de geografía en Middlebury College en Vermont, Estados Unidos. En ese entonces el Dr. Malmstrom impartía un curso titulado "Medio ambiente y civilización en los trópicos americanos". El curso incluía una excursión de estudio con sus discípulos a la península de Yucatán. Una mañana en enero de 1973 estando en Chichén Itzá, mientras escuchaba con sus estudiantes las explicaciones del guía sobre los juegos de luz y sombra sobre las paredes y ventanas del edificio del Observatorio del Caracol, el profesor Malmstrom se preguntó si el extraño calendario de 260 días no habría marcado el lapso de tiempo entre dos pasos sucesivos del Sol por el cenit en esta región de los trópicos.¹¹

Cuando Malmstrom regresó a Vermont, acudió a la biblioteca universitaria a consultar un volumen de efemérides solares. Descubrió entonces que, en lugares situados sobre el paralelo 14°.8' N, un intervalo de 260 días transcurre entre dos tránsitos solares cenitales sucesivos. Esto es, desde el día cuando el Sol pasa primero por el cenit (29 de abril) en su senda diaria hacia el trópico de capricornio hasta el día (13 de agosto) cuando pasa de regreso, por segunda vez sobre el cenit.¹² Pero lo que realmente le sorprendió fue el hecho de que el 13 de agosto es el equivalente, en nuestro calendario occidental, al día en que los mayas comenzaron a contar el tiempo.¹³ Naturalmente el Dr. Malmstrom se preguntó si esto sería una simple coincidencia.

Asimismo Malmstrom examinó un mapa y observó que el mencionado paralelo terrestre (14°.8' N), cruza a todo lo ancho los territorios de Guatemala y Honduras y el Soconusco, esta última es la región más meridional de la república mexicana. Intrigado por el descubrimiento, Malmstrom siguió escarbando en las bibliotecas y encontró una interesante observación en un escrito hecho por un naturalista alemán, Hans Gadow (1855-1928). Este hombre viajó por México en los inicios del siglo xx y al igual que Malmstrom, también estaba interesado en el calendario de 260 días. Gadow estaba convencido de que el origen del calendario era producto de personas que vivieron en un ambiente de tierras tropicales bajas. Esto lo pensaba porque algunos de los días del calendario maya están asociados a la fauna tropical.¹⁴ lagarto, mono, jaguar. El habitat de estos animales no son las tierras altas o el altiplano. Malmstrom, como geógrafo profesional, sabía cuáles eran las regiones tropicales bajas. Además suponía que en dichas regiones se deberían localizar sitios arqueológicos

con una antigüedad igual o superior a la del calendario maya. Esta antigüedad corresponde a un periodo igual o anterior al año 400 a.C.

Juntando toda esta información, Malmstrom encontró que un sitio posible que reunía todas estas características: región tropical, antigüedad y situado cerca del paralelo 14°.8' N, era la ciudad olmeca de Izapa en el soconusco chiapaneco. Animado por el descubrimiento del origen del calendario mesoamericano, escribió un artículo científico mismo que fue publicado en la prestigiosa revista *Science* en septiembre de 1973 (Malmstrom, 1973).

Las reacciones a esa publicación no se hicieron esperar. Entre algunas cartas de felicitación y otras pidiendo sobretiros llegó una carta expresando su desacuerdo del “amo y señor” de la arqueología maya, Sir John Eric Sydney Thompson. A esto le siguieron intercambios de cartas al editor de la revista *Science* entre Malmstrom y los discípulos de Sir Eric Thompson. Una de dichas cartas señalaba que las ideas de Malmstrom habían sido anticipadas por investigadores que le precedieron pero que al final, dichas ideas habían sido ampliamente discutidas y estaban desacreditadas. Además se acusaba al autor de no haber mencionado deliberadamente las ideas de sus predecesores para que aparecieran como propias. Cabe mencionar que sus predecesores ya habían propuesto el tránsito cenital del Sol como mecanismo de identificación de fechas del calendario. Pero en contraste, habían sugerido a la ciudad de Copán (ciudad maya) como el sitio del génesis calendárico.

Lo que el geógrafo Malmstrom ignoraba es que se había metido en una pelea entre dos grupos de antropólogos que trataban de establecer cuál cultura era la madre de todas las culturas mesoamericanas. En efecto, por un lado estaban los “mayistas”

que afirmaban que la cultura maya era la raíz de todas las demás. Este grupo estaba representado principalmente por Sir Eric Thompson y el antropólogo americano Sylvanus Morley. Por el otro lado se encontraba el grupo de los “olmequistas” que afirmaban que la cultura Olmeca era el origen de las demás culturas. Este grupo era encabezado por varios antropólogos mexicanos. Cabe aquí mencionar que el peso de las evidencias a través del tiempo ha ido inclinando la balanza a favor de los olmequistas. Aunque todavía en la actualidad hay algunas objeciones sobre el origen olmeca del calendario de 260 días.

Ante las severas críticas de la época, Malmstrom titubeó en seguir la polémica y decide aceptar un puesto académico como profesor de geografía en Dartmouth College, Nueva Hampshire. Sin

12. Complementariamente, en el desplazamiento del tránsito diario del Sol hacia el trópico de Cáncer y de regreso, el lapso transcurrido entre dos pasajes del Sol por el Cenit es de 105 días. Lo cual es de esperarse ya que $105 + 260 = 365$ días.

13. Los mayas podían expresar cualquier fecha en función del número de días que habían transcurrido desde un momento inicial en la cuenta del tiempo. A esta cuenta se le conoce como cuenta larga y la expresaban a base de ciclos como sigue: cada uno de los ciclos tenía un símbolo e inmediatamente a la izquierda del símbolo se escribía un coeficiente del 0 al 19 en notación maya. Para nosotros en notación arábica utilizamos un punto para separar los ciclos. Por ejemplo, en la cuenta larga 9.14.0.10.6 significa 9 bak'tuns, más 14 kátuns, más 0 tuns, más 10 winals más 19 kins. Esto es 1,397,019 días desde el comienzo de la cuenta larga. Este hecho nos permite saber el inicio de la cuenta del tiempo en términos de nuestro calendario. Esta fecha corresponde al 13 de agosto del año 3114 a.C.

14. Cada signo de los días tenía para los mayas un dios o dioses patronos: Imix, lagarto, Chen, mono, Ix, jaguar.

embargo una vez instalado en su nuevo puesto y todavía sintiéndose aguijoneado por las críticas de las vacas sagradas del momento, decide tratar de viajar a México en la primera oportunidad que se le presente. El viaje lo realiza en 1975, de nuevo acompañado por un grupo de estudiantes. El viaje a México tenía lógicamente, como destino principal a la ciudad arqueológica de Izapa, cuna según Malmstrom, del calendario ritual. El viaje produjo dos sorpresas inesperadas. La primera sorpresa fue un descubrimiento accidental en Izapa. Uno de los estudiantes de Malmstrom llevaba consigo una brújula. Al pasar cerca de una antigua escultura en forma de tortuga, la brújula apuntó a la cabeza de la tortuga (Malmstrom, 1976). Años antes ya el Dr. Michel Coe había descubierto una pequeña placa magnética en las ruinas olmecas de San Lorenzo. Este descubrimiento confirmaba el conocimiento del magnetismo en Mesoamérica.

Posteriormente y durante el mismo viaje pero ya estando en plan de turista, Malmstrom lleva a sus estudiantes a Teotihuacan. Vistan el museo local y escuchan la explicación “oficial” sobre la orientación de Teotihuacan. Es decir, les dicen que la ciudad está orientada hacia la dirección del ocaso del Sol el día de su tránsito cenital. No fue difícil para el grupo de Malmstrom darse cuenta que esta afirmación era falsa. Esto ya nosotros lo hemos mostrado en páginas anteriores. ¡Simplemente la orientación de la ciudad no ajusta con el tránsito cenital!

Ese mismo día tras unos cuantos cálculos y consultando un libro de efemérides que llevaban consigo, se percataron que el eje de simetría de la pirámide del Sol señala sobre las montañas del horizonte hacia la dirección del ocaso del Sol en los días 29 de abril y 13 de agosto. ¡Otra vez aparece el 13 de agosto! Es decir el primer día del calendario mesoamericano. ¡Finalmente parece que el acertijo está resuelto!

Posteriormente y a través de varios estudios, se ha comprendido el significado de estas dos fechas dentro del contexto cultural mesoamericano. Es de suma importancia señalar que estas dos fechas dividen al año solar de 365 días en dos periodos. El primero comienza a partir del 29 de abril y deben transcurrir 52 días para que el Sol llegue al solsticio de verano. Posteriormente después de otros 52 días el Sol alcanza su tránsito cenital el 13 de agosto. A partir de esta fecha el Sol comienza un nuevo ciclo de 260 días (mismos que componen el calendario ritual). En otras palabras, a partir del 13 de agosto el Sol se va inclinando hacia el sur para alcanzar, en diciembre, su solsticio de invierno y después de 260 días regresar el 29 de abril a alinearse de nuevo con el eje de simetría de la pirámide del Sol y así completar el ciclo. El lector habrá notado que aparecen durante el proceso dos periodos de 52 días. Cabe hacer notar que 52 es también, en

el calendario mesoamericano, el número de periodos de 365 días que tiene que transcurrir para que la cuenta solar y la ritual vuelvan a coincidir. Para esta última, como ya lo mencionamos tienen que pasar 73 periodos de 260 días.

La pregunta que surge es si todo esto no es más que el producto de mentes predispuestas a encontrar coincidencias en todo lo que se les ocurre, capaces de confrontar la distancia que hay entre la Luna y la pirámide de Cheops comparada con el número de escalones que tiene la basílica de Guadalupe multiplicado por el número de goles que ha fallado la selección mexicana de fútbol. Sin embargo, una manera de probar el carácter calendárico de la orientación de Teotihuacan es probando la hipótesis en alguna otra zona arqueológica.

En efecto, en el transcurso de estos años, varios investigadores han comprobado la hipótesis de Malmstrom.¹⁵ Como ejemplo, reproducimos la siguiente cita de una publicación del Dr. J. Galindo-Trejo (2006: 12).

“Al analizar la orientación de las más importantes estructuras arquitectónicas mesoamericanas se encuentra que, en su mayoría, la alineación solar de ellas se da en dos fechas en el año¹⁶ que no corresponden a solsticios ni a equinoccios y tampoco al día del paso cenital del Sol. Lo interesante es que tales alineaciones pueden darse simultáneamente en estructuras separadas geográficamente por muchos cientos de kilómetros y correspondiendo a épocas de construcción muy distantes entre sí.”...

“En esas fechas calendáricas suceden a lo largo de toda Mesoamérica alineamientos solares de estructuras arquitectónicas muy importantes. Aquí algunos ejemplos: el Templo de los Jaguares en la Cancha del Juego de Pelota de Chichén Itzá, el Edificio de los Cinco Pisos en Edzná, el Templo Mayor de Tula, el Observatorio Circular de Mayapán, la Casa E de

15. La aceptación generalizada de la hipótesis de orientación calendárica de Malmstrom es reciente. Sin embargo, el canal de televisión Nat Geo T.V. de National Geographic Society realizó un documental titulado *Mexico's Pyramid of Death* (2005) parte del material del documental aparece en un artículo del mismo nombre (A. R. Williams Nat. Geo. octubre 2006 p 146). En el documental se presenta sólo la versión de A. Aveni sobre la orientación de Teotihuacan hacia Las Pléyades. Tiempo después en una nota en la red, National Geographic aclara que también existe la hipótesis de Malmstrom. Sin embargo Nat. Geo. se empeña en decir que ninguna de las dos hipótesis (Aveni o Malmstrom) es definitiva. Es claro que nuestro manuscrito demuestra que la conjetura de Aveni es falsa. <<http://ngm.nationalgeographic.com/ngm/0610/feature5/learn.html>> (12 de julio de 2008)

16. El Dr. Galindo Trejo se refiere al 29 de abril y al 13 de agosto.

Palenque, etc. El observatorio cenital en Xochicalco está acondicionado para que el primer día en el que penetran los rayos solares a su interior sea precisamente el 29 de abril y el último después del cual ya no puedan entrar, porque el Sol se encuentra demasiado al sur, sea el 13 de agosto. Un aspecto sumamente interesante es que esta fecha corresponde precisamente al inicio de la cuenta larga maya...”¹⁷

Conclusión

Todas las culturas prehispánicas han volteado sus miradas hacia el firmamento al grado que el movimiento regular de los astros dominó sus mentes, influyó sus creencias y moduló sus edificaciones. Los antiguos pobladores de México observaron con cuidado el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas. Algunas de estas culturas aprendieron a predecir eclipses e identificaron a Venus como la estrella matutina y vespertina, desarrollaron un notable calendario y un sistema de numeración posicional que incluía al cero. Los hechos astronómicos determinaban en su calendario, el momento de la siembra y de la cosecha, de sus ritos y fiestas, de hacer la guerra y la paz. Sus agoreros predecían el destino de vidas y sus sacerdotes la orientación de sus construcciones. Teotihuacan no fue la excepción. No sabemos a ciencia cierta quienes fueron sus pobladores, ni porque abandonaron paulatinamente la ciudad. Pero a través de los esfuerzos de

Victor Malmstrom, la arqueoastronomía ha hallado una plausible relación entre la orientación de sus edificios y el antiguo calendario mesoamericano.

Epílogo

Hoy en día hemos comenzado a descubrir gracias a los estudios interdisciplinarios, el legado cultural de las culturas mesoamericanas. Estas experiencias interdisciplinarias han impulsado nuestro conocimiento del pasado teotihuacano. Por mencionar tan sólo algunos otros de estos estudios, en la actualidad métodos de detección de partículas cargadas provenientes del cosmos se están empleando para obtener una “radiografía” de la pirámide del Sol y así determinar, sin necesidad de escavar, si existen cámaras funerarias ocultas en su interior. Científicos de la UNAM han colocado estos detectores de partículas en el interior de la cueva que se adentra por debajo de la pirámide.¹⁸ Otros estudios que se han hecho en el INAH y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares son análisis de restos humanos con técnicas nucleares. Mediante esta técnica se han podido determinar los nutrientes remanentes en las muestras y así inferir la paleo-dieta de los antiguos habitantes de la ciudad.¹⁹ Las técnicas nucleares en el estudio de materiales arqueológicos como el fechado por radiocarbono, termoluminiscencia, espectroscopía Mossbauer y PIXE (acrónimo de emisión

inducida de rayos X por protones) han sido aplicadas al estudio de materiales teotihuacanos.²⁰ Como se ve, el campo de estudios interdisciplinarios es muy amplio, los estudios están en marcha, no sólo para la arqueoastronomía y mucho queda aún por explorarse. Por nuestra parte, el presente artículo sólo ha querido compilar el trabajo de recientes “arqueoastrónomos”.

17. Queremos mencionar que se ha encontrado que existen otros dos sistemas de alineación en el área mesoamericana y que el sistema calendárico aquí descrito no es el único. Referimos al lector a la literatura de divulgación especializada (Galindo-Trejo 2006)
18. Ver por ejemplo “Uso de rayos cósmicos para estudiar la pirámide del Sol de Teotihuacan”. Revista Digital Universitaria, 10 de agosto 2004, Volumen 5 Número 7, ISSN: 1067-6079.
19. Ver por ejemplo “Implicaciones del análisis de calcio, estroncio y zinc en el conocimiento de la dieta y la migración de Teotihuacán, México”, Linda Manzanilla, Samuel Tejeda y Juan Carlos Martínez in *Anales de Antropología*, no. 33, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, 1996-1999, pp. 13-28.
20. Ver por ejemplo “Arqueometría: técnicas nucleares y convencionales aplicadas a la investigación arqueológica” Esparza López Rodrigo y Cárdenas García Efraín. El Colegio de Michoacán, 2005. ISBN: 970-679-156-6.

Bibliografía

Álvarez, J. R. (ed.) (1998). *Enciclopedia de México*. Tomo XIII, SEP. México.

Aveni, A. (2001). “Skywatchers, Revised and updated version”, University of Texas Press Austin.

Chaucer, G. (1391). “A Treatise on the Astrolabe: Addressed to his Son Lowys”, reproducido

en W.W. Skeat (ed.) (1872). N. Trubner & Co. Londres.

Dow, J. (1967). “Astronomical Orientations in Teotihuacan: A Case Study in Astro-archeology” *American Antiquity*. Vol.32.

Felipe II (1573). “Ordenanzas de descubrimiento, nueva población y pacificación de las

Indias”, dadas por Felipe II, el 13 de julio de 1573, en el bosque de Segovia, en *500 años de México en documentos*. <http://www.biblioteca.tv/artman2/publish/1573_382/Ordenanzas_de_Felipe_II_sobre_descubrimiento_nueva_1176.shtml> (2 diciembre 2008).

Galindo, Trejo J. (2006). "La astronomía prehispánica en México", *Anuario Astronómico del Observatorio de Madrid*. <<http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/9B9CED9A-D63A-4634-8D0F-550EE7A81EAC/25346/galindo2006.pdf>> (12 de julio de 2008).

Hartung, H. (1990). "Signos astronómicos en los códices Bodley y Selden", en F. Aveni. (comp.) *Astronomía en la América Antigua*, siglo XXI. México.

Heyden, D. (1975). "An interpretation of the cave underneath the Pyramid of the Sun", *American Antiquity*. Vol. 40.

Malmstrom, V. H. (1973). "Origin of the Mesoamerican 260-Day Calendar", *Science*. Vol. 7, september.

_____ (1976). "Knowledge of Magnetism in Pre-Columbian Mesoamerica", *Nature*. Vol. 259, 05 february.

Manrique Castañeda, L. (1991). "La observación astronómica en el México prehispánico", en Manrique Castañeda L. *Eclipses en México*, SEP. México.

Millon, R. R. B. DREWITT y G. L. Cowgill (1973). "Urbanization at Teotihuacan, Mexico", en Millon R. (ed.) *The Teotihuacan*

Map, The Dan Danciger Publication Series, Austin & London, University of Texas.

Sinclair, R. M. y A. Sofaer (1993). "A Method for Determining Limits on the Accuracy of Naked-Eye Locations of Astronomical Events" en Ruggles C. (ed.) *Archaeoastronomy in the 1990s*, Loughborough, UK. Group D. Publications.

Tobriner, S. (1972). "The Fertile Mountain: an Investigation of Cerro Gordo's Importance to the Town Plan and Iconography of Teotihuacán", en *Teotihuacán XI Mesa Redonda*, Sociedad Mexicana de Antropología, México.

