



Ivan Šprajc

*Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica
del centro de México*

427

*Orientaciones
astronómicas
en la arquitectura
prehispánica del centro
de México*

Las investigaciones arqueoastronómicas realizadas en los últimos decenios han revelado que los edificios cívico-ceremoniales en Mesoamérica fueron orientados, en su mayoría, de acuerdo con estimaciones astronómicas. El estudio de Šprajc muestra que no sólo las orientaciones arquitectónicas sino también los cerros prominentes del horizonte local corresponden a las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas que exhiben patrones consistentes: las señaladas por los alineamientos en un sitio tienden a estar separadas por intervalos calendáricamente significativos, predominantemente por múltiplos de 13 y de 20 días; además, las fechas más recurrentes al parecer marcaban momentos clave de un ciclo agrícola ritual.

Las regularidades detectadas sugieren que las principales estructuras ceremoniales fueron construidas en lugares cuidadosamente seleccionados, con el objetivo de aprovechar las prominencias circundantes como marcadores naturales de calendarios de horizonte. Tanto las orientaciones incorporadas en la arquitectura monumental de cada sitio como los cerros prominentes del horizonte local posibilitaban el manejo de un calendario observacional que –en vista de la falta de concordancia permanente del año calendárico con el año trópico– era necesario para prever importantes cambios estacionales y programar las labores y ceremonias agrícolas correspondientes.



Ivan Šprajc



*Orientaciones astronómicas
en la arquitectura prehispánica
del centro de México*

COLECCIÓN CIENTÍFICA

*Orientaciones
astronómicas
en la arquitectura
prehispánica
del centro de México*

Ivan Šprajc

SERIE ARQUEOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

Primera edición: 2001

D.R. © **Instituto Nacional de Antropología e Historia**
Córdoba 45, col. Roma, c.p. 06700, México, D.F.

ISBN 970-18-4180-8

Impreso y hecho en México

Mojim staršem

A mis padres

Índice

Agradecimientos	13
1. Introducción	15
2. Orientaciones en la arquitectura prehispánica de Mesoamérica: resumen de conocimientos actuales . . .	21
3. Cuestiones metodológicas y técnicas	31
Selección de los alineamientos	31
Orientaciones arquitectónicas	31
Rasgos del horizonte local	34
Medición de los alineamientos	37
Procedimientos de cálculo	45
Análisis e interpretación de los datos	52
4. Alineamientos en los sitios arqueológicos del centro de México: análisis e interpretación de los datos	55
Introducción	55
Azimuts de los alineamientos	57
Declinaciones y fechas correspondientes a los alineamientos	64
Función calendárica de los alineamientos	71
Relación entre las fechas registradas por los alineamientos y el ciclo agrícola	79
Desviación prevaleciente de orientaciones al sur del oriente	88
Intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos	91
Calendarios observacionales	101
Características generales	101
Alineamientos de la familia de 17°	107
Lugares de observación	120
Técnicas de observación	126
Calendarios observacionales y el calendario oficial	133

Argumentos en contra de intercalaciones en el calendario mesoamericano	135
¿Ajustes irregulares del año calendárico al año trópico?	146
Uso y función de los calendarios observacionales	151

**5. Alineamientos en los sitios arqueológicos del centro
de México: datos y comentarios**

Introducción	157
Preclásico	163
Cuicuilco, D.F.	163
Chalcatzingo, Morelos	174
Xochitécatl, Tlaxcala	181
Tx-TF-4 (Parsons), México	185
Tx-TF-6 (Parsons), México	189
Tx-TF-10 (Parsons), México	192
TF-26-90 (Sanders <i>et al.</i>), México	194
Tlapacoya, México	196
Clásico	201
Teotihuacan, México	201
Pirámide de Cholula, Puebla	238
Chalcatzingo, Morelos	242
Las Pilas, Morelos	246
Huapalcalco, Hidalgo	252
Tepeapulco (Xihuingo), Hidalgo	254
Xochicalco, Morelos	258
Cacaxtla, Tlaxcala	275
Xochitécatl, Tlaxcala	278
Posclásico	280
Tula, Hidalgo	280
Teotenango, México	284
El Conde, México	291
Tenayuca, México	294
Huexotla, México	314
Los Melones, México	324
Tx-A-20 (Parsons), México	326
Cerro Tláloc, México	328
Cerro de la Estrella, D.F.	334
Calixtlahuaca, México	338
Yautepec, Morelos	342
Teopanzolco, Morelos	346
Cerro de los Ídolos, México	349
Malinalco, México	351
El Tepozteco, Morelos	357

Tecoaque, Tlaxcala	360
Los Reyes, México	364
Texcotzingo, México.	366
Tlatelolco, D.F.	372
Templo Mayor de Tenochtitlan, D.F.	383
6. Conclusión	411
Apéndice 1. Cálculo de los desplazamientos horizontales resultantes de los hundimientos de la etapa II del Templo Mayor de Tenochtitlan	417
Apéndice 2. Glosario de términos astronómicos	423
Bibliografía	427

Agradecimientos

Quiero destacar, en primer lugar, que el presente estudio, basado en mi tesis de doctorado presentada en 1997 en la Universidad Nacional Autónoma de México, fue emprendido gracias al decidido apoyo y estímulo que recibí de Johanna Broda, mi directora de tesis; su línea de investigación, planteamientos teóricos y comentarios específicos siempre han sido sumamente valiosos, enriquecedores y, de alguna manera, determinantes en mi formación profesional, desde que –hace más de una década– inicié mis estudios de maestría en la Escuela Nacional de Antropología e Historia en México.

Diversos colegas y amigos me han brindado su apoyo y proporcionado información, sugerencias y críticas constructivas en el curso de la investigación. Las conversaciones que sostuve en varias ocasiones con Carlos Navarrete, Jorge Angulo, Doris Heyden, Ernesto Vargas, Linda Manzanilla y José Hernández Rivero me han ayudado a resolver una serie de cuestiones relacionadas con los sitios arqueológicos aquí estudiados y otros temas específicos. Respecto a problemas arqueoastronómicos ha sido invaluable el intercambio de información y de opiniones con Anthony Aveni, Stanislaw Iwaniszewski, Rubén Morante, Jesús Galindo y Daniel Flores. Salvador Guilliem tuvo la paciencia para sintetizarme los datos arqueológicos sobre Tlatelolco, mientras que mi conocimiento acerca de Cuicuilco ha sido actualizado gracias a la amistosa colaboración e interés de Mario Pérez Campa. Leonardo López Luján, Francisco Hinojosa, Bertina Olmedo y Carlos Javier González fueron mis guías en los detalles de la arqueología del Templo Mayor de Tenochtitlan. Las mediciones que efectué en repetidas ocasiones en este sitio fueron amablemente autorizadas por Eduardo Matos Moctezuma, director del Museo del Templo Mayor; en las mediciones y en el procesamiento de datos conté con la valiosa ayuda de José Guadalupe Orta, Pascual Medina y Rubén Escartín Adam, amigos y compañeros en mi centro de trabajo, pero debo agregar que el detallado estudio de orientaciones que realicé en el Templo Mayor y que, por cierto, llevó a resultados inesperados e interesantes, no lo hubiese hecho de no haberme animado el entusiasmo y la insistencia de Leonardo López Luján. En mi centro de trabajo he recibido todo el apoyo y facili-

dades por parte de Pedro Francisco Sánchez Nava, titular de la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Diversos problemas y obstáculos que se han presentado a lo largo del estudio de doctorado han podido superarse gracias al interés y la comprensión de Carlos Serrano Sánchez, asesor del Departamento de Antropología de la División de Estudios de Posgrado, de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Mis diapositivas fueron digitalizadas para la publicación por Brane Vidmar, del Centro de Investigación Científica de la Academia Eslovena de Ciencias y Artes en Ljubljana, donde pasé mi año sabático en 1998 y 1999.

A todos les debo mi profundo y sincero agradecimiento, pero también debo reconocer que este estudio no se hubiese podido llevar a cabo sin los sacrificios y privaciones de mi familia y, ante todo, sin la inquebrantable paciencia de mi esposa Silvia.

1. Introducción

El objetivo de la investigación, cuyos resultados se presentan a continuación, ha sido lograr una mejor comprensión del significado de las orientaciones en la arquitectura y de otros alineamientos incorporados en el paisaje cultural del México central prehispánico. El término *orientación* u *orientación arquitectónica*, aplicado a lo largo del presente estudio, puede definirse como dirección(es) principal(es) que manifiesta una estructura en el espacio o en el plano horizontal respecto a los rumbos cardinales,¹ mientras que el término *alineamiento* es algo más general, designando cualquier línea recta que conecte dos o más puntos, que pueden ser naturales o artificiales.

La orientación de un objeto arquitectónico es indicada por su misma forma o por la ubicación de ciertos elementos constructivos. Aunque cualquier estructura normalmente manifiesta una orientación (sólo para inmuebles de planta completamente circular o irregular y sin acceso podríamos decir que no exhiben ninguna orientación), ésta no necesariamente es intencional.² Si la orientación no es enteramente fortuita, puede deberse a diversos factores, por ejemplo, a la geomorfología o topografía circundante (configuración del terreno, curso del río o de la costa, etcétera); condicionantes climáticos (asoleo, dirección de los vientos prevalecientes, etcétera); consideraciones sociales (requerimientos militares, de comercio, etcétera) o normas que se relacionan con la esfera intelectual y que pueden describirse como conceptos de geografía sagrada o geomancia.

Entre los factores que rigen las orientaciones en la arquitectura moderna predominan los motivos prácticos, pero en las culturas del pasado éstos generalmente no eran los únicos o los más importantes; así, mientras que las estructuras habitacionales y otras construcciones con funciones seculares eran normalmente orientadas de acuerdo a necesi-

¹ "The term 'Orientation', as applied to a structure of any kind, means the direction in which its principal line is laid out on the ground" (Somerville 1927: 31).

² Aveni y Hartung (1986: 2) definen la *orientación* como "alineamiento intencional", mientras que en el presente trabajo utilizo el término simplemente para referirme al alineamiento principal que manifiesta un objeto arquitectónico y que puede ser intencional o fortuito.

dades prácticas, la disposición de los edificios dedicados a las actividades ceremoniales y cívicas obedecía a ideas basadas en la *cosmovisión*, es decir, en las creencias acerca de los rasgos del medio ambiente, los fenómenos naturales y el funcionamiento del universo en general (Dinsmoor 1939: 96; Carlson 1982: 50ss; Aveni 1991a: 247 y ss; Aveni y Hartung 1986: 2 ss). Es obvio que las ideas de este tipo llegaron a ser particularmente importantes y sofisticadas con el surgimiento de las sociedades estratificadas y el subsecuente desarrollo de la arquitectura y el urbanismo. No es de extrañar que los preceptos religiosos frecuentemente dictaran la disposición de trazas urbanas enteras, considerando que en todas las sociedades urbanas prístinas la evolución de la ciudad parece haberse iniciado con la constitución del complejo ceremonial (Wheatley 1971: 225).

El presente trabajo está enfocado a estudiar las orientaciones de la arquitectura cívico-ceremonial, pues es de suponer que también en Mesoamérica las estructuras con otras funciones fueron orientadas con base en requerimientos prácticos o siguieron las orientaciones que regían los edificios en el centro del poblado, dedicados al culto y a otras actividades de la vida pública. Las investigaciones realizadas a la fecha sugieren que las consideraciones astronómicas tenían un papel preponderante en las normas que dictaban la orientación y localización de las edificaciones ceremoniales y cívicas de Mesoamérica (véase capítulo 2), pero múltiples cuestiones que conciernen a la naturaleza de estas reglas no han sido resueltas, por ejemplo: ¿qué papel tenían la astronomía, el calendario, la mitología y la cosmovisión en el diseño arquitectónico y urbano?; ¿cuál era la relación entre factores económicos y religiosos que intervinieron en la planeación de los asentamientos? (Aveni 1991b: 58ss). Espero que los resultados de la presente investigación permitan acercarnos a la solución de diversos problemas de esta índole.

El área comprendida por el estudio corresponde aproximadamente al Altiplano central, como fue delimitado por Piña Chan (1967: 175), o a la Región Simbiótica del Centro de México, definida por Sanders (1956; Sanders *et al.* 1979: 4). Los datos de campo necesarios fueron obtenidos en 37 sitios arqueológicos ubicados en los estados de México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos y el Distrito Federal. El número de sitios que fueron visitados con el propósito de realizar las mediciones es considerablemente más grande, pero el estado de conservación de los vestigios arquitectónicos en varios sitios recorridos impidió la determinación de las orientaciones. Por consiguiente, la cantidad de la información recopilada ha sido limitada por la disponibilidad de los restos arquitectónicos cuyas orientaciones pueden ser medidas con suficiente precisión, así como por el constreñimiento de concluir la investigación en un lapso razonable. El estudio incluye sitios que indudablemente tuvieron distintas funciones, pero las estructuras consideradas han sido

seleccionadas de manera coherente, con base en los criterios expuestos en el capítulo 3, "Orientaciones arquitectónicas".

En la evolución cultural del centro de México, el periodo más temprano del que se conservan restos de arquitectura es el Preclásico Medio, por lo que el estudio no abarca épocas más antiguas. En realidad, entre las estructuras examinadas, sólo algunas de Cuicuilco y Chalcatzingo probablemente datan del Preclásico Medio, mientras que todas las demás son más tardías. La división cultural que empleo para ordenar la información cronológicamente es la más ampliamente usada (Preclásico, Clásico, Posclásico, y subdivisiones), aunque no necesariamente la más adecuada: Matos (1994: 61ss), por ejemplo, opina que esta periodización no representa de manera fidedigna los procesos de cambio reales, mientras que Sanders *et al.* (1979: 92) argumentan que se utiliza de manera incoherente, tanto para designar periodos cronológicos como para denotar etapas evolutivas, por lo que proponen un sistema estrictamente cronológico. Sin embargo, las discusiones al respecto y las diversas propuestas planteadas no han resultado en un esquema nuevo que haya sido comúnmente aceptado. Puesto que la solución de los problemas de periodización no puede formar parte de los objetivos del presente trabajo, los sitios arqueológicos y los edificios particulares considerados no podrían ser colocados, con consistencia y confiabilidad, en un esquema cronológico diferente del "tradicional"; éste, a pesar de ser criticable, sin duda representa un marco de referencia suficientemente útil y operativo, ya que permite ubicar la información de manera comprensible, aunque a veces inevitablemente aproximada o arbitraria, en la secuencia de desarrollo cultural de Mesoamérica. Las inconsistencias inherentes de esta periodización son, desde luego, patentes también en el presente estudio: los datos sobre Teotihuacan, por ejemplo, han sido asignados al Clásico, que en este caso denota una etapa evolutiva, de algún modo definida –al menos para el centro de México– precisamente por el florecimiento de la urbe, aunque sus inicios corresponden, cronológicamente, al horizonte Preclásico.

Los sitios arqueológicos examinados pertenecen al área que tuvo un lugar especialmente importante en la evolución de las culturas mesoamericanas (*cf.* Sanders *et al.* 1979: 1s). En vista de las relaciones de simbiosis económica que unían las partes constitutivas de la región centromexicana a lo largo de sus diversas etapas de desarrollo (Sanders 1956) podemos suponer que existía un grado considerable de homogeneidad cultural y que, por tanto, los patrones de la disposición de los edificios cívico-ceremoniales también eran semejantes; es de esperar, por consiguiente, que la comparación y el análisis de los datos procedentes de distintos sitios del área permitan obtener resultados consistentes y significativos.

Por último, cabe hacer algunas observaciones acerca de las bases teóricas del presente estudio. Aunque no me considero adepto de ninguna de las corrientes específicas y estrictamente definidas, no comparto las posiciones particularistas que, por una parte, no admiten la existencia de ciertas regularidades universales en el funcionamiento y el desarrollo de las sociedades humanas y, por la otra, niegan a la ciencia antropológica la capacidad de descubrirlas. Hablando de la revitalización de la teoría evolucionista, que suscitaron ante todo las obras de Leslie White y Julian Steward, Sanders (1995: 130) esboza el enfoque general que considero el más adecuado:

Both general evolution and specific evolution were part of a broad theoretical perspective called Cultural Materialism. The central thesis in the Cultural Materialistic view is that changes in the way human beings use resources cause changes in social relationships, and these, in turn, trigger changes in the way society is organized. Finally, changes in social organization, and perhaps some direct impact of the way in which resources are used, result in a world view, often phrased in religious terms, unique to a particular culture. In Marxian terms, infrastructural changes cause structural changes, which in turn cause changes in the superstructure.

Habría que agregar que los elementos superestructurales también ejercen impacto, a manera de retroalimentación, sobre la infraestructura, y que no hay que perder de vista la relación dialéctica entre diversos aspectos de un complejo cultural.

Al observar que en los últimos años de nuevo han cobrado importancia los puntos de vista que insisten en el relativismo cultural y subrayan la unicidad de las culturas, Sanders (*ibid.*) hace notar que éstos han sido defendidos en especial por personas cuyo interés está enfocado en el nivel superestructural de la cultura, el menos apropiado para las generalizaciones. Hay que decir, sin embargo, que en la arqueoastronomía, disciplina antropológica a la que pertenece el tema del presente estudio y cuyo objeto de interés son precisamente ciertos aspectos de la esfera intelectual, las perspectivas particularistas de este tipo son cada vez menos populares, y ceden el lugar a los intentos para desarrollar una "antropología de la astronomía" y para comprender los conceptos relacionados con la observación del cielo en las sociedades antiguas en función de sus contextos culturales y entornos naturales concretos (Aveni 1989a: 7, 10s, nota 2):³

What is the nature of the relationship between astronomical phenomena and cultural behavior? What did astronomical phenomenon X mean to the people who practiced it? Why were they interested in phenomenon X instead of Y? How did

³ Sobre el historial y las bases teóricas y metodológicas de la arqueoastronomía, véase, por ejemplo, Aveni 1981; 1989a; Broda 1986; Iwaniszewski 1994a; 1995.

they conceive of that phenomenon in their ritual, myth, calendar, religion, architecture and historical chronology [...]? What role did it play in shaping their ideology? (Aveni 1989a: 6s)

Hablando de la astronomía y de los demás aspectos de la observación de la naturaleza en las sociedades prehispánicas de Mesoamérica, Broda (1991a: 462) discute los factores que determinan la relación entre la cosmovisión, la ideología y los hechos naturales observados: ⁴

El concepto que una sociedad se forma de la naturaleza depende hasta cierto punto de las fuerzas productivas que ella maneja, de las relaciones de producción que ha generado, y de su superestructura político-religiosa. La actitud hacia la naturaleza y su conceptualización, son una reelaboración en la conciencia social –a través del “prisma” que esta conciencia constituye– de las condiciones naturales. Estas últimas nunca se presentan de forma igual en diferentes sociedades; no existe una percepción “pura” desligada de las condiciones e instituciones sociales en las cuales nace.

Los estudios que insisten en el papel adaptativo y otras funciones sociales de los conocimientos astronómicos y conceptos asociados, y que tratan de explicar las diversas manifestaciones culturales relacionadas con la observación de los astros en términos del ambiente natural, económico y social en que surgieron y evolucionaron (e. g. Reyman 1975; Aveni 1989a; 1991a; 1991b; Zeilik 1989: 143s; Broda 1982b; 1991a; 1991b; 1993; Krupp 1983; 1997; Iwaniszewski 1989; 1991; 1995; Šprajc 1996a; 1996b: 24s, 69s, 198ss), ilustran el potencial explicativo de este enfoque, que ha sido adoptado por lo que considero la corriente principal en la investigación arqueoastronómica, y ejemplifican la generalización de Sanders (1995: 133): “This position applies to all levels of culture, not just the techno-economic, and a study of ancient ideology can be highly productive if the researcher maintains a functional model of culture conceptualized in anthropology as his theoretical framework.”

No cabe duda que también los conceptos que regían la disposición de la arquitectura cívico-ceremonial de Mesoamérica reflejaban la realidad natural y cultural de sus creadores y, por tanto –como trato de mostrar en las páginas que siguen–, pueden entenderse en función de las peculiaridades del medio ambiente, las bases de subsistencia, la organización sociopolítica y la superestructura intelectual de las sociedades cuyos vestigios representan nuestro objeto de estudio.

⁴ El significado asignado en el presente trabajo a los términos *cosmovisión* e *ideología* corresponde a las definiciones de Broda (1982b: 81s; 1991a: 462).

2. Orientaciones en la arquitectura prehispánica de Mesoamérica: resumen de conocimientos actuales

Fray Toribio de Benavente o Motolinía (1971: 51) escribe, en su obra *Memoriales*, que la fiesta azteca de Tlacaxipehualiztli “caía estando el sol en medio del *Uchilobos*, que era equinoccio, y porque estaba un poco tuerto lo quería derrocar *Mutizuma* y enderezallo”.¹ La información complementaria se encuentra en el mapa de Tenochtitlan atribuido a Cortés, donde se muestra el rostro del Sol entre los santuarios gemelos del Templo Mayor (Marquina 1960:30, 113, fig. 1; Aveni 1991a: 279ss, fig. 81). Aunque éstas, junto con algunos dibujos en los códices (Aveni 1991a: 28ss, figs. 5 y 8), parecen ser las únicas fuentes documentales que aluden a la orientación astronómica de los templos mesoamericanos, hoy podemos afirmar que la práctica de orientar edificios ceremoniales de acuerdo con principios astronómicos era común en Mesoamérica.

El objetivo de este capítulo no es presentar el desarrollo de la arqueoastronomía mesoamericana y del estudio de orientaciones arquitectónicas en particular –la información al respecto puede encontrarse en varios escritos (Broda 1986; Aveni 1991a; Iwaniszewski 1994a; Šprajc *s.a.*)–, sino tan sólo resumir los conocimientos generales y las hipótesis principales que conciernen a las características y el significado de las orientaciones en la arquitectura de Mesoamérica y que han servido como base y punto de partida de la presente investigación. A pesar de las numerosas hipótesis propuestas por diversos autores son todavía relativamente pocas las interpretaciones que pueden considerarse indiscutibles; no obstante, con fundamento en los estudios realizados hasta el momento –y sobre todo gracias al enorme corpus de datos derivado de las mediciones de campo efectuadas a lo largo de las últimas décadas por Anthony F. Aveni (1975; 1980; 1991a; Aveni y Gibbs 1976; Aveni y Hartung 1986)– es posible hacer algunas generalizaciones que parecen confiables:

¹ En realidad, el comentario forma parte de un texto inserto cuyo autor aparentemente no es Motolinía (*ibid.*, 50, nota 14).

- 1) Podemos afirmar que *las estructuras cívico-ceremoniales fueron, por regla general, orientadas con base en consideraciones astronómicas*. Las numerosas orientaciones medidas en los sitios arqueológicos en varias regiones de Mesoamérica manifiestan grupos bien definidos, es decir, frecuencias particularmente altas dentro de ciertos rangos azimutales (figura 1). La repetición de estos grupos en distintos sitios sólo puede explicarse con el uso de referencias astronómicas: si las orientaciones fuesen fortuitas o condicionadas por rasgos de topografía o geomorfología local, por consideraciones de carácter militar o por otros motivos, serían diferentes en distintos sitios, por lo que la distribución de sus azimuts sería aleatoria (Aveni 1991a: 266s, figs. 74 a y b; Aveni y Hartung 1986: 7ss, 56, fig. 2; Tichy 1991: 94, fig. 6-11).² Hay que agregar que las orientaciones de las iglesias coloniales en los valles de México, Puebla-Tlaxcala y Oaxaca exhiben los mismos grupos que las de los templos prehispánicos (figura 2; Tichy 1976; 1991: 68ss). El hecho es comprensible si recordamos la práctica, común en la época temprana de la Colonia, de erigir iglesias en lugares de culto prehispánicos: es de suponer que las iglesias, en cuya construcción se aprovecharon los restos de los templos prehispánicos derruidos (*cf.* McAndrew 1965: 185s, 241s; Kubler 1972: 163s, 177s; González Aparicio 1973: 81s), conservaron la orientación de éstos.³

Se ha sugerido que los mesoamericanos usaban dispositivos parecidos a la brújula y que, al menos en algunas partes, orientaron sus edificios hacia el norte magnético (Carlson 1975; Fahmel 1993). Según Urrutia y Soler (1995: 395), los datos arqueomagnéticos disponibles para Mesoamérica, aunque todavía insuficientes, en la mayoría de los casos no apoyan estas hipótesis. Cabe agregar que, si la práctica de orientar estructuras hacia el norte magnético existía en Mesoamérica –lo cual tendrá que verificarse– debe haber sido limitada a ciertas épocas y regiones, ya que de esta manera definitivamente no podemos explicar todas las orientaciones conocidas: si la referencia pre-

² En su estudio sobre las orientaciones en la arquitectura maya, Aveni y Hartung (1986: 7s) comentan: "The astronomical hypothesis would seem especially worthy of consideration if we find alignments that are confined to a narrow azimuthal range in a sample of buildings spread far apart in space. In this case, there can be no conceivable way of actually laying out the chosen direction other than by the use of astronomical bodies at the horizon as reference objects."

³ Al comentar que la Corona española apoyaba la colonización de los antiguos centros religiosos, McAndrew (1965: 181) añade: "It had been noticed that the Indians instinctively returned with gifts to the new shrines in the places where they used to make offerings to the old." Kubler (1972: 163), además, menciona: "To the colonists, a special virtue resided in the use of heathen materials for the construction of Christian churches: symbolically, it signified that the Church stood in triumph upon the ruins of paganism."

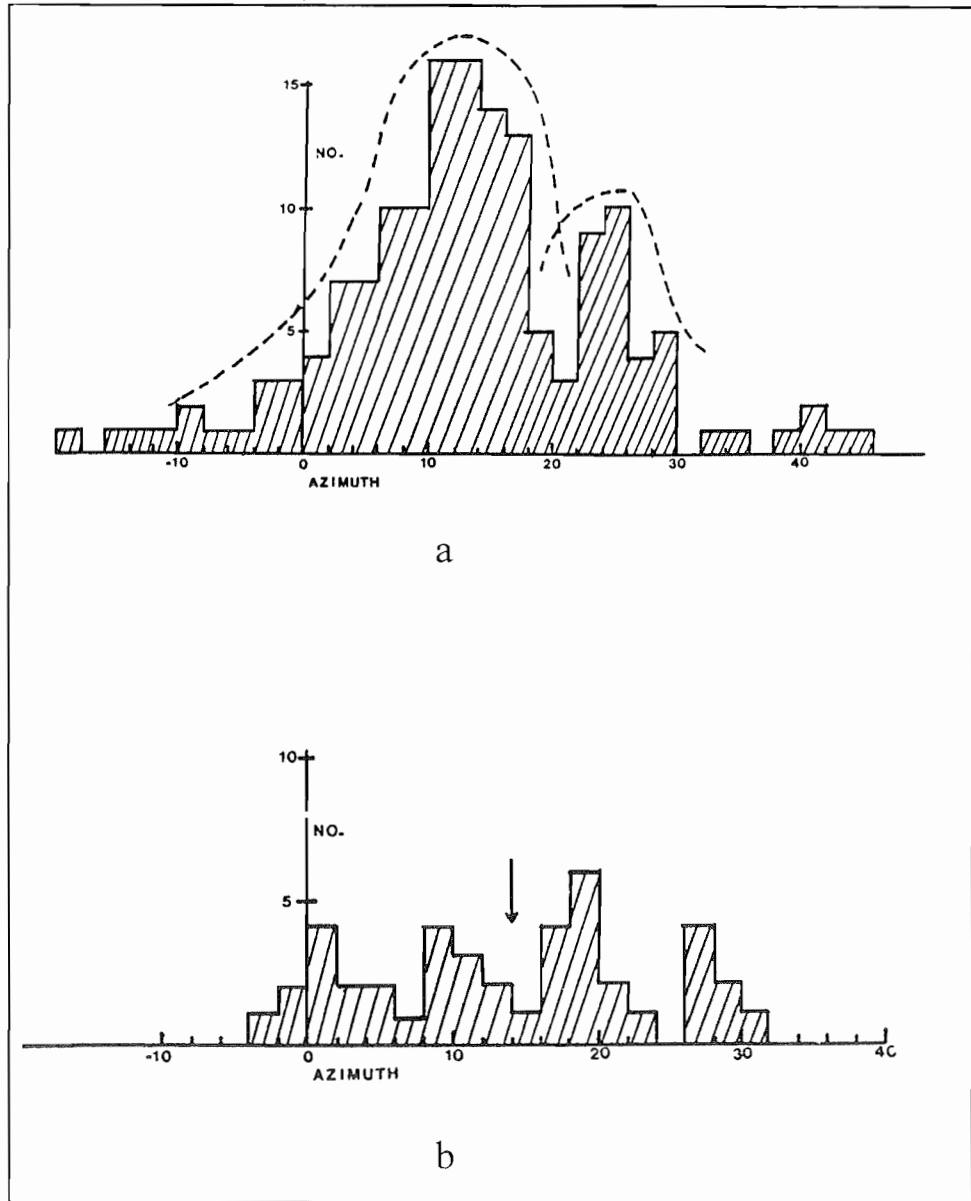


Figura 1. Histogramas de azimuts de las estructuras prehispánicas en el área maya (a) y el México central (b) (según Aveni y Hartung 1986: 11, figs. 2a y b).

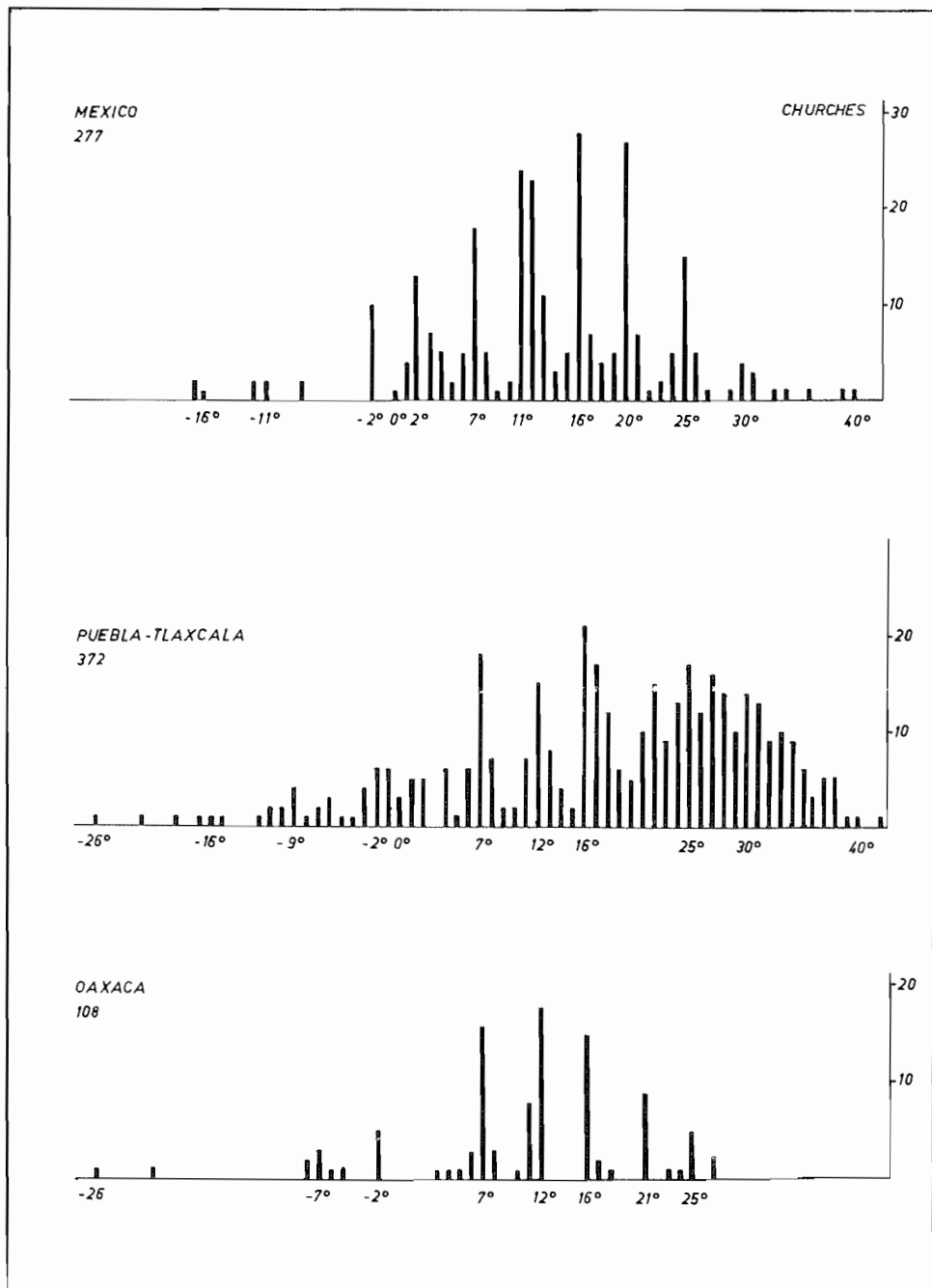


Figura 2. Histogramas de azimuts de las iglesias coloniales en las cuencas de México, Puebla-Tlaxcala y Oaxaca (según Tichy 1991: 101, fig. 6-13).

dominante para orientar los edificios hubiese sido el norte magnético, todas las orientaciones contemporáneas en una región serían parecidas, variando en función del tiempo, ya que la declinación magnética local (desviación angular del norte magnético respecto al astronómico) cambia gradualmente a través del tiempo (Aveni 1991a: 139s, fig. 46). La realidad que conocemos es diferente: aunque los patrones de orientación exhiben ciertas variaciones regionales y temporales, algunos grupos de orientaciones persisten durante muchos siglos y en áreas extensas; por otra parte, las orientaciones contemporáneas, incluso en un solo sitio, comúnmente pertenecen a distintos grupos.

- 2) *Las orientaciones se refieren, por lo regular, a fenómenos astronómicos observables en el horizonte*, es decir, a los puntos de salida y puesta de los cuerpos celestes. Si las posiciones relevantes de los astros hubieran sido otras, deberían estar señaladas por alineamientos inclinados; puesto que las posiciones de los astros arriba del horizonte implican alturas considerables, un alineamiento de este tipo podría ser indicado por la escalinata del templo o por alguna línea visual, por ejemplo, desde el altar frente al edificio al santuario superior del templo. Sin embargo, al comparar la disposición de complejos arquitectónicos en diversos sitios, observamos que las inclinaciones de estas líneas son muy variables, por lo que los azimuts de los alineamientos relacionados con un mismo fenómeno serían bastante divergentes; es decir, si los alineamientos de este tipo hubiesen regido las orientaciones, éstas no exhibirían concentraciones dentro de rangos azimutales tan reducidos como se observan en los histogramas (figuras 1 y 2).⁴
- 3) Considerando que los edificios normalmente tienen plantas aproximadamente rectangulares, sus orientaciones pueden describirse con azimuts de las líneas norte-sur o este-oeste, que corresponden a uno u otro par de los lados paralelos del rectángulo. Por lo tanto, la orientación de un edificio de planta rectangular contiene, en realidad, cuatro direcciones con potencial significado astronómico. Tomando en consideración las líneas este-oeste, observamos que la mayoría de sus azimuts se encuentran dentro del ángulo de desplazamiento anual del

⁴ Hay que subrayar que esta conclusión tan sólo implica que la observación de los astros en alturas elevadas, por ejemplo a lo largo de escalinatas, no pudo ser *determinante* de la orientación de las estructuras (en el plano horizontal), pero no descarta la posibilidad de que la disposición de ciertos elementos arquitectónicos, por ejemplo la inclinación de escalinatas, fuera dictada por este tipo de observaciones; un solo edificio, aunque orientado hacia un fenómeno sobre el horizonte, pudo haber incorporado otros alineamientos astronómicos; cf. fenómeno de "Sol rasante" descrito por Ponce de León (1991).

Sol por el horizonte (azimuts perpendiculares a los presentados en las figuras 1 y 2), lo que significa que *las orientaciones han de referirse mayormente a determinadas fechas del año trópico señaladas por las posiciones correspondientes del Sol en el horizonte* (cf. Aveni y Hartung 1986: 59s; Tichy 1991: 117).⁵ Por consiguiente, no es probable que fueran comunes las orientaciones hacia las estrellas u otros cuerpos celestes. Aun considerando la posibilidad de que las orientaciones fueran estelares –lo que nos obliga a postular que casi todas las estrellas de interés tenían sus azimuts de salida o puesta dentro del ángulo del desplazamiento del sol, o en direcciones perpendiculares, hacia el norte y el sur– no podemos explicar la persistencia de algunos grupos de orientaciones a través de muchos siglos: en vista de que el azimut de salida o puesta de una estrella manifiesta cambios seculares, debidos a la precesión de los equinoccios, observaríamos en las orientaciones correspondientes a esta estrella una variación consistente en función del tiempo. Es probable, desde luego, que algunos edificios fueran orientados hacia ciertas estrellas u otros cuerpos celestes (cf. Aveni 1991a: 282ss; Galindo 1994: 148ss; Šprajc 1993a, c; 1996a: 72ss); los hechos resumidos tan sólo indican que la práctica no pudo ser muy común.

Las cuatro fechas que marca una orientación solar (dos en el oriente y dos en el poniente, salvo las orientaciones solsticiales) pueden designarse de manera conveniente como *días o fechas de registro solar* (oriente y poniente) de la estructura (Ponce de León 1982: 8).

- 4) *Las orientaciones conocidas están desviadas predominantemente al sur del oriente o, visto de otra manera, al este del norte* (Macgowan 1945; Aveni 1991a: 266; Aveni y Hartung 1986: 10).⁶ Asumiendo que mayormente son solares, estas orientaciones pueden relacionarse con las salidas del Sol en otoño e invierno y las puestas del Sol en primavera y verano; posiblemente las dos clases de fenómenos eran importantes, ya que una orientación este-oeste pudo ser funcional hacia el oriente, hacia el poniente, o en ambas direcciones.

Numerosos estudios han tratado de explicar el significado de las orientaciones en la arquitectura mesoamericana. A continuación se pre-

⁵ En latitudes mesoamericanas, los puntos solsticiales (extremos del desplazamiento anual del Sol por el horizonte) se encuentran aproximadamente a 25° al norte y al sur del este y del oeste verdadero.

⁶ No obstante, en el Preclásico parece haber sido más común la desviación al norte del oriente (Aveni 1991a: 266).

sentan sólo algunas de las hipótesis más importantes que buscan explicar las orientaciones más recurrentes.

Marquina y Ruiz (1932) observaron que las orientaciones mesoamericanas manifiestan básicamente dos grupos: los edificios de un grupo están orientados casi exactamente en la dirección este-oeste, mientras que los del otro están desviados unos 17° al norte del poniente; tomando en consideración que las fachadas principales de las pirámides miran predominantemente hacia el poniente, los autores propusieron que las estructuras de los dos grupos marcaban las direcciones hacia el oeste astronómico y hacia las puestas del Sol en los días de su paso por el zenit, respectivamente.

Las orientaciones del segundo grupo, desviadas respecto a los rumbos cardinales aproximadamente 17° en el sentido de las manecillas de reloj,⁷ fueron designadas por Aveni (1991a: 269) como pertenecientes a la "familia de orientaciones de los 17° "; el nombre ha sido utilizado con frecuencia y lo seguiré empleando en el presente trabajo, ya que permite referirnos de manera conveniente al grupo de orientaciones que parece haber sido el más ubicuo y persistente en Mesoamérica. Mientras que la explicación que para estas orientaciones ofrecieron Marquina y Ruiz (1932) y Palacios (1932) es errónea (Aveni 1988: 443; Tichy 1991: 64ss), los demás intentos de interpretarlas han sido mayormente relacionados con la orientación de Teotihuacan, donde los alineamientos de esta familia rigen toda la traza urbana. La orientación teotihuacana se ha vinculado con las direcciones hacia la salida de la estrella Sirio y hacia la puesta de las Pléyades, asterismo cuyo orto helíaco coincidió, en la época teotihuacana, con el primer paso anual del Sol por el zenit. Otras hipótesis asocian 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 cálculos relacionados con el sistema calendárico (Aveni 1991a: 252ss; Galindo 1994: 123ss; Morante 1996). Las hipótesis que han sido planteadas en relación con las orientaciones teotihuacanas se discuten en el capítulo 5, "Teotihuacan, México", donde también se presenta el intento de aclararlas a la luz de los resultados del presente estudio que, según creo, permiten acercarnos a una comprensión más satisfactoria de los alineamientos de la familia de 17° (véase capítulo 4, "Alineamientos de la familia de 17° ").

Ponce de León (1982) relacionó las orientaciones en la arquitectura prehispánica del Altiplano central de México con las ceremonias de Fuego Nuevo que, a raíz del desfase del año calendárico, caían

⁷ Se trata de azimuts entre aproximadamente $15^\circ/105^\circ$ y $18^\circ/108^\circ$.

en distintas épocas en diferentes fechas del año trópico. Con base en los datos disponibles la hipótesis resulta difícil de sostener, puesto que:

a) son relativamente pocas las orientaciones presentadas como ejemplos que la apoyen;

b) para determinar las fechas del Fuego Nuevo, el autor se basa en la correlación entre los calendarios azteca y europeo establecida por Caso (1967: 41ss) para la época de la Conquista, suponiendo que el ritual de Fuego Nuevo se realizaba en el último día del mes Tititl; además de que la fecha en que se celebraba la ceremonia de Fuego Nuevo no está claramente señalada en las fuentes (*cf.* Broda 1982a: 133ss), no sabemos hasta qué época del pasado y para qué regiones es aplicable la correlación de Caso;

c) entre las cuatro fechas que registra cada estructura, el autor escoge la que es conciliable con su hipótesis; el procedimiento parece arbitrario, ya que para algunas estructuras se postulan como relevantes las fechas de registro oriente y para otras las de registro poniente;

d) de esta manera no se puede explicar la persistencia de ciertas orientaciones a través de muchos siglos y, por otra parte, la coexistencia de orientaciones diferentes; de ser correcta la hipótesis de Ponce de León, esperaríamos que las orientaciones contemporáneas de una región (o al menos de un sitio) fueran básicamente iguales, variando en función del tiempo.

Entre las hipótesis que se han propuesto para explicar las orientaciones arquitectónicas en Mesoamérica predominan las que de una u otra manera tratan de relacionarlas con el sistema calendárico. Por ejemplo, las orientaciones de la familia de 17° señalan la puesta del Sol en los días cerca del 13 de agosto, por lo que se ha sugerido que conmemoraban la fecha del inicio de la Cuenta Larga maya (Malmström 1981; 1997). Por otra parte, varios autores han argumentado que las orientaciones de este grupo marcaban el inicio del año calendárico, ya que corresponden a la salida del Sol alrededor del 12 de febrero, que es la fecha del principio del año según un dato de Sahagún (Tichy 1991: 136; Broda 1993: 261; Galindo 1990: 525ss; 1994: 129; Morante 1993;1996). Asimismo se ha propuesto que las fechas registradas por orientaciones señalan la división del tiempo en intervalos significativos en el sistema calendárico mesoamericano (Aveni 1991a: 263ss, 272ss; Galindo 1994: 129ss; Peeler 1989; Aveni y Hartung 1986: 54ss; Broda 1993: 261ss; Šprajc 1990; 1995). El esquema más elaborado de este tipo es el de Franz Tichy (1991), quien argumenta que diversas fechas registradas por las orientaciones, además de ser significativas en términos del ciclo agrícola, están separadas por intervalos de trece o de 20 días y sus múltiplos; también propone que ciertas orientaciones reflejan un sistema geométrico basado en unidades de medida angulares. Para algunos sitios se han sugerido posibles calendarios de horizonte, suponiendo

do que las prominencias en el horizonte local servían como marcadores de salidas o puestas del Sol en determinadas fechas, parecidas a las que señalan las orientaciones en la arquitectura y separadas por intervalos significativos en términos del sistema calendárico (Ponce de León 1982; Aveni *et al.* 1988; Tichy 1991: 159ss; Broda 1993: 258ss; Iwaniszewski 1994b; Galindo 1994: 129ss; Morante 1993; 1996). La validez de las hipótesis de este tipo y su compatibilidad con los datos sobre los alineamientos en los sitios arqueológicos del México central será discutida detalladamente en los capítulos 4 y 5.

3. Cuestiones metodológicas y técnicas

El estudio de las orientaciones astronómicas en la arquitectura requiere técnicas especiales y presenta diversos problemas metodológicos. A continuación se describen los métodos y técnicas aplicados en la presente investigación y desarrollados no sólo con base en la bibliografía existente sobre estos temas (*cf.* Thom 1967; 1971; Hawkins 1968; 1975; Reyman 1975; Hartung 1975; 1980; Aveni 1981; 1991a: 61-153) sino también a raíz de diversas hipótesis que se han propuesto para explicar el significado de las orientaciones en la arquitectura mesoamericana. Son precisamente las hipótesis interpretativas las que, a manera de retroalimentación, revelan que los procedimientos para la recopilación de datos no han sido del todo satisfactorios y que la información disponible en la que se basan estas hipótesis es tan deficiente que, en realidad, no permite verificarlas. Se trata de un ejemplo concreto de lo expuesto por Thomas (1979: 448): “We cannot help but note how frequent synthesis and reflection –even if incorrect– serve to stimulate additional fieldwork, and these new data generally serve as the basis for reinterpretation and modification”.

Selección de los alineamientos

Orientaciones arquitectónicas

Para obtener resultados coherentes fue necesario seleccionar las estructuras cuyas orientaciones serían incluidas en los análisis, ya que las normas que regían la orientación de los edificios funcionalmente distintos pudieron haber sido diferentes.

El presente estudio pretende explorar los principios de orientación que reflejan conceptos astronómicos y aspectos de la religión y la cosmovisión. La suposición que sirve como punto de partida de la investigación y que puede considerarse axiomática, ya que no parece necesario sustentarla con argumentos extensos, es que estos principios gobernaban principalmente la orientación de los edificios

cívico-ceremoniales.¹ Es probable que no sólo los templos sino también las residencias de gobernantes y sacerdotes y los palacios administrativos fueran orientados conforme a los principios geománticos o astronómicos, puesto que de esta forma reproducían y recalcan el existente orden terrestre y celeste, del que los protagonistas del estrato en el poder –frecuentemente considerados como hombres-dioses– fingían ser responsables (cf. López Austin 1973; Broda 1982b: 104ss; 1991a: 491).² Las estructuras que no se pueden indudablemente relacionar con el culto, prácticas rituales y actividades públicas quedan excluidas de los presentes análisis, ya que posiblemente fueron orientadas al azar o con base en normas esencialmente diferentes y relacionadas con las condiciones ambientales (configuración del terreno, peculiaridades climáticas), consideraciones militares y otros motivos más prácticos. A veces, sin embargo, las orientaciones de las estructuras habitacionales o de las que tenían otras funciones seculares pueden ser indicativas. En algunos casos una sola orientación rige toda la traza urbana (por ejemplo, en Teotihuacan), y podemos suponer que el origen de un patrón de este tipo ha de buscarse en alguna estructura importante de carácter ceremonial, si es que la orientación de la traza no se puede atribuir, con mayor probabilidad, a motivos no relacionados con la cosmovisión; además de que esta suposición está de acuerdo con la información comparativa de otras culturas (cf. Wheatley 1971), al menos en Teotihuacan también hay evidencias internas que la sustentan (véase capítulo 5, “Teotihuacan, México”). En este tipo de casos las orientaciones de diversos elementos de la traza urbana pueden corroborar o sugerir la orientación del templo rector; estos datos son particularmente útiles cuando el estado actual del templo principal no permite determinar su orientación original de manera confiable, aunque hay que advertir que la arquitectura y la traza adyacente no necesariamente reproducen con mucha exactitud esta orientación.

Cabe agregar que los análisis del presente estudio no incluyen las orientaciones de los juegos de pelota. Aunque las funciones de estas estructuras pueden calificarse como rituales, Taladoire (1979) mostró que sus orientaciones manifiestan una distribución bastante aleatoria, por lo que es posible que no fueran dictadas por criterios astronómicos. Si bien su frecuencia es algo mayor dentro del ángulo de desplazamiento del Sol por el horizonte (*ibid.*, 13; Köhler 1991: 133, fig. 4), el

¹ Köhler (1991: 130) opina: “A postulated alignment to astronomical phenomena becomes more plausible if this can be shown for the principal constructions of the site, and especially, if these can be proven to have had ritual or religious qualities.”

² Por ejemplo, se ha argumentado que el Palacio del Gobernador de Uxmal, residencia del gobernante llamado Chac, fue orientado hacia los extremos máximos norte de Venus en el horizonte poniente (Šprajc 1993a: 47; 1993c: 272s; 1996a: 75ss; 1996b: 173ss).

hecho podría deberse a que las orientaciones de las canchas, situadas en los centros cívico-ceremoniales de los sitios, quedaron simplemente subordinadas a la disposición de los edificios adyacentes, aunque también es probable que al menos algunas fueran, *per se*, orientadas hacia ciertos fenómenos astronómicos. Para resolver el dilema, habría que examinar las orientaciones exactas de los juegos de pelota y compararlas con las de otras estructuras en un número suficientemente grande de sitios. Pero, como este objetivo rebasa las ambiciones del presente trabajo, los análisis no incluyen las orientaciones de los juegos de pelota.

Según se ha mostrado en el capítulo 2, las orientaciones en la arquitectura mesoamericana han de haber sido funcionales mayormente a lo largo de los ejes este-oeste de los edificios, y relacionadas particularmente con las posiciones del Sol en el horizonte. Por consiguiente, las estructuras orientadas con entradas o escalinatas hacia el norte y el sur no se toman en consideración, ya que es difícil imaginar que hayan posibilitado la observación de los eventos astronómicos en los horizontes este y oeste. Tampoco es probable que los edificios con estas características señalaran fenómenos astronómicos en los horizontes norte y sur, ya que normalmente sus orientaciones obedecen a las que manifiestan las estructuras adyacentes cuyos accesos dan hacia el oriente o el poniente, por lo que parece que fueron estas últimas las que dictaron la orientación de complejos arquitectónicos enteros.³ Aunque, desde luego, no podemos descartar la existencia de excepciones a estas reglas, el eventual potencial astronómico de los ejes norte-sur de las estructuras no se explora en el presente estudio.

Finalmente, hay que recordar que en los restos arquitectónicos existen diversas líneas visuales que pudieron haber señalado fenómenos astronómicos (*cf.* Hartung 1975). No obstante, en los análisis del presente estudio se toman en consideración exclusivamente las orientaciones de edificios –indicadas por taludes, paramentos, muros y otros elementos constructivos que hacen patente una orientación en el plano horizontal– y su relación con los fenómenos astronómicos observables en el horizonte, ya que es conveniente antes que nada explorar detalladamente el significado de los alineamientos cuya base astronómica parece, de acuerdo con los argumentos expuestos en el capítulo 2, irrefutable. Si incluyéramos en los análisis los alineamientos cuyo origen astronómico es, por el momento, especulativo, correríamos el

³ Al postular que los edificios cuyos accesos dan hacia el norte o el sur señalaban fenómenos astronómicos en las direcciones correspondientes, debería explicarse como simple casualidad el hecho de que estas direcciones son comúnmente perpendiculares a las incorporadas en las estructuras adyacentes, evidentemente orientadas en la dirección este-oeste.

riesgo de que el "ruido" introducido de esta manera en la información graficada alcanzara niveles que impidieran reconocer cualquier patrón en los resultados. Por ello, y en aras de tener una muestra de datos basados en elementos homogéneos (*cf.* Hawkins 1968: 49), no incluyo en los análisis, por ejemplo, las líneas inclinadas conformadas por ciertos elementos arquitectónicos, las visuales entre los edificios de un sitio o los alineamientos que conectan distintos sitios.⁴ Para poder comprobar el eventual significado astronómico de alineamientos de este tipo, sería necesario elaborar una metodología rigurosa que permitiera clasificarlos de manera objetiva y examinar sus posibles relaciones con fenómenos celestes; no cabe duda que la tarea será menos difícil si los resultados del presente estudio logran revelar ciertas regularidades que nos acerquen a la comprensión general de las propiedades astronómicas de la arquitectura mesoamericana.

Rasgos del horizonte local

En todos los sitios considerados en el presente estudio no sólo se midieron las orientaciones arquitectónicas, seleccionadas con base en los criterios arriba expuestos, sino también los azimuts y alturas de los rasgos prominentes del horizonte local. Puesto que la finalidad de estas mediciones ha sido obtener datos para verificar las hipótesis acerca del eventual empleo de los llamados calendarios de horizonte, las mediciones en cada sitio no abarcaron más que las porciones del horizonte este y oeste que quedan dentro del ángulo de desplazamiento anual del Sol. No podemos descartar la posibilidad de que también las prominencias ubicadas fuera de este ángulo sirvieran como marcadores de ciertos eventos astronómicos; sin embargo, por analogía con las orientaciones en la arquitectura, es probable que fueran particularmente importantes los alineamientos relacionados con el Sol. Cualquiera que fuera la realidad, en el presente estudio *no* se intenta evaluar el potencial astronómico de *todo* el horizonte de cada sitio.

Las mediciones del horizonte se realizaron en los edificios principales de cada sitio, preferentemente templos, asumiendo que éstos eran los puntos de observación más importantes: si atribuimos la función astronómica a las orientaciones de las estructuras cívico-ceremoniales, relacionándolas ante todo con las salidas y puestas del Sol, parece lógico pensar que también los demás fenómenos solares sobre el horizonte eran observados desde los mismos edificios.

⁴ Quiero subrayar que, si bien en el capítulo 5 se mencionan algunos alineamientos de este tipo y sus posibles propiedades astronómicas, estos datos *no* se incluyen en los histogramas analizados en el capítulo 4.

Es obvio que la selección de los rasgos del horizonte considerados como “prominentes” ha sido forzosamente un tanto subjetiva (como también lo admiten, en un caso parecido, Ruggles y Martlew 1992: S4). Analogías etnográficas del suroeste de los Estados Unidos de América (principalmente Arizona y Nuevo México) sugieren que también los rasgos poco destacados del horizonte pueden haber servido como marcadores de las posiciones del Sol en fechas significativas del año trópico (Zeilik 1985a: S10, S14, S20, figs. 2 y 4; 1991: 551, fig. 2; McCluskey 1990). Sin embargo, al tomar en consideración todos los accidentes del horizonte que pudieran haberse usado como marcadores astronómicos, su número resultaría tan grande que haría prácticamente imposible evaluar su significado astronómico de manera objetiva; la situación sería parecida a la que describe Hawkins (1968: 49) en relación con los sitios megalíticos de Europa, comentando que, al crecer el número de marcadores que conforman alineamientos, el problema degenera rápidamente hasta volverse irresoluble. Por consiguiente, probablemente nunca será posible reconstruir de manera precisa todos los detalles de los eventuales calendarios de horizonte empleados en cada sitio, pero es de esperar que la consideración de los rasgos seleccionados revele patrones generalmente usados.

Aunque tanto las cumbres de los montes como las hendiduras, cortes y rasgos parecidos del horizonte pudieron servir como marcadores astronómicos (*cf.* Thom 1967; 1971; Morante 1996: 82), he tomado en consideración únicamente los picos prominentes, es decir, las cumbres conspicuas y claramente definidas de las montañas que conforman la línea del horizonte local. Esta selección de las prominencias se basa, de nuevo, en los datos conocidos de las orientaciones arquitectónicas: se han registrado numerosos edificios orientados hacia las cúspides de las montañas (véase figuras 4-11), pero no se han observado alineamientos que coincidan con otro tipo de rasgos llamativos del horizonte local. Considerando que las orientaciones en la arquitectura cívico-ceremonial mesoamericana son –según se ha argumentado en el capítulo 2– predominantemente astronómicas, refiriéndose sobre todo a las posiciones del Sol en el horizonte, las prominencias hacia las que están orientadas las estructuras, al menos en los horizontes oriente y poniente, marcaban los puntos exactos de los fenómenos señalados por las orientaciones y, de esta manera, facilitaban las observaciones; por consiguiente, si en estos casos se trata de cumbres, es de suponer que también los demás marcadores astronómicos de horizonte eran del mismo tipo. Por razones análogas tampoco tomo en consideración los cerros cuyas cumbres quedan por debajo de la línea del horizonte local.

Zeilik (1985b: S91) menciona que los adoratorios del Sol de los hopis, en el Suroeste norteamericano, comúnmente se ubican en luga-

res que sirven como marcadores de calendarios de horizonte. En el centro de México, sin embargo, podemos encontrar restos de santuarios prehispánicos (al menos posclásicos) sobre la gran mayoría de los cerros, incluso en los poco prominentes y de alturas modestas, por lo que parece difícil pensar que estas estructuras tuvieran la función de marcar puntos relevantes para los calendarios de horizonte. Por consiguiente, la presencia o ausencia de vestigios arqueológicos no se ha considerado como criterio para seleccionar las prominencias que se medirían.

Según uno de los criterios desarrollados por Hawkins (1968: 49) para evaluar el significado astronómico de alineamientos, éstos deberían ser restringidos a los señalados por marcadores artificiales, hechos por el hombre. Aunque el autor admite que un cerro visto desde un sitio puede marcar una posición astronómicamente significativa, y que este hecho pudo haber determinado la ubicación del sitio, opina que "es injustificable, por el momento, suponer que los objetos naturales fueran usados de esta manera" (*ibid.*). Esta actitud parece innecesariamente restrictiva, debiéndose posiblemente a la excesiva prudencia metodológica del autor intensificada a raíz de las críticas que recibió su interpretación astronómica de Stonehenge (véase los datos resumidos acerca del debate y la bibliografía correspondiente en Iwaniszewski 1994a: 6). El potencial astronómico de los marcadores naturales en el horizonte de los sitios megalíticos en Europa fue estudiado no sólo por Thom (1967; 1971) sino también, recientemente, por Ruggles, Martlew y Hinge (1991) y Ruggles y Martlew (1992; 1993).

El enfoque metodológico adoptado en la presente investigación es en algunos aspectos análogo al que emplearon Ruggles y Martlew (1992; 1993) en su estudio de los sitios prehistóricos de la isla de Mull en Escocia: en cada uno de los sitios identificaron las cumbres más prominentes en el horizonte local y graficaron sus declinaciones, obteniendo grupos que resultaron ser astronómicamente significativos (relacionados con las posiciones características de la Luna). En mi análisis examino no sólo la distribución de declinaciones sino también de azimuts de los cerros y orientaciones arquitectónicas y, además, los intervalos entre las fechas correspondientes a las declinaciones solares (capítulo 4), con el objeto de verificar las propuestas acerca de la existencia de un sistema geométrico, así como las hipótesis según las cuales los alineamientos marcaban intervalos significativos en el sistema calendárico mesoamericano (véase capítulo 2).⁵

⁵ Ruggles *et al.* (1991) también estudiaron la distribución azimutal de las distancias del horizonte, y descubrieron que en los sitios de la isla de Mull el horizonte tiende a estar lejos dentro de ciertos rangos azimutales, sugiriendo que algunas direcciones o secciones del horizonte eran especialmente importantes para observaciones astronómicas. El estudio de estas propiedades de los sitios arqueológicos del México central tuvo que quedar fuera de los objetivos de la presente investigación.

El hecho de que los análisis combinen los datos sobre los alineamientos arquitectónicos con los que corresponden a las prominencias del horizonte local podría provocar objeciones metodológicas en el sentido de que se comparan elementos heterogéneos, cuyo significado no necesariamente es comparable. Sin embargo, hay que subrayar que los datos basados en uno y otro tipo de alineamientos fueron, primero, graficados por separado; apenas cuando descubrí que los patrones obtenidos eran en ambos casos comparables, procedí a elaborar las gráficas combinando las dos series de datos (figuras 4-15). En realidad, la falta de homogeneidad es más aparente que real: en ambos casos se trata de alineamientos asociados con fenómenos observables en el horizonte; además, la relación genérica entre las funciones de los alineamientos arquitectónicos y los rasgos del horizonte está indicada por las orientaciones que coinciden con direcciones hacia las prominencias en el horizonte local. En efecto, los resultados obtenidos sugieren que las orientaciones en la arquitectura servían en combinación con los marcadores naturales en el horizonte local, permitiendo el manejo de calendarios observacionales cuyos esquemas manifiestan características comunes (véase capítulos 4 y 5).

Medición de los alineamientos

Los datos utilizados en los análisis del presente estudio se basan en mis propias mediciones de campo y cálculos, ya que la información publicada, por varias razones que se discuten a continuación, no es suficiente o no se puede considerar confiable.

Como hace notar Reyman (1975: 210), los planos publicados de los sitios arqueológicos son "notoriamente inexactos"; las más de las veces no se indica el norte verdadero sino el magnético, o ni siquiera está claro de qué tipo de norte se trata (Aveni 1975: 164; 1991a: 250). "Es notable", observa Hartung (1980: 165), "que los primeros exploradores científicos de las ruinas mayas, estuvieran preocupados por medir orientaciones exactas en los edificios. En 1913, Alfred Tozzer incluyó un capítulo sobre orientación en su publicación sobre Nakum", y mencionó que este importante tema de investigación "no debe ser ignorado por los futuros exploradores de América Central" (*ibid.*, 167, nota 11). En efecto, en los años veinte y treinta se realizaron diversos estudios de orientaciones, entre los que destacan los de Blom, Ricketson y Ruppert sobre el Grupo E de Uaxactún y el Caracol de Chichén Itzá (*ibid.*, 165; Aveni 1991a: 292ss, 314ss). Los planos de sitios levantados en esa época están regularmente orientados respecto al norte astronómico, indicándose el ángulo de declinación magnética. Sin embargo, en las décadas siguientes decayó el interés por la orientación de edificios

(Hartung 1980: 165); si bien el tema volvió a ser estudiado con el surgimiento de la arqueoastronomía, a partir de los años sesenta, los nuevos descubrimientos no han tenido repercusiones adecuadas en la bibliografía arqueológica general. A pesar de la evidente importancia e intencionalidad de las orientaciones en la arquitectura cívico-ceremonial, son cada vez más raros los planos de sitios que señalen el norte astronómico; la preocupación de Gómez Rueda (1996: 53) por determinar no sólo el norte astronómico sino también la declinación magnética local, al realizar el levantamiento de Las Limas, Veracruz, es una de las notables excepciones recientes.

Según Reyman (1975: 210), ni los planos que se destacan por su precisión (*e. g.* Millon *et al.* 1973) pueden servir para evaluar el significado de las orientaciones, ya que no incluyen datos sobre las alturas del horizonte correspondientes. Hay que decir, no obstante, que las alturas del horizonte, por lo común, pueden ser determinadas con base en las cartas topográficas. Estos datos, que generalmente no se publican ni en estudios arqueoastronómicos, son efectivamente indispensables para calcular las declinaciones y, por ende, para identificar con exactitud los fenómenos astronómicos con los que se pueden relacionar los alineamientos. Aunque los planos precisos pueden ser de gran ayuda, sugiriendo las posibles referencias astronómicas de las orientaciones, existe otro problema, planteado a continuación, por el que las mediciones en el campo parecen ser ineludibles.

Si consideramos que las estructuras prehispánicas en su mayoría tienen plantas aproximadamente rectangulares –o compuestas por elementos de planta rectangular–, dan la impresión de poseer cierta orientación (ya deliberada, ya accidental) que puede ser determinada; es decir, normalmente podemos establecer las direcciones aproximadas de los ejes del edificio. Incluso las estructuras redondas o de planta mixta –compuesta por elementos rectangulares y circulares (por ejemplo, los templos de Ehécatl)– generalmente exhiben una orientación, indicada por la escalinata de acceso y otros elementos constructivos. Sin embargo, el problema consiste en la *determinación exacta de la orientación* de la estructura. En la bibliografía arqueoastronómica existente es frecuente que se presente el azimut de una línea medida en un edificio como azimut de orientación de toda la estructura. En vista de que los edificios, en su mayoría, tienen plantas aproximadamente rectangulares –es decir, las líneas incorporadas son, en términos generales, paralelas y perpendiculares entre sí–, los datos de este tipo han sido sumamente reveladores en la determinación de *orientaciones aproximadas* de diversos edificios, y suficientemente exactos para poder detectar las regularidades en la distribución y frecuencia de ciertos valores azimutales; lo que llevó al reconocimiento de los *grupos de orientaciones* (*cf.* Macgowan 1945; Aveni 1975; 1980; 1991a; Aveni y Gibbs 1976; Aveni y Hartung 1986; Tichy

1976; 1981; 1982; 1991). Sin embargo, los azimuts determinados de esta manera no pueden considerarse como suficientemente exactos para estudios arqueoastronómicos más detallados, ya que –por razones descritas a continuación– no reproducen las orientaciones originales e intencionadas de las estructuras con la fidelidad requerida para verificar las diversas hipótesis que se han planteado con base en esos datos.

Los muros, taludes o paramentos de una estructura pueden parecer paralelos y perpendiculares entre sí, pero las mediciones precisas revelan frecuentemente que no lo son (*cf.* Hartung 1980: 155; Ponce de León 1982: 9). Desde luego, las irregularidades de este tipo son relevantes sólo si se manifiestan en elementos evidentemente originales e *in situ*. El problema a resolver en estos casos es: ¿cuál era la orientación exacta e intencionada del edificio? Las orientaciones de las estructuras incluidas en este estudio fueron determinadas de acuerdo con los lineamientos que se presentan a continuación.

En cada estructura deben medirse todas las líneas confiables: si los azimuts de las líneas que parecen ser paralelas, pero no lo son, no manifiestan diferencias consistentes o variaciones sistemáticas que puedan relacionarse con distintas etapas constructivas o elementos arquitectónicos, podemos concluir que se trata de la negligencia en el proceso de construcción o de la poca importancia atribuida a la orientación de ciertos elementos constructivos; el valor medio de los diversos azimuts medidos probablemente representará la orientación originalmente intencionada con bastante exactitud, ya que es de esperar que los errores en la orientación de las líneas individuales se cancelen. En varios casos noté que los taludes o paramentos más cercanos a la parte superior del edificio tienden a ser más paralelos entre sí que en las partes inferiores; el hecho resulta comprensible, considerando que mayormente se trata de templos: si la orientación fue importante e intencional, no cabe duda que debió ser incorporada con particular esmero en el área de *sancta sanctorum*, es decir, en las partes superiores del edificio. Por consiguiente, las líneas más paralelas deben considerarse como las más confiables y relevantes para determinar la orientación originalmente intencionada del edificio. Es común que los paramentos de plataformas y otros elementos arquitectónicos inferiores y más alejados del sitio sagrado manifiesten azimuts muy divergentes; es mejor no tomarlos en consideración, ya que la orientación exacta de estos elementos evidentemente no tenía mucha importancia. Si las variaciones azimutales detectadas en una estructura presentan dos o más grupos asociados a determinados elementos arquitectónicos, es probable que se trate de orientaciones diferentes intencionalmente incorporadas en distintos sectores o fases constructivas de la estructura.

Por otra parte, las líneas que, a primera vista, parecen ser perpendiculares frecuentemente no se intersectan en ángulos rectos. Las plan-

tas de algunos edificios son patentemente romboidales (por ejemplo, las de la Pirámide de las Estelas y de la Acrópolis en Xochicalco, o de la Estructura I de Teopanzolco; véase capítulo 5, "Xochicalco, Morelos" y "Teopanzalco, Morelos", tablas 5.59 y 5.132). "El eje transversal puede ser diferente de la perpendicular a la fachada, y los lados de la estructura no están siempre en ángulos rectos" (Hartung 1980: 155). En estos casos es evidente que el azimut de una sola línea no puede tomarse como representativo de la orientación de la estructura.

Para realizar medidas en el sitio mismo, se recomienda que el investigador tome notas detalladas y haga bosquejos de cómo se tomaron las alineaciones, midiendo las paredes a distintas alturas, considerando los puntos decisivos de distintas maneras, trazando líneas diagonales sobre las plataformas con sus correspondientes ángulos, y prestando especial cuidado a los muros de contención, que usualmente han cedido y ya no están en su posición original. Un conocimiento cabal de la arquitectura antigua es indispensable para encontrar los puntos de referencia más convenientes para medir. (Hartung 1980: 155)

Si los muros norte-sur no son perpendiculares a las líneas este-oeste, la orientación del edificio no puede describirse con un solo azimut, como en los casos cuando los ejes norte-sur y este-oeste se intersectan en ángulos rectos. Es por ello que en el presente estudio se citan, para cada estructura, promedios de los azimuts norte-sur y este-oeste (capítulo 5). No creo que las líneas norte-sur de una estructura puedan tomarse como indicadores de su orientación en la dirección este-oeste, y viceversa; es decir, si medimos, por ejemplo, sólo la base de la escalinata de un edificio en la dirección norte-sur, no podemos concluir que la perpendicular a la línea medida corresponda al eje este-oeste de la estructura. Cuando menos resulta difícil imaginar la práctica observacional que permitiera establecer la relación entre una línea arquitectónica norte-sur y un fenómeno astronómico en la dirección perpendicular hacia el este o el oeste; parece sumamente improbable que las *inexistentes perpendiculares*, cuya relación con fenómenos astronómicos no es directamente manifiesta o fácilmente observable, fueran más significativas que las líneas cuya existencia en las estructuras, trazas urbanas o el paisaje cultural era físicamente comprobable. En otras palabras, es mucho más natural relacionar los fenómenos astronómicos en el horizonte este u oeste con las líneas arquitectónicas este-oeste, que con las perpendiculares a las líneas norte-sur. El eje de un santuario, determinado por columnas, pilares, paños u otros elementos constructivos, pudo señalar un fenómeno celeste en el horizonte con mucha mayor precisión que la imaginaria perpendicular a la escalinata que conducía al santuario. Un dato adicional que apoya el argumento es que las orientaciones de muchos edificios coinciden con las direcciones hacia los cerros prominentes en los alrededores, no sólo hacia el este y el oeste sino también hacia el norte y el sur; los cerros se encuentran a lo

largo de las líneas arquitectónicas físicamente existentes –como puede comprobarse visualmente (figuras 18, 19, 21, 26, 27, 31, 33, 39-44)– y no a lo largo de sus perpendiculares; el número suficientemente grande de casos sugiere que estas orientaciones hacia los rasgos prominentes de la topografía circundante eran intencionales y, por tanto, que las líneas perpendiculares imaginarias no pueden considerarse como indicadores de los alineamientos intencionados.

Como ya fue advertido (Reyman 1975: 207; Hartung 1980: 145; Aveni y Hartung 1986: 7, 12), no todas las líneas que actualmente manifiesta un edificio son igualmente confiables. Muchas de las estructuras arqueológicas, tales como se observan en la actualidad, han sido alteradas durante las intervenciones recientes realizadas con motivos de excavación, consolidación o restauración. En estos casos es imperativo examinar los respectivos informes de excavación y restauración, para averiguar cuáles de las líneas actualmente manifiestas son originales e *in situ* (Hartung 1980: 155). Si esta información no se encuentra explícita en dichos reportes, o no se puede conseguir por parte de las personas que participaron en los trabajos, hay que buscar los indicios en el campo que atestigüen la originalidad de elementos arquitectónicos (por ejemplo, restos de estuco o aplanado o diferentes características del sistema constructivo). Si no hay indicios al respecto, es aconsejable medir todas las líneas posibles, ya que es probable que los errores azimutales originados por alteraciones recientes se cancelen al promediarse varias lecturas; al sospechar un alto grado de modificaciones, es aun más prudente excluir la estructura de las consideraciones. Cuando las líneas que pueden medirse (muros, paramentos, etcétera) se encuentran muy alteradas por procesos de deterioro, hay que basar las mediciones en elementos más confiables, por ejemplo, las esquinas. Asimismo, es necesario tener cuidado en la medición de taludes: las líneas medidas deben ser horizontales, ya que los azimuts de las líneas inclinadas visadas a lo largo de taludes son diferentes y, desde luego, no reproducen la orientación del edificio en el plano horizontal.

Si recordamos que el diámetro del disco solar mide escasos 32 minutos de arco, resulta obvio por qué es necesaria la precisión en las mediciones; aunque frecuentemente desconocemos la precisión con la que fueron diseñados los alineamientos que estudiamos, las evaluaciones confiables de diversas hipótesis son posibles únicamente con base en datos exactos (*cf.* Aveni y Hartung 1986: 7). Para determinar azimuts precisos de los alineamientos es indispensable realizar mediciones con teodolito o tránsito, usando alguna referencia astronómica, normalmente el Sol.⁶ Las técnicas que pueden emplearse han sido descritas,

⁶ Desde luego, también pueden usarse otros instrumentos que permiten determinar azimuts verdaderos, por ejemplo, los receptores GPS y los correspondientes programas de computadora.

por ejemplo, por Thom (1971: 119s) y Aveni (1981; 1991a: 148ss), así como en diversos libros de topografía y geodesia, por lo que no las repetiré aquí. Como instrumento auxiliar puede usarse también la brújula, pero en este caso hay que tomar una serie de precauciones.

Las orientaciones determinadas únicamente con brújula no sirven para estudios arqueoastronómicos. La aguja imantada apunta hacia el polo magnético terrestre, que no coincide con el polo geográfico, relevante para consideraciones de este tipo. Los *polos geográficos* son los puntos sobre el globo terráqueo por los que pasa el eje de rotación de la Tierra. Puesto que es precisamente la rotación de la Tierra a la que se debe el movimiento giratorio aparente de la esfera celeste, resulta obvio que las direcciones en las que salen y se ponen los astros, que describen círculos cuyos centros se localizan a lo largo del eje de rotación de la Tierra, dependen de la posición de este eje en el espacio. Los puntos en que el eje de rotación terrestre prolongado en ambas direcciones intersecta la imaginaria esfera celeste son los *polos celestes*. Al observar desde cualquier lugar de la Tierra, la dirección hacia el norte/sur astronómico es determinada por la intersección del plano horizontal con el plano vertical que contiene tanto los polos celestes como los polos geográficos norte y sur. Las direcciones en el plano horizontal se expresan en *azimuts*, que son ángulos de 0° a 360° medidos a partir del norte hacia la derecha o, visto desde arriba, en la dirección de las manecillas de reloj. Puesto que los polos magnéticos de la Tierra no coinciden con los geográficos, los azimuts magnéticos no equivalen a los astronómicos, por lo que no tienen ninguna relación con el movimiento aparente de los astros y, por tanto, con las direcciones en las que éstos salen y se ocultan y que pueden estar incorporadas en orientaciones arquitectónicas. La brújula puede ayudarnos en el trabajo arqueoastronómico, si conocemos la *declinación magnética* en el lugar de las mediciones, es decir, el ángulo entre las direcciones hacia el norte astronómico y el magnético en el plano horizontal. La declinación magnética depende de la ubicación del polo magnético y, por ende, varía en función del lugar de las mediciones. Las instituciones competentes publican o facilitan datos sobre la declinación magnética en determinados lugares, pero hay que considerar que los polos magnéticos se están desplazando continua e imprevisiblemente, por lo que una declinación magnética local varía irregularmente en función del tiempo. Además, no son raras las fluctuaciones estacionales y diarias, así como anomalías locales, que producen variaciones considerables en lapsos cortos y áreas pequeñas. En vista de los hechos, lo más prudente es no confiar en los valores de declinación magnética proporcionados por tablas e instituciones, recordando que son válidos únicamente para los lugares y momentos en que fueron determinados (cf. Aveni 1975: 164; 1991a: 62s (nota 1), 139s).

No obstante las limitaciones expresadas, la brújula puede ser útil en el trabajo arqueoastronómico, tomándose las debidas precauciones y determinándose la declinación magnética local en cada sitio en el que se realizan las mediciones. Los resultados serán más confiables, si se usa una brújula que permite lecturas más precisas. En la presente investigación, los azimuts magnéticos fueron medidos con una brújula prismática que permite leer ángulos con la precisión de $\pm \frac{1}{4}^\circ$ aproximadamente.

Para determinar la declinación magnética local, hay que escoger un punto de observación desde el cual pueden ser medidos los azimuts, tanto magnéticos como astronómicos, de varias líneas visuales largas, por ejemplo, hacia los picos prominentes y lejanos en el horizonte local. No es conveniente medir líneas cortas, ya que en este caso los pequeños desplazamientos del observador causan variaciones del azimut medido; los muros o paramentos son aun menos apropiados, porque el punto visado no está claramente definido. La brújula incorporada en el teodolito o tránsito no es recomendable para estas mediciones, puesto que distintas brújulas pueden tener diferentes errores internos, por lo que la declinación magnética establecida con base en la brújula del teodolito quizá no sea igual a la que resulte de las mediciones hechas con la brújula manual que usamos para medir azimuts magnéticos.⁷

Antes de escoger el lugar para llevar a cabo estas mediciones, es aconsejable medir el azimut magnético hacia un mismo punto sobre el horizonte desde algunos puntos del sitio distanciados varios metros entre sí, para detectar eventuales anomalías locales. Si el punto visado está suficientemente lejos (varios kilómetros), su azimut debería ser prácticamente igual desde diversos puntos; en caso contrario existen anomalías magnéticas locales, por lo que el empleo de la brújula no dará resultados confiables y deberá evitarse. El fenómeno es muy común en lugares donde, por diversas razones, abundan elementos férreos (construcciones modernas, etcétera), aunque también puede deberse a propiedades naturales del suelo o del material empleado en las construcciones prehispánicas.

Si medimos unas diez líneas largas tanto con teodolito y referencia astronómica como con brújula, obtendremos suficientes pares de azimuts para determinar la declinación magnética aproximada del lugar, siempre que la brújula usada permita distinguir diferencias azimutales de aproximadamente $\frac{1}{4}^\circ$. Para cada línea medida con teodolito calculamos el

⁷ Para nuestros fines, desde luego, no es tan importante determinar el valor de declinación magnética local absolutamente exacto, es decir, no sujeto a eventuales errores del aparato, sino el valor que corresponde a la brújula usada; el eventual error interno de la brújula será siempre el mismo y, por tanto, no afectará nuestros resultados.

azimut astronómico (*v. infra*) y establecemos la diferencia respecto al magnético; de los valores obtenidos calculamos el promedio. Mientras más mediciones tengamos, más exacta será la declinación magnética establecida, ya que los inevitables errores de lecturas individuales de azimuts magnéticos tenderán a cancelarse.

Es decir, sólo si hemos determinado la declinación magnética local con suficiente precisión, podemos confiar en nuestras mediciones con brújula y establecer azimuts astronómicos con base en los magnéticos. Al medir alineamientos arquitectónicos, es recomendable tomar lecturas de una misma línea en ambas direcciones, ya que, si cambia el punto de observación, podemos detectar eventuales anomalías locales en el campo magnético; si éstas no existen, los azimuts de una sola línea medidos en direcciones opuestas diferirán exactamente 180° .⁸

Tomando todas las precauciones mencionadas, el empleo de una brújula suficientemente precisa puede agilizar considerablemente las mediciones en el campo, sobre todo cuando las líneas que deben medirse son muchas. La brújula puede ser particularmente útil si un edificio conserva diversos muros, taludes o paramentos confiables que se pueden medir, ya que en el valor medio calculado con base en varios azimuts tienden a cancelarse los errores de lecturas individuales.

No obstante, los alineamientos más confiables, sobre todo los que pueden determinarse con mucha precisión (por ejemplo, los paramentos largos y rectos, o las prominencias del horizonte), deberían siempre medirse con teodolito y referencia astronómica. En lugares con anomalías locales en el campo magnético, todas las mediciones deben realizarse de esta manera. El teodolito es necesario para medir las alturas de todos los puntos relevantes del horizonte. Para estos fines también puede servir un clisímetro manual, pero las alturas medidas serán algo menos precisas. Si la orientación exacta de una estructura será determinada con base en el azimut medio de diversas líneas medidas, el punto exacto del horizonte al que corresponde la orientación no es evidente en el momento de las mediciones. En estos casos es recomendable medir azimuts y alturas de varios puntos a lo largo de la sección del horizonte dentro de la cual se encontrará –según la estimación visual– el azimut de orientación de la estructura; al determinarlo podremos, con base en estos datos, encontrar la altura correspondiente del horizonte con precisión. Siempre es aconsejable bosquejar

⁸ Hay que advertir que algunas brújulas en lugar de azimuts marcan *rumbos*, es decir, ángulos de 0° a 90° medidos a partir del norte y el sur hacia la izquierda y hacia la derecha (*cf.* Somerville 1927: 31, nota 1). Los valores expresados en uno u otro sistema pueden convertirse fácilmente. Por ejemplo, el rumbo N15°E es igual al azimut de 15° ; el rumbo N15°W equivale al ángulo de 15° al oeste del norte y, por tanto, al azimut de 345° , mientras que el azimut de 172° puede expresarse como rumbo S8°E. En todos los cálculos, desde luego, deben emplearse de manera consistente las medidas angulares del mismo tipo.

las secciones relevantes del horizonte y anotar los datos de las mediciones en estos dibujos. Si el horizonte actualmente no es visible (a causa de la vegetación, construcciones modernas, etcétera), los datos necesarios pueden obtenerse mediante cálculos (*v. infra*: capítulo 3, "Procedimientos de cálculo").

Las orientaciones en la arquitectura representan "atributos de objetos materiales" (Iwaniszewski 1995: 192) y deberían considerarse tan importantes como cualquier otro dato arqueológico:

Even if the surveyor of a prehistoric structure should be of opinion that there is "nothing in" Orientation, still the direction in which the structure is laid out on the ground should be accurately reproduced in the resulting plan, if only in the interests of scientific completeness. Until this is done, the matter will never be settled as to whether, in fact, there is, or is not Orientation in these structures of antiquity; and if there is, wherein it is expressed. (Somerville 1927: 37)

Es lamentable que este consejo metodológico, expresado hace ya siete décadas, no haya tenido mucha repercusión entre los arqueólogos, cuya actitud no ha cambiado de manera sustancial ni a raíz de las investigaciones arqueoastronómicas recientes. Las orientaciones en la arquitectura cívico-ceremonial de Mesoamérica, en vista de su evidente intencionalidad, constituyen evidencias importantes para la comprensión de ciertos aspectos de las sociedades prehispánicas, por lo que todas las líneas relevantes de una estructura deberían medirse *durante la excavación*, cuando los elementos constructivos están todavía *in situ*, ya que a consecuencia de intervenciones posteriores frecuentemente quedan desplazados de su posición original (Hartung 1980: 145) o desaparecen por completo. Es decir, las mediciones precisas de la orientación de los edificios, cuando menos de los cívico-ceremoniales, deberían formar *parte integral* de la investigación arqueológica.

Procedimientos de cálculo

Las fórmulas para calcular el azimut de un alineamiento medido con teodolito y referencia astronómica, por una parte, y la declinación correspondiente a un alineamiento, por la otra, se presentan en Hawkins (1968: 50ss), Thom (1971: 120ss) y Aveni (1981; 1991a: 140ss), así como en libros de topografía y geodesia (*e. g.* Mueller 1969: 401ss), por lo que no se repetirán aquí.

En el cálculo de los azimuts incluidos en el presente estudio se usaron las coordenadas geográficas determinadas para cada sitio con base en las cartas topográficas del INEGI, de escala 1:50,000. Los valores de declinación del Sol y de ecuación de tiempo fueron calculados siempre para el momento de la medición, interpolándose los valores

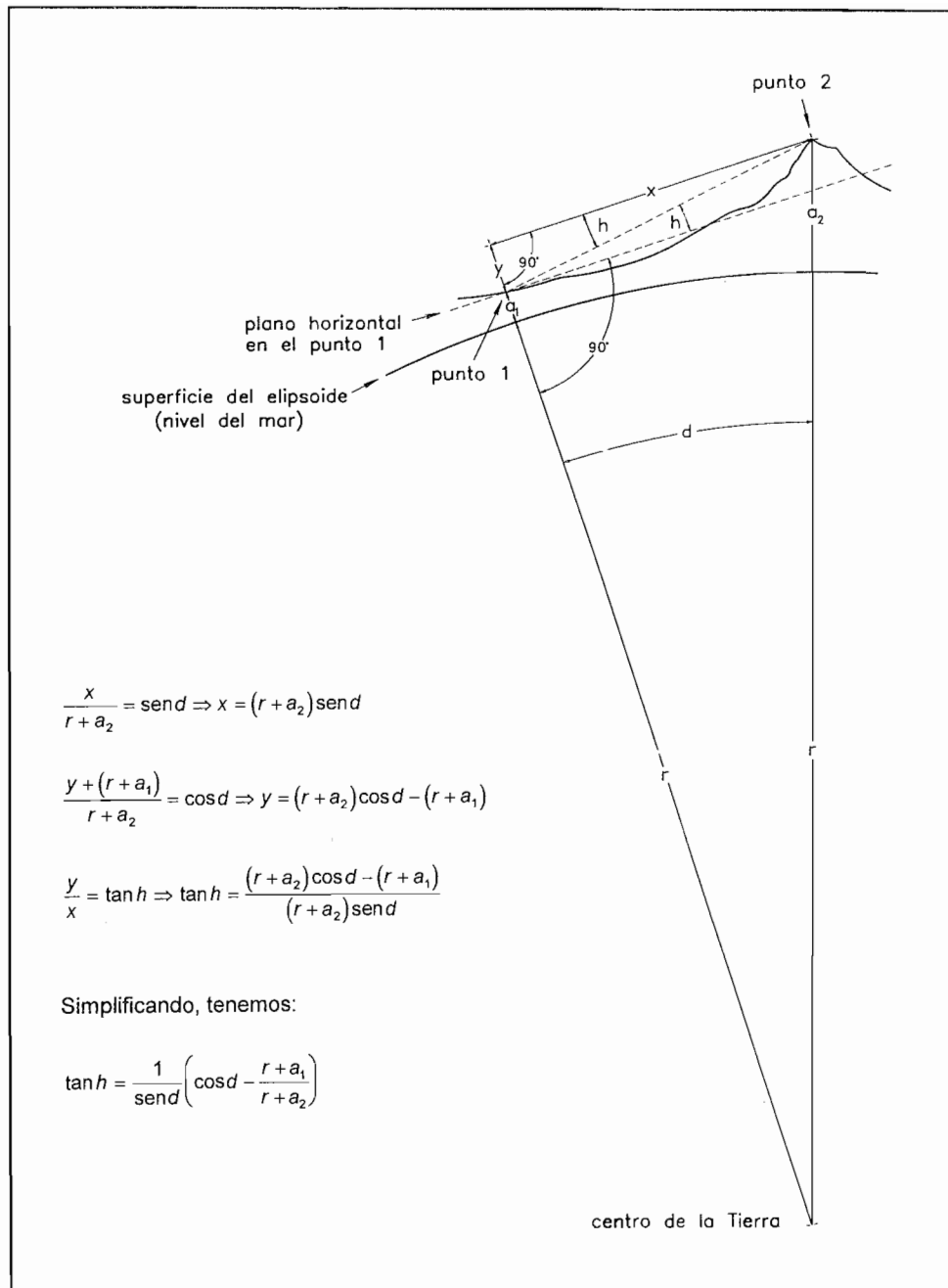


Figura 3. Derivación de la fórmula para el cálculo de la altura sobre el plano horizontal del punto 2 observado en el punto 1.

tabulados en las efemérides.⁹ Para calcular las declinaciones de los alineamientos se tomaron en cuenta las correspondientes alturas del horizonte, corregidas por factores de refracción atmosférica proporcionados por Hawkins (1968: 52, tabla 1), Mueller (1969: 107, tabla 4.8), Thom (1971: 28ss, tabla 3.1) y Aveni (1991a: 148). Los valores tabulados en las obras citadas valen para el nivel del mar, la presión atmosférica de 1002 milibares y la temperatura de 10°C aproximadamente. Los factores de refracción usados en los cálculos de declinaciones para cada sitio fueron corregidos por las respectivas alturas sobre el nivel del mar (tomadas de las cartas topográficas), empleándose la fórmula (7) de Hawkins (1968: 53), en tanto que las correcciones por diferentes presiones atmosféricas y temperaturas (*ibid.*, fórmula [6]) no se han aplicado, ya que se trata de variables imprevisibles. Las declinaciones que aparecen en las tablas del capítulo 5, asumiendo que en la mayoría de los casos se trata del Sol, valen para el centro del disco solar sobre el horizonte, aunque en los comentarios a algunos sitios hago notar que las fechas correspondientes a alineamientos pudieron haber sido señaladas por otras posiciones del Sol respecto al horizonte. Para calcular las declinaciones que corresponden al contacto del limbo superior (el primero o el último rayo) o del limbo inferior del Sol con el horizonte (el primero o el último contacto) a lo largo del alineamiento (*cf.* figura 36), hay que tomar en consideración el radio angular del disco solar, aplicando las correcciones que discute Hawkins (1968: 51ss; 1975: 133).¹⁰

En todos los sitios traté de medir todos los puntos relevantes del horizonte, es decir, las alturas correspondientes a las orientaciones arquitectónicas y los azimuts y alturas de los cerros prominentes, ubicados dentro del ángulo de desplazamiento anual del Sol. Sin embargo, en algunos casos estas mediciones no se pudieron efectuar porque la vista hacia el horizonte está actualmente obstruida por construcciones modernas o árboles en la inmediata cercanía, o porque había neblina o smog en los días de las mediciones. Los datos faltantes fueron calculados con base en las cartas topográficas: ubicando en la carta el sitio (punto de observaciones) y el punto de interés del horizonte, se determinaron las coordenadas geográficas (longitud λ y latitud φ) y las alturas sobre el nivel del mar de ambos puntos. Para calcular el azimut de la línea visual desde el sitio, o punto 1, hacia el punto en el horizonte,

⁹ Para obtener estos datos pueden usarse publicaciones anuales como *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional* (México, UNAM, Instituto de Astronomía) o *The astronomical almanac* (Washington, U. S. Government Printing Office – Londres, Her Majesty's Stationery Office).

¹⁰ Hawkins (*ibid.*) también contempla la corrección por paralaje, pero ésta es tan pequeña, en el caso del Sol (9" para la altura de 0°; creciendo ésta, el valor de paralaje disminuye), que no la he tomado en consideración.

o punto 2, se emplearon las siguientes fórmulas, derivadas de las relaciones que valen en el triángulo esférico (cf. Woolard y Clemence 1966: 53ss; Mueller 1969: 37ss):

$$\begin{aligned} \cos d &= \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos (\lambda_1 - \lambda_2) \\ \cos A' &= \frac{\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cos d}{\cos \varphi_1 \sin d} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \lambda_1 - \lambda_2 > 0 &\Rightarrow A = A' \\ \lambda_1 - \lambda_2 < 0 &\Rightarrow A = 360^\circ - A' \end{aligned}$$

En estas fórmulas λ_1 y φ_1 son coordenadas del punto 1, λ_2 y φ_2 son coordenadas del punto 2, d es la distancia angular entre ambos puntos, y A es el azimut del alineamiento, observando en el punto 1. Las fórmulas valen para cualquier lugar de la Tierra, considerando las latitudes norte y las longitudes al oeste del meridiano de Greenwich como positivas y las latitudes sur y las longitudes este como negativas.

El paso siguiente consistió en calcular al ángulo de altura del punto 2 sobre el plano horizontal, observando en el punto 1. Tomando en consideración la curvatura de la superficie terrestre, desarrollé la fórmula:

$$\tan h = \frac{1}{\sin d} \left(\cos d \frac{r + a_1}{r + a_2} \right) \quad (2)$$

Donde h es altura del punto 2, a_1 y a_2 son alturas sobre el nivel del mar, en metros, de los puntos 1 y 2, respectivamente, d es distancia angular entre ambos puntos, y r es radio medio de la Tierra (véase la derivación de la fórmula en la figura 3). Para r se tomó en todos los cálculos el valor aproximado de 6,370,000 m. Puesto que la forma de la Tierra no es esférica sino elipsoidal, sus dimensiones en realidad se describen en términos de su semieje mayor (o radio ecuatorial) y semieje menor (o radio polar); los valores asignados a ambas dimensiones varían de acuerdo a distintos elipsoides que se han propuesto para definir la forma de la Tierra (como aproximaciones al geoide, que es su forma real). Por consiguiente, la distancia entre el centro de la Tierra y el nivel del mar (superficie del elipsoide) varía en función de la latitud geográfica, pero el valor exacto que se puede calcular depende, además, de las dimensiones del elipsoide que elegimos para este cálculo. Sin embargo, el valor aproximado de r citado arriba fue usado en todos los casos en que las alturas del horizonte no fueron medidas en el campo sino calculadas, ya que es suficientemente exacto para nuestros fines; las variaciones que resultarían en alturas calculadas, empleándose

valores de r más precisos para cada sitio, serían insignificantes (hasta ca. 5 segundos de arco).

Hay que subrayar que los cálculos de alturas del horizonte no deben hacerse sin tomar en consideración la curvatura de la superficie terrestre. Para distancias pequeñas puede ser satisfactoria la fórmula (derivada de las relaciones en el triángulo plano)

$$\tan h = \frac{a_2 - a_1}{d} \quad (3)$$

Donde h es altura del punto 2, observando en el punto 1, a_1 y a_2 son alturas sobre el nivel del mar, en metros, de los puntos 1 y 2, respectivamente, y d es la distancia entre ambos puntos, en metros. Sin embargo, en la mayoría de los casos los puntos relevantes del horizonte están relativamente lejos, por lo que la fórmula 3 dará resultados erróneos: por ejemplo, si el punto del horizonte para el que calculamos la altura se encuentra a unos 37 km de distancia (que equivalen a 20 millas náuticas o 20' de distancia angular), la diferencia entre las alturas calculadas con base en las fórmulas 2 y 3 será de unos 10'. Por lo tanto, el error en la altura calculada mediante la fórmula 3, creciendo conforme aumenta la distancia, puede afectar notablemente el cálculo de la declinación correspondiente al alineamiento.

Asimismo, hay que advertir que estos cálculos de azimuts y alturas no son confiables cuando los puntos relevantes del horizonte se localizan relativamente cerca del sitio, ya que la precisión de los resultados depende de la exactitud con la que se pueden determinar las coordenadas geográficas y las alturas sobre el nivel del mar, tanto del punto de observación como del punto observado. Podemos estimar que los errores en la posición de un punto determinada con base en la carta topográfica de escala 1:50,000 pueden ser de hasta $\pm 2''$ en coordenadas y ± 20 m en altura sobre el nivel del mar, aproximadamente. Conforme crece la distancia entre el punto de observación y el punto en el horizonte, disminuye el probable margen de error del azimut y la altura calculados. Por ejemplo, si calculamos el azimut de un monte ubicado en la dirección hacia el este o el oeste del sitio, el error de 1" (ca. 30 m) en la latitud determinada para el sitio resultará en un error de 21' en el azimut calculado, si el cerro se encuentra a 5 km, y de 5', si se localiza a 20 km de distancia. En este estudio son relativamente pocos los azimuts y alturas que fueron calculados (en la mayoría de los casos fueron medidos en el campo); los cálculos nunca se hicieron para puntos cercanos del horizonte, por lo que estimo que los eventuales errores no rebasan 5' en azimut y 3' en altura.

Puesto que casi todas las declinaciones de los alineamientos este-oeste medidos están dentro del rango de las declinaciones solares (en cuanto a las prominencias del horizonte, he mencionado arriba que deliberadamente medí sólo las que se ubican dentro del ángulo de desplazamiento anual del Sol), aparecen en las tablas del capítulo 5 también las fechas del año que corresponden a las declinaciones solares calculadas y que fueron determinadas, en la mayoría de los casos, para la época de la fundación del sitio o de la construcción de los edificios cuyas orientaciones se presentan.¹¹ Los momentos del año trópico en los que el Sol alcanza ciertas declinaciones dependen de la oblicuidad de la eclíptica y de la posición del eje de los ápsides o, dicho de otro modo, de la longitud heliocéntrica del perihelio de la órbita de la Tierra. Ambos valores cambian a través del tiempo, formando parte de la precesión general que determina variaciones en la duración de las estaciones y en las declinaciones extremas (solsticiales) del Sol (*cf.* Woolard y Clemence 1966: 235ss; Mueller 1969: 59ss; Meeus 1983: 3-1s), por lo que deben tomarse en consideración al establecer las fechas de ciertas declinaciones solares en el pasado. Para determinar las fechas correspondientes a las declinaciones del Sol en las épocas de interés, he usado la obra de Tuckerman (1962; 1964), en la que se encuentran tabuladas las posiciones del Sol para el lapso entre los años 601 a.C. y 1649 d.C. Las posiciones del Sol en estas tablas se dan en coordenadas eclípticas, por lo que las declinaciones correspondientes fueron obtenidas con base en la fórmula

$$\text{sen } \delta_{\odot} = \text{sen } \varepsilon \text{ sen } \lambda \quad (4)$$

donde δ_{\odot} es declinación del Sol, ε es oblicuidad de la eclíptica y λ es longitud eclíptica del Sol.¹² Las tablas de Tuckerman proporcionan las longitudes del Sol en intervalos de diez días, siempre para las 16:00

¹¹ Como se menciona en el capítulo 5, "Introducción", las fechas no fueron determinadas para la época del sitio sino que se basan en las efemérides para la actualidad sólo en los casos en que los azimuts de alineamientos son tan poco exactos que la determinación de las fechas precisas no tendría sentido.

¹² Para evaluar el significado astronómico de alineamientos, es necesario identificar las posiciones en la esfera celeste a las que corresponden. Cualquier alineamiento es definido con el azimut y la altura sobre el plano horizontal, que son coordenadas del sistema horizontal, mientras que las posiciones en la esfera celeste pueden ser expresadas en el sistema eclíptico o ecuatorial de coordenadas. La referencia astronómica de un alineamiento se indica con su correspondiente declinación, que es coordenada celeste en el sistema ecuatorial. Para relacionar alineamientos con posiciones celestes expresadas en coordenadas eclípticas, éstas primero deben ser convertidas en las ecuatoriales; la fórmula 4 deriva de la que se usa para calcular la declinación (Mueller, 1969: 40), considerando que la latitud eclíptica β es, en el caso del Sol, siempre igual a 0°:

$$\text{sen } \delta = \text{sen } \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \text{ sen } \varepsilon \text{ sen } \lambda .$$

horas del Tiempo Universal, tomando en consideración el desplazamiento del perihelio y, por lo tanto, las variaciones en la duración de las estaciones, mientras que el valor de la oblicuidad de la eclíptica fue determinado, para la época correspondiente a cada caso particular, con base en la fórmula desarrollada por de Sitter (Thom 1971: 15). Al escoger un lapso de cuatro años dentro de la época relevante para el sitio en cuestión, se calcularon las declinaciones del Sol para las fechas que –según la comparación con las efemérides actuales– probablemente correspondían a la declinación del alineamiento, tomando en cuenta la diferencia, según la época, entre las fechas gregorianas, relevantes para consideraciones relacionadas con el Sol, y las julianas, que aparecen en las tablas de Tuckerman.¹³ Las declinaciones fueron calculadas para el momento al que corresponde cada alineamiento –salida o puesta del Sol–, aplicándose interpolaciones lineales entre los valores tabulados. Las fechas en que las declinaciones calculadas resultaron ser más cercanas al valor correspondiente al alineamiento fueron establecidas como fechas de registro solar del alineamiento. Dicho con más precisión, el par de fechas que se indica para cada azimut¹⁴ en las tablas del capítulo 5 es el que predominaba –según las declinaciones calculadas– en un lapso de cuatro años, ya que el sistema de intercalaciones en el calendario juliano resulta en patrones cuadriennales de correspondencias entre declinaciones solares y fechas calendáricas. La determinación de las fechas de registro solar fue a veces necesariamente arbitraria, ya que el Sol, en un periodo de cuatro años, puede salir/ponerse a lo largo de un alineamiento dos veces en una fecha y otras dos en la fecha vecina.¹⁵

¹³ Si queremos examinar la eventual relación entre las fechas señaladas por alineamientos y ciertos momentos del año de las estaciones, es necesario analizar las fechas *gregorianas* que corresponden a los alineamientos, ya que el calendario gregoriano, por su sistema de intercalaciones, mantiene la concordancia con el año trópico –que coincide con el periodo anual de desplazamiento aparente del Sol y determina el ciclo de las estaciones– durante largas épocas (la discrepancia de un día entre el año gregoriano, de 365.2425 días en promedio, y el año trópico, de 365.2422 días, se acumula apenas en más de 3 000 años), en tanto que el año juliano (de 365.25 días, en promedio) se va desfasando respecto al año trópico (un día en 128 años), por lo que las mismas fechas del calendario juliano corresponden en distintas épocas a diferentes momentos del año trópico (*cf.* Mueller 1969: 150ss); por ejemplo, la diferencia entre las fechas gregorianas que corresponden a una misma fecha juliana en los siglos IV a.C. y XV d.C. es de 14 días.

¹⁴ Recordemos que a cualquier azimut relacionado con el Sol le corresponden dos fechas del año; la única excepción son los alineamientos solsticiales.

¹⁵ Todos los cálculos necesarios para el presente estudio se realizaron con la calculadora programable Hewlett-Packard 41CV; cualquier calculadora con características semejantes puede servir para estos fines, aunque, desde luego, también se pueden elaborar programas para computadoras personales.

Análisis e interpretación de los datos

Los datos sobre los alineamientos medidos se analizan en el capítulo 4 de diversas formas. La base de los análisis la constituyen los histogramas que representan la distribución de los azimuts, de las declinaciones y fechas correspondientes, y de los intervalos que separan las fechas registradas.

Los histogramas de azimuts han sido elaborados para detectar eventuales patrones en la distribución de los valores azimutales que corresponden a los alineamientos medidos. El motivo principal fue la hipótesis de Tichy (1976; 1983; 1991) de que la distribución de las orientaciones obedece a un esquema geométrico basado en la unidad de medida angular de 4.5° .

Los histogramas de declinaciones representan el núcleo de los análisis, ya que sólo las declinaciones permiten identificar con exactitud los eventos astronómicos que pueden relacionarse con los alineamientos correspondientes, y en vista de que la base astronómica de la mayoría de las orientaciones en la arquitectura cívico-ceremonial mesoamericana puede considerarse indiscutible. Según se argumenta en el capítulo 2, las orientaciones mesoamericanas han de relacionarse, en su gran parte, con las posiciones del Sol en el horizonte, por lo que sólo se han calculado las declinaciones correspondientes a los ejes este-oeste de las estructuras.¹⁶ Puesto que casi todas las declinaciones obtenidas se encuentran dentro del rango que abarcan las declinaciones solares, los histogramas incluyen también las fechas del año correspondientes.

Para verificar diversas hipótesis que relacionan los alineamientos con el sistema calendárico mesoamericano, sosteniendo que las fechas señaladas están separadas por intervalos significativos, se han elaborado también los histogramas de intervalos.

Confío en que el enfoque metodológico empleado en el presente estudio esté exento de prejuicios que puedan distorsionar la objetividad de los resultados de la investigación e impedir el conocimiento global de la complejidad de factores astronómicos involucrados en la orientación y localización de estructuras cívico-ceremoniales. Como ejemplo de estos prejuicios podemos mencionar el significado atribuido o negado *a priori* a ciertas fechas del año trópico. Al criticar la hipótesis –planteada por Morley y posteriormente por Aveni– de que el alineamiento conformado por las estelas 10 y 12 de Copán señala-

¹⁶ Quiero reiterar que no podemos rechazar categóricamente la posibilidad de que algunas orientaciones estuvieran relacionadas con estrellas y que los ejes norte-sur de algunos edificios fueran astronómicamente significativos; sin embargo, esta posibilidad no ha sido explorada en el presente estudio.

ba las puestas del Sol en las fechas 12 de abril y 1 de septiembre, Köhler (1991: 132) argumenta que se trata de fechas sin ningún significado astronómico particular. Considerando nuestros –todavía– escasos conocimientos acerca de la importancia de ciertas fechas en la cosmovisión prehispánica, esta aseveración, desde luego, no es justificable, y podemos sospechar que refleja un concepto “eurocentrista”, es decir, precisamente la actitud que el mismo autor acertadamente critica en otro contexto (*ibid.*, 134s). Tampoco es aceptable el requisito de que para demostrar la naturaleza astronómica de alineamientos arquitectónicos en cierta cultura es indispensable, en primer lugar, probar con base en datos independientes que los fenómenos celestes eran “deificados o al menos considerados como entidades poderosas que directamente influyen sobre el destino de la humanidad” (*ibid.*, 131); Köhler (*ibid.*) agrega que, en ausencia de evidencias arqueológicas, los datos etnohistóricos y etnográficos de la misma área cultural pueden proporcionar al menos algunas sugerencias. Como advierte Aveni (1995: S79), esta propuesta, refutada por la misma constitución de la arqueoastronomía y por sus avances en la segunda mitad de este siglo, implica que empezando con alineamientos no podemos descubrir nada. En términos de la metodología arqueológica general podemos decir que, al implementar en la práctica el postulado de Köhler llevado al extremo, corremos el peligro de desaprovechar el valor intrínseco de los vestigios arqueológicos y de acercarnos a la actitud criticada ya por Binford (1972: 86) en relación con el uso inadecuado de analogías etnográficas en la arqueología: “Fitting archaeological remains into ethnographically known patterns of life adds nothing to our knowledge of the past.” Curiosamente, sin embargo, hablando de las orientaciones hacia las estrellas, Köhler (1991: 131) afirma:

[...] there is also the possibility of obtaining information on the basis of purely archaeological sources. For example, if the orientation towards the point of rising or setting of a particular star is consistently found in a great number of sites of one area, there is a high probability that this orientation was a deliberate one and quite probably had the aim of being aligned with that particular star. – However, all conclusions based on a single site must remain highly speculative!

Este argumento, algo contradictorio en comparación con las aseveraciones anteriores, es mucho más cercano a lo que considero lineamientos apropiados para el estudio de orientaciones astronómicas en general, no sólo de las estelares.

A la luz de lo expresado resulta ser metodológicamente deficiente el procedimiento de Morante (1996: 83ss), quien busca los marcadores en el horizonte local de Teotihuacan para las fechas que, según su suposición, eran relevantes; aunque para varias fechas que menciona efectivamente ya sabemos que eran importantes, este método impide

encontrar otras que también pudieron serlo, es decir, no permite descubrir nada nuevo, limitándonos a corroborar lo que ya sabemos o suponemos (*cf.* Ruggles 1994: 498). Hay que subrayar, no obstante, que los estudios de Morante (1993; 1996) acerca de los conocimientos astronómicos en Xochicalco y Teotihuacan son, sin duda alguna, contribuciones sumamente importantes. Se trata de dos “estudios de caso”, y es obvio que una investigación enfocada en un solo sitio difícilmente puede detectar patrones que comprueben las hipótesis planteadas en relación con los alineamientos presentes en el sitio. Las regularidades de este tipo sólo pueden ser reveladas con estudios comparativos de diversos sitios que manifiestan cierta homogeneidad en términos culturales. Sin embargo, el enfoque comparativo implica, a su vez, deficiencias que parecen ineludibles: al estudiar diversos sitios, no es posible dedicar suficiente atención a toda la complejidad de cada uno de ellos; es indiscutible que un estudio minucioso de una sola localidad puede detectar más elementos con potencial significado astronómico y generar varias hipótesis nuevas, aunque éstas tendrán que ser verificadas por investigaciones comparativas. Podemos concluir que ambos enfoques son necesarios y complementarios, teniendo cada uno sus ventajas y deficiencias.

4. Alineamientos en los sitios arqueológicos del centro de México: análisis e interpretación de los datos

Introducción

Las mediciones cuyos resultados se presentan en este estudio se realizaron en ocho sitios preclásicos, nueve clásicos y 20 posclásicos. Como se explica en el capítulo 3, "Selección de los alineamientos", no sólo se midieron las orientaciones arquitectónicas sino también los alineamientos hacia los rasgos prominentes del horizonte local que quedan dentro del ángulo de desplazamiento anual del Sol. En este capítulo se analiza la información obtenida, resumida en los histogramas de las figuras 4-15, mientras que los datos detallados y comentarios sobre los alineamientos en cada sitio se presentan en el capítulo 5.

Los azimuts de todas las estructuras y prominencias del horizonte que fueron medidas están graficados en la figura 4; las figuras 5-7 presentan la distribución de estos azimuts por periodos. Los edificios examinados no son de plantas poligonales o irregulares, por lo que en cada estructura (o en cada una de sus etapas constructivas) podemos distinguir dos grupos de alineamientos que se intersectan en ángulos aproximadamente rectos; incluso los edificios de planta mixta (por ejemplo, los templos de Ehécatl, con elementos redondos y rectangulares) exhiben sólo dos grupos de líneas rectas, aproximadamente paralelas y perpendiculares entre sí. Por lo tanto, la orientación de cada estructura puede describirse con dos valores azimutales: uno corresponde al eje norte-sur y el otro al eje este-oeste de la estructura (se trata de azimuts medios de las líneas norte-sur y este-oeste medidas en el edificio). Los azimuts este-oeste están graficados hacia arriba y los norte-sur hacia abajo de la escala horizontal, correspondiendo cada cuadrado a un azimut. Los valores azimutales en la escala horizontal están espaciados en intervalos de 1° ; por ejemplo, todos los azimuts mayores de 100° y menores o iguales a 101° se encuentran en una sola columna. Los cuadrados con la letra *E* o *W* corresponden a las prominencias en el horizonte oriente o poniente, respectivamente, y los demás a las estructuras. Para las prominencias en el horizonte este/oeste valen los azimuts hacia el este/oeste que aparecen en la primera/segunda línea de valores en la mitad superior de la escala horizon-

tal; en cambio, cada alineamiento arquitectónico puede definirse con dos azimuts, de los que uno es redundante, pues la diferencia es siempre 180° , por lo que a las orientaciones este-oeste les corresponden las dos líneas de valores en la mitad superior de la escala horizontal, y a las orientaciones norte-sur las dos líneas de valores en la mitad inferior. En los cuadrados que representan los azimuts este-oeste de las estructuras (graficados hacia arriba), el triángulo del lado derecho/izquierdo del cuadrado indica que el azimut de orientación coincide con la dirección hacia una prominencia del horizonte oriente/poniente; en los cuadrados que corresponden a los azimuts norte-sur (graficados hacia abajo), el triángulo del lado superior/inferior del cuadrado señala que el azimut norte-sur coincide con la dirección hacia una prominencia al norte/sur. En los cuadrados que representan los azimuts este-oeste de las estructuras, el rectángulo del lado derecho/izquierdo indica que la estructura correspondiente tiene su escalinata o acceso del lado oriente/poniente.

Los datos que definen cada alineamiento (azimut y altura de horizonte) se pueden convertir a la declinación astronómica, coordenada que permite identificar el(los) fenómeno(s) astronómico(s) correspondiente(s). Los histogramas en las figuras 8-11 representan la distribución de las declinaciones que corresponden tanto a las orientaciones este-oeste de las estructuras como a los rasgos prominentes del horizonte local. Los valores de declinación en la escala horizontal están espaciados en intervalos de 1° ; por ejemplo, todas las declinaciones mayores de -16° y menores o iguales a -15° se encuentran en una sola columna. Para el rango de declinaciones que alcanza el Sol, también se indican las fechas del año correspondientes. En la figura 8 están incluidas las declinaciones y fechas señaladas en todos los sitios, en tanto que las figuras 9-11 presentan estos datos para cada periodo por separado, representando cada cuadrado una declinación. A cualquier declinación solar le corresponden dos fechas anuales (salvo en el caso de las declinaciones solsticiales); arriba de la escala de declinaciones aparecen las fechas en invierno y primavera, y abajo las que caen en verano y otoño. Las declinaciones registradas en el horizonte oriente están graficadas hacia arriba y las señaladas en el horizonte poniente hacia abajo. Los cuadrados con la letra *E* o *W* corresponden a las declinaciones de las prominencias del horizonte este u oeste, respectivamente, y los demás a las registradas por orientaciones arquitectónicas. El triángulo del lado derecho/izquierdo del cuadrado indica que la estructura correspondiente está orientada hacia un cerro al oriente/poniente. El rectángulo del lado derecho/izquierdo del cuadrado significa que la estructura correspondiente tiene su acceso o escalinata del lado oriente/poniente; los cuadrados sin esta marca corresponden a estructuras en las que la ubicación del acceso no es evidente.

Las figuras 12-15 presentan histogramas de intervalos entre las fechas señaladas por las estructuras y las prominencias del horizonte local de cada sitio. Como se explica en el capítulo 5, "Introducción", los intervalos representan distancias, en días, de cada una a cada una de las posiciones del Sol en el horizonte registradas en cada sitio, tanto por las estructuras de la misma época como por los rasgos prominentes del horizonte (cerros). Los comentarios en las figuras 12-15 explican el significado de los números que aparecen en los cuadrados que conforman los histogramas. Por ejemplo, el número 12 denota que se trata de un intervalo entre dos fechas de las que una corresponde a una orientación arquitectónica y la otra a una prominencia del horizonte, siendo una fecha registrada en el horizonte oriente y la otra en el poniente.

Azimuts de los alineamientos

Los histogramas en las figuras 4-7 revelan una distribución no aleatoria de los azimuts, tanto de las estructuras como de los rasgos prominentes del horizonte (cerros), manifestando concentraciones dentro de ciertos rangos azimutales. Los azimuts graficados en las mitades superior e inferior de cada histograma corresponden a los azimuts este-oeste y norte-sur, respectivamente. El número de cuadrados correspondientes a estructuras en la parte superior de cada diagrama no es exactamente igual al de la parte inferior, puesto que en algunas estructuras no se pudieron determinar ambos azimuts.

La figura 4 muestra que diversas estructuras apuntan hacia los cerros tanto en el horizonte oriente (ocho casos) como en el poniente (seis casos), sin que se manifieste alguna preferencia clara por una u otra dirección, en tanto que los azimuts norte-sur coinciden más con los cerros hacia el norte (once casos) que hacia el sur (seis casos), lo que posiblemente refleja una mayor importancia simbólica de las montañas situadas al norte del centro cívico-ceremonial (*cf.* Aveni 1991b: 63). En general, la relación de las orientaciones arquitectónicas con los cerros probablemente tiene que ver con el significado que poseían las montañas en la cosmovisión mesoamericana, y que ha sido ampliamente estudiado por Broda (1971; 1982c; 1991a; 1991b; 1993), aunque los cerros en el horizonte oriente y poniente también facilitaban las observaciones astronómicas (*infra*).

Si comparamos solamente los azimuts de estructuras graficados en las mitades superior (azimuts este-oeste) e inferior (azimuts norte-sur) de cada histograma, observamos que su distribución es semejante pero no exactamente simétrica, lo que se debe a la falta de la perpendicularidad precisa entre los azimuts este-oeste y norte-sur en

AZIMUTS

TODOS LOS SITIOS

- azimut de una estructura
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado oriente
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado poniente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte norte
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte sur
- E azimut de un cerro en el horizonte oriente
- W azimut de un cerro en el horizonte poniente

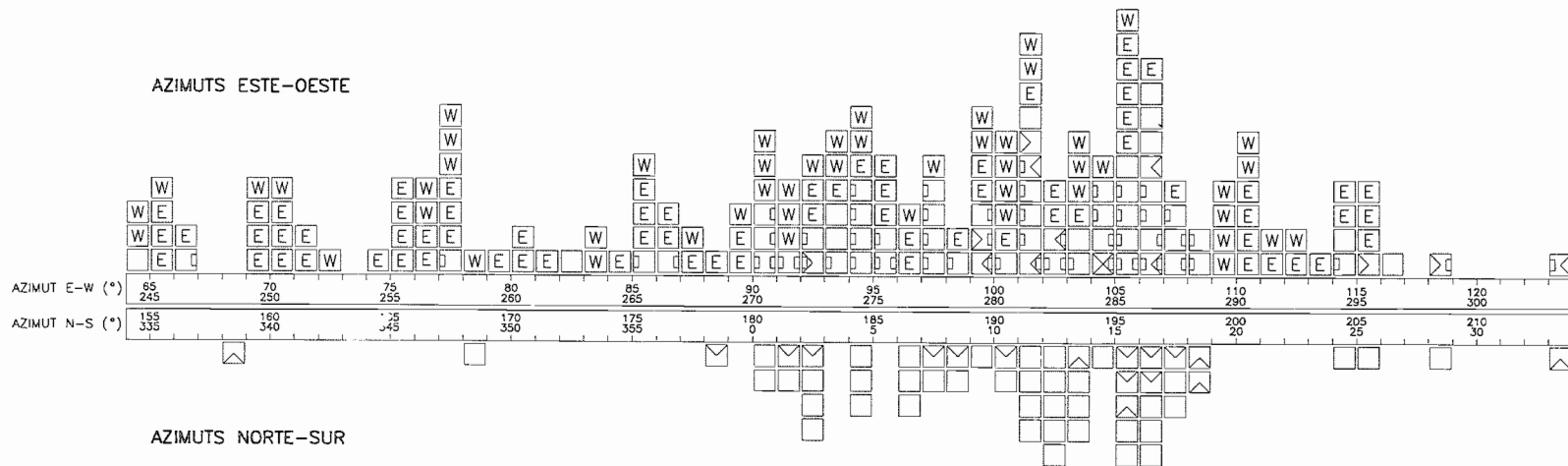
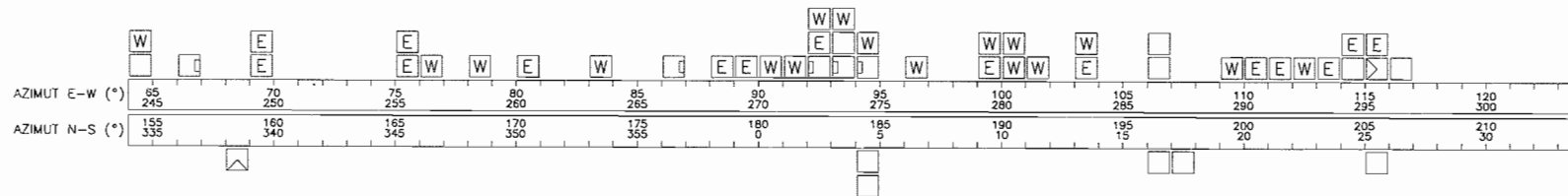


Figura 4. Distribución de azimuts de los alineamientos en todos los sitios.

AZIMUTS PRECLASICO

- azimut de una estructura
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado oriente
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado poniente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte norte
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte sur
- ◻ azimut de un cerro en el horizonte oriente
- ◻ azimut de un cerro en el horizonte poniente

AZIMUTS ESTE-OESTE



AZIMUTS NORTE-SUR

Figura 5. Distribución de azimuts de los alineamientos en los sitios preclásicos.

AZIMUTS CLASICO

- azimut de una estructura
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado oriente
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado poniente
- ◁ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- ▷ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte norte
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte sur
- ◻ azimut de un cerro en el horizonte oriente
- ◻ azimut de un cerro en el horizonte poniente

AZIMUTS ESTE-OESTE

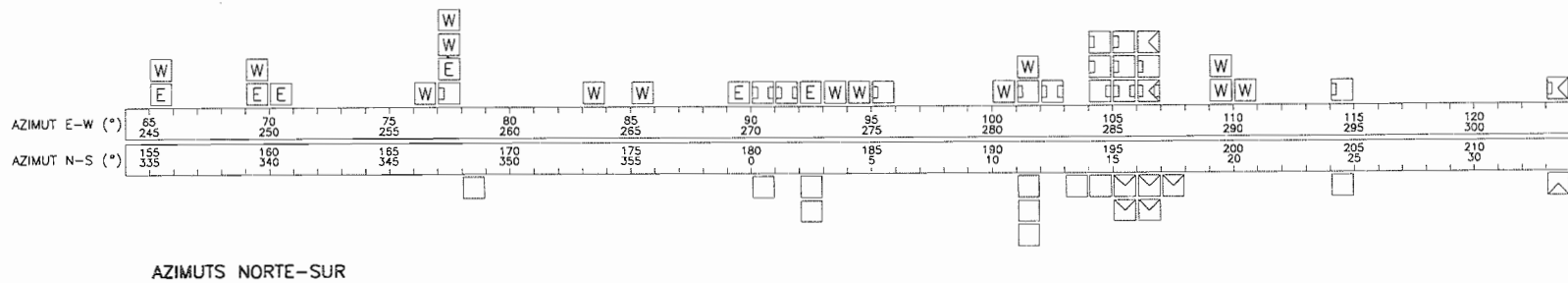


Figura 6. Distribución de azimuts de los alineamientos en los sitios clásicos.

AZIMUTS POSTCLASICO

- azimut de una estructura
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado oriente
- ◻ azimut de una estructura con acceso del lado poniente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte norte
- ◻ azimut de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte sur
- E azimut de un cerro en el horizonte oriente
- W azimut de un cerro en el horizonte poniente

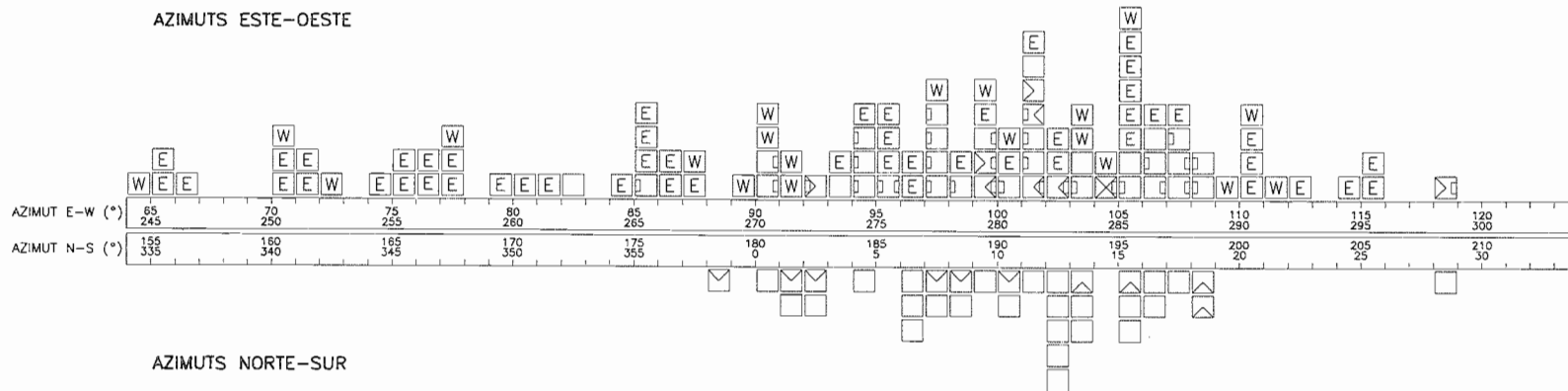


Figura 7. Distribución de azimuts de los alineamientos en los sitios posclásicos.

gran parte de las estructuras medidas. Aunque a veces puede tratarse simplemente de la poca importancia atribuida al aspecto exactamente rectangular de la planta del edificio, es probable que la falta de perpendicularidad fuera resultado de la intención de los constructores de orientar las líneas este-oeste de la estructura hacia ciertas posiciones del Sol y, al mismo tiempo, las líneas norte-sur hacia alguna prominencia en el horizonte norte o sur (*cf.* Ponce de León 1982: 8s). El aspecto romboidal o irregular de las plantas de, por ejemplo, la pirámide de Tlapacoya (tabla 5.31), la pirámide de Teopanzolco (tabla 5.132) y el edificio de San Marcos de Huexotla (tabla 5.99) pudo haber sido consecuencia de consideraciones de este tipo.

Entre las estructuras para las que podemos determinar la ubicación de la escalinata de acceso o la entrada, ésta se encuentra en el lado oriente en quince casos y en el lado poniente en 33 casos (figura 4). La prevaleciente ubicación del acceso en el lado poniente de los edificios había sido notada ya por otros investigadores (*e. g.*: Marquina y Ruiz 1932: 11; Tichy 1991: 95). En seis casos se marca la ubicación del acceso en ambos lados, lo que significa que la orientación representada por el cuadrado corresponde a una estructura o a un grupo de edificios con accesos tanto del lado oriente como del lado poniente.

Podemos observar que los azimuts aquí graficados exhiben concentraciones comparables a las de los histogramas elaborados por Aveni y Hartung (1986: 11, fig. 2b) y Tichy (1991: 94, 101, figuras 6-11, 6-13); éstos representan la distribución de orientaciones en el centro de México, correspondientes tanto a estructuras prehispánicas como a iglesias coloniales (figuras 1 y 2).

Tichy (1976: 7; 1981: 225; 1990: 187s; 1991: 106ss) advierte que los azimuts más frecuentes se agrupan en intervalos de 4° o 5° , por lo que argumenta que reflejan el empleo de la unidad angular de medida de 4.5° , que equivale a $1/20$ del ángulo recto y, por tanto, concuerda con el uso del sistema de numeración vigesimal en Mesoamérica. Al observar que varios lugares importantes de culto –como Cholula, Cacaxtla, Teotenango, Malinalco y Xochicalco– se localizan cerca del paralelo de 19° N, Tichy (1991: 109) explica el significado de esta ubicación por el hecho de que en el solsticio de verano a mediodía el Sol se aleja en esta latitud 4.5° al norte del zenit local. Afirma, además, que en la latitud de 19° N los puntos solsticiales en el horizonte abarcan el ángulo de 49.5° , entre los azimuts $65^\circ 15'$ y $114^\circ 45'$ en el oriente y $245^\circ 15'$ y $294^\circ 45'$ en el poniente, por lo que supone que los astrónomos del centro de México dividieron este ángulo en once secciones de 4.5° cada una, cuyos límites (manifiestos en las orientaciones más frecuentes) tenían las siguientes desviaciones al norte y al sur de la dirección este-oeste: 2.25° , 6.75° , 11.25° , 15.75° , 20.25° y 24.75° (*ibid.*: 107). Tichy (1991: 107ss) sostiene que también las

orientaciones en la arquitectura maya presentan grupos en intervalos de 4.5° (aunque la secuencia de los valores azimutales más frecuentes difiere de la del centro de México) y encuentra el empleo de esta unidad angular en diversas obras escultóricas y pictóricas de Mesoamérica.

La evaluación de todas las evidencias que presenta Tichy para apoyar su hipótesis rebasa los objetivos del presente trabajo. Sin embargo, en cuanto a las orientaciones arquitectónicas en el México central, es posible hacer los siguientes comentarios:

- 1) Cabe preguntar acerca de la función práctica o el significado simbólico que podría haber tenido la distribución de orientaciones arquitectónicas en intervalos de 4.5° . Aunque se trata de una vigésima parte del ángulo recto, al parecer no hay otros aspectos de la cosmovisión, del culto o de la vida cotidiana con los que podríamos explicar el esfuerzo de orientar los edificios ceremoniales de acuerdo con esta regla. Este, desde luego, no es un argumento suficiente para descartar la hipótesis, pero es obvio que una interpretación que tenga *sentido* en términos del contexto cultural conocido (*cf.* Aveni 1989a; Zeilik 1989: 144) sería más contundente.
- 2) Los puntos solsticiales en el horizonte difícilmente pudieron servir como límites exactos del ángulo de 49.5° subdividido en once secciones iguales. En la latitud de 19° N, los azimuts de $65^\circ 15'$ y $294^\circ 45'$ corresponden a la declinación aproximada del Sol en el solsticio de verano ($23^\circ 30'$) sólo para la altura del horizonte de $30'$ y sin tomar en cuenta la refracción atmosférica. Sin embargo, la declinación del Sol en el solsticio de invierno ($-23^\circ 30'$) corresponde, en la misma latitud y para la misma altura del horizonte, a valores azimutales de $115^\circ 08'$ y $244^\circ 52'$; para que los puntos solsticiales tengan los azimuts de $114^\circ 45'$ y $245^\circ 15'$ mencionados por Tichy (1991: 107), se requiere la altura de horizonte de $-30'$, caso sumamente raro. En vista del paisaje montañoso del centro de México, las alturas de horizonte son muy variables, por lo que los ángulos entre los azimuts solsticiales son diferentes en distintos lugares, incluso en una misma latitud. Aunque la distancia zenital del Sol, en el momento de su paso por el meridiano en el solsticio estival, es efectivamente 4.5° en la latitud de 19° N, parece cuestionable que la importancia especial de este paralelo sea atestiguada por los sitios ubicados en su cercanía y mencionados por Tichy (1991: 109); podríamos enumerar varios centros importantes (Teotihuacan entre ellos) situados en otras latitudes.

- 3) Aunque los grupos importantes de alineamientos graficados en las figuras 4-7 efectivamente tienden a estar separados por intervalos de 4° o 5° , también existe un número considerable de orientaciones arquitectónicas cuyos azimuts ocupan espacios intermedios y, por lo tanto, parecen difícilmente conciliables con la hipótesis geométrica de Tichy; al aceptarla, deberíamos postular que la regla general en muchos casos no fue respetada o que fue implementada con una precisión muy baja.

Además del descrito, Tichy (1983; 1991: 161ss) propone otro modelo de ordenamiento del espacio, basado en puntos cardinales y en la división del plano horizontal en 80 secciones angulares de 4.5° cada una. Con base en algunos ejemplos, arguye que los asentamientos prehispánicos, edificios ceremoniales y petroglifos punteados (cruces y círculos), así como iglesias coloniales tempranas y algunos montes sagrados en el centro de México, están ubicados a lo largo de líneas imaginarias dispuestas radialmente en torno a importantes centros urbanos y/o ceremoniales que funcionaban como focos de estos patrones radiales. Mientras que este sistema, comparable al de las líneas *ceque* en los Andes, incorpora los rumbos cardinales, el anterior, descrito arriba, subdivide los ángulos delimitados por los puntos solsticiales; puesto que ambos emplean la unidad angular de 4.5° , las líneas pertenecientes a un sistema no coinciden con las del otro.

Como fue argumentado en otro lugar (Šprajc 1992: S61), la alta densidad de los sitios documentados arqueológica e históricamente, de las iglesias coloniales y montañas prominentes en el centro de México, así como el hecho de que su distribución en el espacio puede considerarse como perteneciente a uno u otro sistema radial, hacen la intencionalidad de estos patrones difícilmente demostrable. La baja precisión que tolera Tichy para acomodar varios rasgos culturales y naturales en cualquiera de los dos sistemas debilita adicionalmente su hipótesis.

Declinaciones y fechas correspondientes a los alineamientos

La figura 8 muestra que las declinaciones señaladas tanto por las estructuras como por las prominencias del horizonte local manifiestan concentraciones alrededor de ciertos valores. Las declinaciones más frecuentes se agrupan cerca de los valores de -14° y 15° , aunque también se perciben otros grupos. El histograma de las declinaciones en el Posclásico (figura 11) es parecido al que presenta las declinaciones para todos los sitios (figura 8), puesto que los sitios posclásicos constituyen la mayoría en la muestra analizada. Sin embargo, también en el

DECLINACIONES TODOS LOS SITIOS

- declinación de una estructura
- ◻ declinación de una estructura con acceso del lado oriente
- ◻ declinación de una estructura con acceso del lado poniente
- ◁ declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- ▷ declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- E declinación de un cerro en el horizonte oriente
- W declinación de un cerro en el horizonte poniente

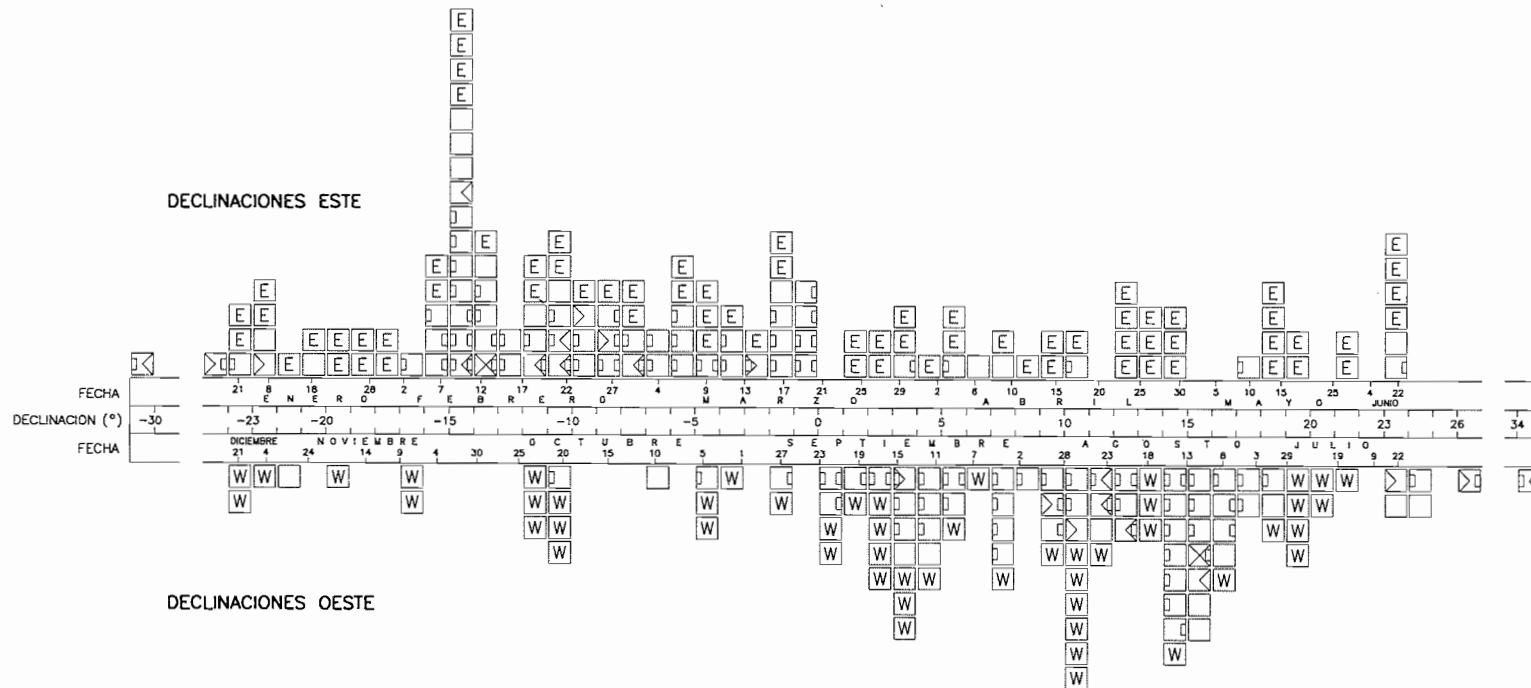


Figura 8. Distribución de declinaciones registradas por los alineamientos en todos los sitios.

DECLINACIONES PRECLASICO

- declinación de una estructura
- declinación de una estructura con acceso del lado oriente
- declinación de una estructura con acceso del lado poniente
- declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- declinación de un cerro en el horizonte oriente
- declinación de un cerro en el horizonte poniente

DECLINACIONES ESTE

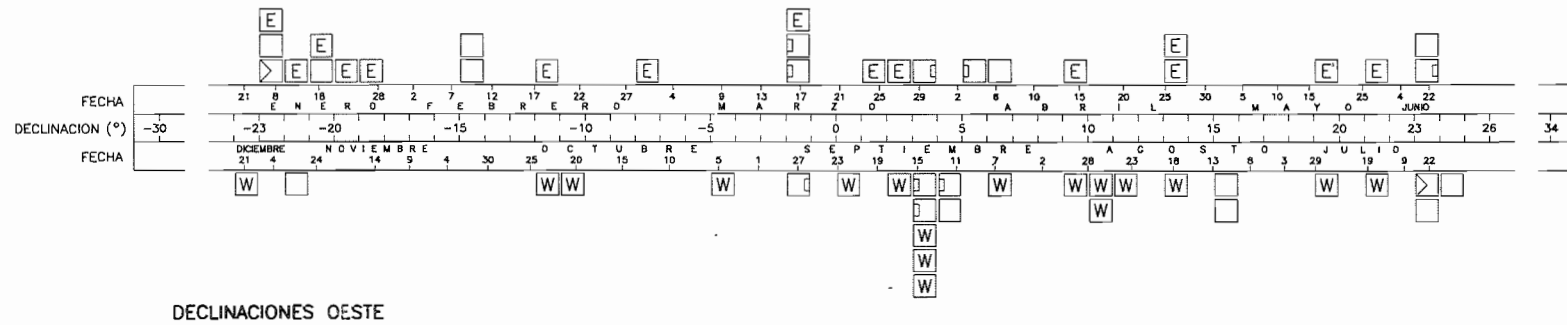


Figura 9. Distribución de declinaciones registradas por los alineamientos en los sitios preclásicos.

DECLINACIONES CLASICO

- declinación de una estructura
- declinación de una estructura con acceso del lado oriente
- declinación de una estructura con acceso del lado poniente
- declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- declinación de un cerro en el horizonte oriente
- declinación de un cerro en el horizonte poniente

DECLINACIONES ESTE

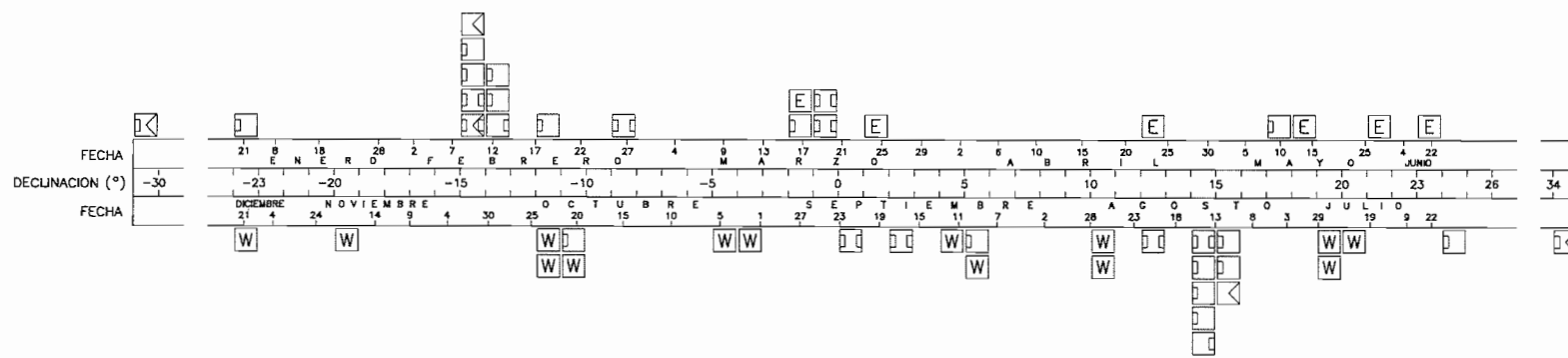


Figura 10. Distribución de declinaciones registradas por los alineamientos en los sitios clásicos.

DECLINACIONES POSTCLASICO

- declinación de una estructura
- ◻ declinación de una estructura con acceso del lado oriente
- ◻ declinación de una estructura con acceso del lado poniente
- ◁ declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte oriente
- ▷ declinación de una estructura orientada hacia un cerro en el horizonte poniente
- E declinación de un cerro en el horizonte oriente
- W declinación de un cerro en el horizonte poniente

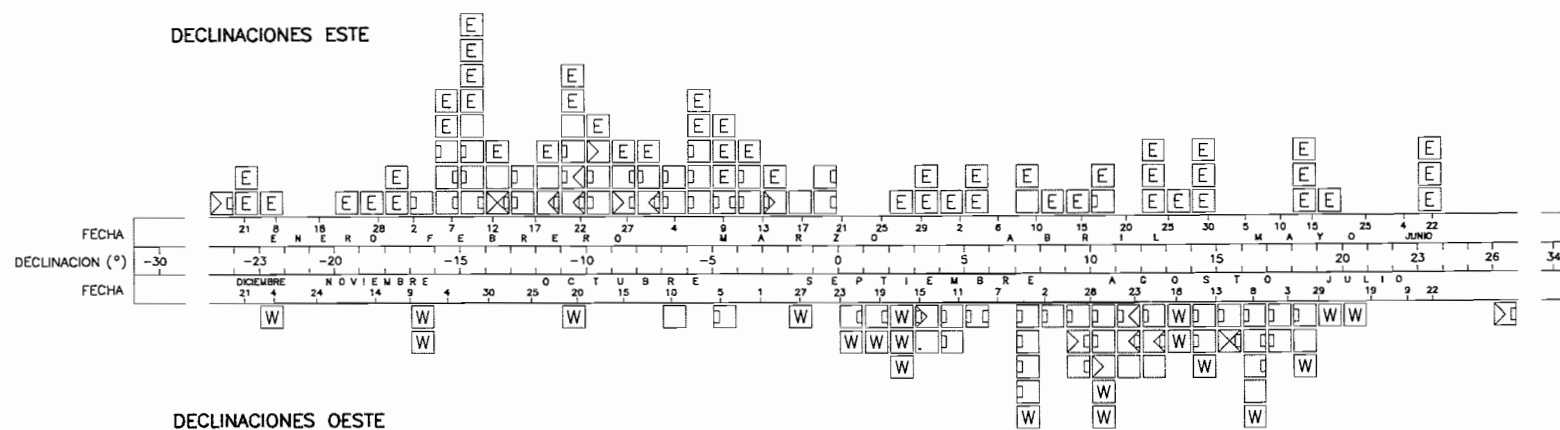


Figura 11. Distribución de declinaciones registradas por los alineamientos en los sitios posclásicos.

Preclásico y el Clásico podemos distinguir ciertos grupos de declinaciones, de los que algunos persisten en el Posclásico (figuras 9 y 10).

Como ya mencioné en la discusión sobre los azimuts, las escalinatas o entradas están ubicadas predominantemente del lado poniente de las estructuras medidas.¹ Podríamos pensar que la ubicación del acceso indica la dirección del registro astronómico de la estructura, sin embargo, la idea no es probable, o cuando menos no es universalmente aplicable, si consideramos los siguientes argumentos:

- 1) Como se observa en la figura 8, el grupo de declinaciones alrededor de -14° (la concentración más acentuada) abarca estructuras cuyas entradas están en la mayoría de los casos del lado poniente. Podríamos suponer que estas declinaciones, señaladas en el horizonte oriente, no eran relevantes y que sólo era importante el registro poniente de las estructuras correspondientes, es decir, las declinaciones cerca de 15° . Sin embargo, el hecho de que las declinaciones alrededor de -14° están registradas por varias prominencias del horizonte (figura 8) sugiere que estas declinaciones sí fueron importantes y, por ende, deben haber estado señaladas también por orientaciones arquitectónicas, independientemente de la ubicación de la entrada.
- 2) En algunos casos es evidente que la ubicación de la entrada o escalinata del edificio no es indicadora de la dirección astronómicamente relevante. Por ejemplo, el azimut este-oeste del Grupo Este de Xochicalco es $101^\circ 43'$, perteneciendo al grupo de azimuts entre 101° y 102° (véase figura 4). Aunque las escalinatas de los tres templos principales de este conjunto arquitectónico dan hacia el poniente, su registro astronómico poniente difícilmente pudo ser relevante: considerando que la línea del horizonte poniente, conformada por edificios en la orilla este de la plaza principal, se encuentra en la inmediata cercanía, la declinación correspondiente a la orientación del conjunto varía en función del punto exacto de observación (véase capítulo 5, "Xochicalco, Morelos"). En cambio, es probable que la declinación que corresponde a la orientación en el horizonte oriente sí fuera astronómicamente relevante, ya que pertenece al grupo de declinaciones frecuentes alrededor de -11° (véase figura 8). Es conveniente recordar, además, que el Palacio del Gobernador de Uxmal y el Circular de Huexotla miran con sus

¹ Reitero que los edificios con acceso al sur o al norte no se han tomado en consideración en los análisis, por razones expuestas en el capítulo 3, "Orientaciones arquitectónicas".

entradas hacia el oriente, aunque sus orientaciones se refieren, según se argumentó (Šprajc 1993a: 47ss; 1993c: 272ss; 1996a: 75ss; 1996b: 174ss), a los extremos máximos norte de Venus en el horizonte poniente.

- 3) En varios sitios encontramos dos o más estructuras que comparten la misma orientación, pero tienen accesos tanto del lado oriente como del lado poniente. Por ejemplo, la orientación de la Pirámide de las Serpientes Emplumadas de Xochicalco, con la escalinata de acceso hacia el poniente, es igual a la orientación de la sección este de la Acrópolis, cuya entrada da hacia el oriente, pero la orientación parece haber sido funcional únicamente hacia el oriente, ya que la vista hacia el poniente se encontraba obstruida por la parte central y más elevada de la Acrópolis, por lo que el fenómeno astronómico registrado en esta dirección hubiese variado, dependiendo del punto exacto de observación. También las Estructuras C y D de Xochicalco comparten la orientación, pero sus escalinatas están mirando en direcciones opuestas (véase capítulo 5, "Xochicalco, Morelos"). Incluso si suponemos que sólo las orientaciones incorporadas en edificios cuyas entradas dan tanto al oriente como al poniente eran funcionales en ambas direcciones, es prudente considerar que cualquier orientación pudo serlo, ya que generalmente no conocemos todas las estructuras del sitio: aunque una orientación puede ser actualmente conocida por un sólo edificio, cuyo acceso da en una dirección, es posible que existiera(n) otro(s) que tenía(n) la misma orientación, pero miraba(n) en la dirección opuesta.
- 4) Considerando que las orientaciones en la arquitectura mesoamericana son predominantemente astronómicas (véase argumentos en el capítulo 2), podemos asumir que los cerros en los horizontes oriente y poniente hacia los que están orientadas diversas estructuras marcaban puntos astronómicamente relevantes y de esta manera facilitaban las observaciones; el hecho de que los cerros señalados por orientaciones arquitectónicas se ubiquen tanto en los horizontes oriente como poniente –sin que se note preferencia por una u otra dirección–, así como los casos en que la estructura esté orientada hacia un cerro en la dirección opuesta a la indicada por el acceso (véase figuras 4-11), sugieren que las orientaciones en la arquitectura eran, en su mayoría, astronómicamente funcionales en ambas direcciones.

Por consiguiente, si la ubicación de la entrada no indica la dirección astronómicamente funcional de la orientación de la estructura, es de suponer que la disposición de un edificio cívico-ceremonial y la ubica-

ción del acceso fue dictada tanto por factores de planeación urbana en general como por el simbolismo y el ritual vinculados con la estructura en particular. Sabemos, por ejemplo, que todos los templos circulares de Ehécatl en el centro de México tienen sus escalinatas del lado oriente, mientras que los de la península de Yucatán miran hacia el poniente, lo que probablemente tiene que ver con las creencias relacionadas con el culto a este dios (cf. Pollock 1936: 160; Šprajc 1993b: S36; 1996a: 113). No obstante, también es posible que el evento astronómico registrado por una estructura en la dirección indicada por la ubicación del acceso, aun si la orientación era funcional en ambas direcciones, fuera considerado como particularmente importante.

En vista de los argumentos presentados en el capítulo 2, las orientaciones en la arquitectura mesoamericana se refieren, en su gran mayoría, a las posiciones del Sol en el horizonte en ciertas fechas que, por alguna razón, eran importantes. Los resultados de la presente investigación concuerdan con esta conclusión; entre las estructuras examinadas sólo hay dos cuyas orientaciones no se pueden relacionar con las salidas y puestas del Sol (figura 8): el Circular de Huexotla, orientado hacia los extremos máximos norte de Venus como estrella de la tarde (capítulo 5, "Huexotla, México"), y la pirámide de Tepeapulco, cuya orientación, si es que tiene bases astronómicas, sólo puede relacionarse con algunas estrellas (capítulo 5, "Tepeapulco (Xihuingo), Hidalgo"). Las demás orientaciones analizadas corresponden a declinaciones que alcanza el Sol; puesto que éstas son "traducibles" a fechas del año, podemos concluir que la función principal de las orientaciones era la calendárica.

Función calendárica de los alineamientos

Como dicen Woolard y Clemence (1966: 326), la medición del tiempo es un problema intrínseco de la astronomía. Cualquier calendario relativamente exacto que haya surgido en la historia de la humanidad deriva, de una u otra manera, de los ciclos del movimiento aparente de los cuerpos celestes. El cómputo del tiempo basado en las fases de la Luna parece ser el más sencillo y antiguo, empleado ya en el Paleolítico (Eliade 1972: 150ss; Šprajc 1996a: 119). Sin embargo, el movimiento de la Luna no manifiesta ninguna relación aparente con la alternancia de las estaciones del año; los cambios cíclicos en la naturaleza son concomitantes con otros fenómenos en el cielo, particularmente con las variables posiciones del Sol y de las estrellas.

Saber predecir los cambios periódicos en la naturaleza es de vital importancia sobre todo en sociedades cuya subsistencia se basa en la agricultura, ya que necesitan programar sus actividades en el ciclo anual

con cierta exactitud. En ausencia de un calendario que mantenga la concordancia con el año trópico durante épocas prolongadas, las predicciones de esta índole pueden hacerse sólo a partir de observaciones astronómicas. El desplazamiento aparente de las estrellas en el transcurso del año, si las observamos a determinadas horas, es un indicador útil del paso del tiempo en el ciclo anual, pero la observación del Sol no sólo es más fácil sino también permite determinar las fechas del año con mayor confiabilidad y precisión.

Si observamos desde un mismo lugar al menos durante un año, es posible relacionar los cambios estacionales en el medio ambiente con las diferentes posiciones del Sol respecto a los rasgos conspicuos del horizonte. Al contar los días que transcurren desde que el Sol sale o se pone alineado con un punto claramente discernible, hasta que, después de haber recorrido toda su trayectoria anual por el horizonte, vuelve al mismo punto, también es relativamente fácil determinar la duración del año (*cf.* Somerville 1927: 32s). Al conocer el intervalo entre alguna posición significativa del Sol –por ejemplo, un extremo solsticial– y una fecha que es, por alguna razón, importante, el observador puede escoger un lugar que le permita ver la salida o puesta del Sol en esta fecha sobre un rasgo fácilmente identificable del horizonte; así la fecha podrá ser determinada en los años venideros de manera directa, observando el evento solar sobre el punto elegido del horizonte. Este es el principio de los llamados *calendarios de horizonte*, que pueden definirse como sistemas observacionales que permiten computar el tiempo y fijar las fechas en el ciclo anual con base en la relación comprobada entre los eventos astronómicos, normalmente salidas o puestas del Sol en ciertos días, y determinados accidentes del horizonte local (véase una definición parecida en Morante 1996: 79).

Los calendarios de horizonte indudablemente representan la forma más temprana de las observaciones relativamente exactas del movimiento solar, ya que éstas pueden realizarse en cualquier lugar idóneo que, por su ubicación en el paisaje, permite usar los rasgos destacados del horizonte como marcadores naturales del paso del tiempo. En etapas más avanzadas de la evolución cultural, el hombre enriqueció sus métodos de observación, incorporando alineamientos astronómicos en las obras hechas por su propia mano: en sus construcciones ceremoniales rudimentarias, en la disposición de los templos y, finalmente, en la orientación de las trazas urbanas enteras (*cf.* Hartung 1981: 34). Puesto que el punto en el horizonte al que corresponde la salida o puesta del Sol en una determinada fecha, puede ser marcado tanto por un rasgo natural como por el alineamiento incorporado en un edificio, las orientaciones arquitectónicas pueden entenderse como marcadores artificiales de calendarios de horizonte. La observación de los juegos de luz y sombra, es decir, de las proyecciones de los rayos solares

en determinadas épocas o fechas del año, constituye un método para seguir las posiciones del Sol de manera indirecta, aprovechando las formaciones geológicas naturales o incorporando elementos adecuados en la arquitectura. Las distintas técnicas de observar el Sol pueden ser combinadas, permitiendo el manejo de un solo *calendario observacional*, aunque la sofisticación, los métodos empleados y la precisión lograda obviamente dependen de la complejidad cultural de sus creadores y usuarios.

Los calendarios observacionales, basados ante todo en la observación del desplazamiento anual del Sol por el horizonte, han sido utilizados en diversas culturas y, sin duda, deben haberse empleado también en la Mesoamérica prehispánica. Con la introducción del calendario cristiano después de la Conquista, los calendarios de horizonte perdieron su razón de ser, por lo que no es de extrañar que son escasas las supervivencias de esta práctica.

Entre los quichés de Momostenango, Guatemala, "los expertos en calendarios de la comunidad observan diariamente las posiciones de la salida y puesta del Sol (*k'ijj*) y conocen las variaciones estacionales de su posición a lo largo del horizonte [...]" (Tedlock 1991: 181). Según Girard (1948: 50ss; 1949: 438ss), los sacerdotes de diversos poblados chortís en Guatemala determinan las fechas importantes de su ciclo agrícola observando las salidas o puestas del Sol sobre ciertos accidentes del horizonte local; Fought (1972: 386, 435) corrobora estos datos. Entre los ixiles de Nebaj, también en Guatemala, Lincoln (1945) encontró el llamado observatorio solar, lugar en el que los sacerdotes observaban el Sol para determinar las épocas de siembra y de cosecha. En un dibujo al final de su obra están esbozados varios alineamientos formados por marcadores de piedra, pero también aparece la línea del horizonte oriente y el Sol en una depresión, a la que conducen dos visuales señaladas por piedras, por lo que es probable que las observaciones fueran facilitadas tanto por los alineamientos artificiales como por marcadores naturales del horizonte (*cf.* Aveni 1991a: 316ss, fig. 102). Según el comentario de Lincoln (1945: dibujo en el apéndice), el Sol salió a lo largo de las dos líneas el 19 de marzo de 1940 a las "6:31½ A.M."² Long (1946-48: 216s) sugirió que los ixiles probablemente contaban un uinal (20 días) a partir del 19 de marzo, determinando de este modo la fecha adecuada para la siembra.

² Long (1946-48: 214) leyó estas cifras, escritas a mano por Lincoln, equivocadamente como 6 grados y 31.5 minutos ("6 deg 31½ ms"), admitiendo que su lectura no era segura. En el microfilm que consulté se puede leer claramente: "Sun rose this day at 6:31½ A. M." Se trata, entonces, de la hora y no del ángulo medido del este hacia el sur, como suponía Thompson (1974: 95), partiendo del error de Long.

Como ya argumentaron Zeilik (1989: 160s; 1991: 545s, 553s) y Broda (1993: 259), también pueden ser ilustrativas las analogías etnográficas del suroeste de los Estados Unidos de América. De acuerdo con la información etnográfica recopilada entre los indios pueblo, las observaciones del Sol se realizan para establecer, por una parte, el calendario ceremonial y, por la otra, el calendario agrícola, aunque ambos están interrelacionados, ya que el objetivo de los rituales es asegurar las condiciones favorables para un buen desenlace del ciclo de cultivo. Cada poblado maneja su propio calendario observacional, que normalmente está a cargo de un solo funcionario religioso, pero éste está sujeto al control de los demás. El lugar de observaciones frecuentemente coincide con alguna construcción ritualmente importante, pero también puede estar en las afueras del poblado. La técnica más común consiste en la observación del desplazamiento anual del Sol por el horizonte; cualquier rasgo identificable –elevación, depresión, ángulo formado por la línea del horizonte– puede servir como marcador de la posición del Sol en alguna fecha significativa. Por otra parte, ciertos edificios tienen ventanas u orificios que permiten observar los rayos solares proyectados sobre los muros interiores en determinadas fechas o épocas del año; este tipo de elementos arquitectónicos diseñados para producir juegos de luz y sombra han sido encontrados también en los sitios arqueológicos de la cultura Anasazi, directamente relacionada con los grupos pueblo actuales (Zeilik 1985a; 1989; 1991; McCluskey 1990).

La posibilidad de que también los antiguos mesoamericanos usaran calendarios de horizonte ha sido sugerida en algunos estudios sobre sitios particulares (Ponce de León 1982: 58, nota 21, plano 1; Tichy 1983; 1991: 159ss, mapas 3 y 4; Aveni *et al.* 1982; Aveni *et al.* 1988; Iwaniszewski 1994b; Broda 1993: 275ss; Morante 1993, II: 121ss; 1996: 79ss). Como se observa en las figuras 8-11, la distribución de las fechas señaladas por las prominencias del horizonte es comparable a la que manifiestan las fechas registradas por las estructuras; es probable, por lo tanto, que en los sitios considerados estaban en uso calendarios observacionales que combinaban el empleo astronómico de orientaciones arquitectónicas con calendarios de horizonte, posibilitados mediante la selección adecuada de los lugares para la construcción de los edificios ceremoniales (véase capítulo 4, "Lugares de observación"). Las fechas señaladas por ambos tipos de alineamientos están distribuidas a lo largo de todo el año, pero algunas aparecen con mayor frecuencia que otras.

Las orientaciones solsticiales (declinaciones cerca de $\pm 23^{\circ}30'$) son más comunes en el Preclásico que en periodos posteriores, hecho observado en la arquitectura temprana de Mesoamérica en general (*cf.* Aveni y Hartung 1986: 12, fig. 2d; Tichy 1991: 55s; Broda 1993: 266). Los solsticios (21-22 de junio y 21-22 de diciembre) deben ha-

ber sido las primeras referencias claras que permitieron relacionar los cambios estacionales en el medio ambiente con el desplazamiento anual del Sol, ya que son los momentos marcados de manera fácilmente perceptible por las "paradas" del Sol en los extremos de su desplazamiento anual por el horizonte.³ Las orientaciones preclásicas del centro de México que pueden relacionarse con solsticios sugieren que el solsticio de verano era particularmente importante, ya que las declinaciones señaladas corresponden con mayor precisión a las declinaciones del Sol en el solsticio de verano que a las del solsticio de invierno (véase figura 9, y capítulo 5. "Preclásico"). Aunque para confirmar la aparente preferencia por los solsticios estivales, posiblemente relacionada con el hecho de que ocurren en la época de lluvias (después de la siembra del maíz), necesitaríamos una muestra más grande de datos, parece indicativo que entre los alineamientos solsticiales que, según Malmström (1978: 109ss, figuras 1 y 2, tabla 1), conectan diversos sitios preclásicos con montes prominentes predominan los que se relacionan con el solsticio de verano; hay que advertir, sin embargo, que estos alineamientos fueron determinados con base en las cartas topográficas y que al menos algunos son muy aproximados, por lo que tal vez no fueron intencionales.⁴

Los solsticios pueden considerarse como momentos "naturalmente" significativos del año trópico, ya que marcan los extremos norte y sur del movimiento anual de la trayectoria diurna del Sol y delimitan las variaciones en la duración del día y la noche. Otras dos fechas que, según los criterios modernos, podrían ser significativas son los equinoccios, cuando la declinación del Sol es 0° (20-21 de marzo y 22-23 de septiembre). Sin embargo, los alineamientos que señalen estos momentos del año son prácticamente inexistentes; las declinaciones más cercanas se agrupan alrededor de los valores de $\pm 1^\circ$ (véase figura 8, y capítulo 5). ¿Cuál pudo haber sido el significado de estas declinaciones y fechas correspondientes?

En la astronomía moderna, los equinoccios se definen como momentos del año en los que el Sol se encuentra en una u otra de las dos intersecciones de la eclíptica con el ecuador celeste, teniendo la declinación de 0°. Específicamente, el equinoccio de marzo es el momento en que el Sol, moviéndose desde su extremo sur que alcanzó en el solsticio de diciembre hacia su extremo norte que corresponde al

³ La importancia que deben haber tenido los solsticios desde las épocas remotas parece reflejarse también en la concepción, aparentemente panmesoamericana, de que las esquinas y los portadores del cielo se encuentran en los cuatro puntos solsticiales (véase argumentos y bibliografía en Šprajc *s.a.*).

⁴ También Tichy (1991: 95) piensa que el solsticio de verano era particularmente importante: su opinión se basa en la prevaleciente desviación de las orientaciones al sur del oriente, combinada con la predominante ubicación de las entradas hacia el poniente.

solsticio de junio, llega al punto vernal, llamado también primer punto de Aries, mientras que el equinoccio de septiembre ocurre cuando el Sol cruza nuevamente la eclíptica, pero esta vez pasando del hemisferio celeste norte al hemisferio sur. En ambas ocasiones el día y la noche, definidos como lapsos en los que el Sol queda arriba y abajo, respectivamente, del horizonte matemático, tienen la misma duración. Estas definiciones son claras y precisas, pero hay que advertir que no son nada fáciles de verificar con instrumentos y métodos sencillos.

El Sol en los equinoccios, cuando se encuentra sobre el ecuador celeste, está exactamente en medio del ángulo delimitado por sus extremos solsticiales. Para determinar este ángulo con precisión se requiere un gnomon o un dispositivo comparable que permita observar las sombras o la proyección de los rayos solares en el momento de la culminación del Sol, es decir, de su paso por el meridiano local. La bisectriz del ángulo delimitado por los puntos extremos alcanzados por el Sol sobre el meridiano en los solsticios coincide con el plano del ecuador celeste y, por tanto, define la dirección en la que se encuentra el Sol en los equinoccios, en el momento de pasar por el meridiano. Este parece ser el único método, accesible a una tecnología relativamente sencilla, que permite determinar los días equinocciales con cierta precisión, pero no se han detectado indicios de que haya sido empleado en Mesoamérica.

Puesto que se trata de eventos difícilmente observables, es probable que en muchas culturas del pasado no existiera noción alguna sobre los equinoccios, como están definidos en la astronomía moderna; no obstante, algunos momentos cercanos, determinados con base en definiciones más prácticas, pudieron haber tenido un significado comparable (*cf.* Aveni, Calnek, y Hartung 1988: 290, tabla 1). Por ejemplo, el "equinoccio" pudo ser definido como día en el que el Sol sale o se pone exactamente a lo largo de la línea bisectriz del ángulo delimitado por los puntos solsticiales en el horizonte, o a lo largo de la perpendicular a la línea norte-sur. Sin embargo, debido a las alturas del horizonte natural y los efectos de refracción atmosférica, las fechas que determinemos de esta manera casi nunca coincidirán con los equinoccios astronómicos e incluso diferirán al emplear el mismo procedimiento en distintos lugares de observación, ya que la discrepancia entre las fechas determinadas con este método y los equinoccios astronómicos depende tanto de la latitud geográfica como de la altura del horizonte concretas.

Por otra parte, el "equinoccio" pudo haber sido definido como punto medio del tiempo transcurrido entre dos solsticios consecutivos.⁵ Las

⁵ Los solsticios son difícilmente determinables de manera directa, puesto que el Sol durante varios días alrededor del solsticio casi no se mueve, pero es posible contar los días que transcurren a partir de que el Sol, en una fecha relativamente lejana del solsticio, sale o se pone sobre

dos fechas del año que corresponden con esta definición tampoco coinciden con los equinoccios astronómicos, ya que los cuatro periodos del año delimitados por los solsticios y equinoccios –las estaciones astronómicas– tienen duraciones desiguales (debido a que la velocidad del desplazamiento de la Tierra a lo largo de su órbita elíptica no es constante sino varía de acuerdo con las leyes de Kepler). Las fechas que subdividen cada una de las dos mitades del año delimitadas por los solsticios en dos partes iguales caen aproximadamente dos días después del equinoccio vernal y dos días antes del otoñal (22-23 de marzo y 20-21 de septiembre). En contraste con las determinadas con base en el método anterior, estas fechas ocupan, por definición, siempre el mismo lugar en el año trópico (correspondiendo a la misma declinación solar), independientemente del sitio de las observaciones, por lo que pueden haber sido más útiles, a nivel supralocal, como referencias astronómico-calendáricas en el cómputo del tiempo.

Las fechas 22-23 de marzo y 20-21 de septiembre han sido designadas como “días de mitad del año” (Tichy 1976: 6; 1991: 29ss; Ponce de León 1982: 60, nota 33) o “equinoccios numéricos” (Šprajc 1990: 91). Otro nombre podría ser “días de cuarto del año” (*quarter days*: Somerville 1927: 33), puesto que los solsticios y estas fechas dividen el año en cuatro partes de aproximadamente igual duración (cf. Šprajc 1995: 590, 600, nota 1).⁶

En las fechas 22-23 de marzo y 20-21 de septiembre, el Sol tiene la declinación cerca de 1°, es decir, precisamente el valor señalado por varios alineamientos (figura 8). Mientras que la importancia de estos días está atestiguada en diversos sitios mesoamericanos (Ponce de León 1982: 60, nota 33; 1991: 422ss; Tichy 1976: 6; 1991: 56ss; Broda 1993: 277ss; Šprajc 1990: 91ss; 1995: 590ss), el conocimiento de los equinoccios verdaderos parece más cuestionable.

algún rasgo prominente del horizonte local, hasta que, después de haber alcanzado el extremo solsticial, regresa al mismo punto del horizonte; el solsticio corresponde al punto medio de este intervalo (cf. Aveni 1991a: 80; Zeilik 1985a: S17s).

⁶ Para los días que subdividen cada uno de estos cuartos del año y cuya importancia en la antigua Europa sobrevive en el folklor de las islas británicas se emplea el término “días de medio cuarto” (*mid-quarter days*) (McCluskey 1989). Tichy (1991: 121, tabla 7-2) traduce erróneamente su término *Mittjahrstage* (“días de mitad del año”), con el que designa las fechas 23 de marzo y 20 de septiembre, como *midquarter-days*.

Hay que advertir que los valores de duración de las estaciones astronómicas presentan variaciones seculares y que los solsticios dividían el año en dos partes iguales (de aproximadamente 182.6 días cada una) alrededor del año 1200 d.C., mientras que en otras épocas las dos mitades del año no tenían la misma duración (cf. Meeus 1983: 3-1), por lo que los solsticios y los “días de cuarto del año” no dividían el año en cuatro partes exactamente iguales. Sin embargo, durante todo el periodo de florecimiento de las culturas mesoamericanas, las fechas que subdividían cada una de las mitades del año delimitadas por los solsticios en dos partes iguales caían unos dos días después del equinoccio vernal y antes del otoñal.

Aveni y Hartung (1982: 29; Hartung y Aveni 1991: 34s) mencionan que el alineamiento conformado por la Pirámide del Sol de Teotihuacan y los petroglifos TEO 11 y TEO 16 hacia el poniente señala las puestas equinociales del Sol con bastante precisión, y agregan que la dirección pudo haber sido establecida trazando la perpendicular a la línea norte-sur, o marcando el punto medio del camino del Sol por el horizonte entre los extremos solsticiales. Hartung y Aveni (1991: 35) también comentan que los teotihuacanos "pueden haber llegado a la conclusión de que la definición del equinoccio por este método no es la misma que si hubiera contado en días el intervalo de tiempo entre los solsticios y entonces elegido el punto medio de ese intervalo." En Alta Vista, Zacatecas, un pasillo llamado Laberinto y alineado hacia el Cerro Picacho en el horizonte oriente señala las salidas del Sol en los equinoccios (Aveni, Hartung y Kelley 1982). En cuanto al Grupo E de Uaxactún, Guatemala, Aveni y Hartung (1989: 445, 455) argumentan que pudo servir como observatorio solsticial, pero agregan que el alineamiento entre las Estructuras II y VII, comúnmente considerado como equinoccial, no pudo ser funcional, ya que la altura original del Edificio II bloqueaba la vista hacia el horizonte oriente. Por último, Ponce de León (1991: 430s) observa que el Sol tiene el azimut y la altura idénticos al azimut y la inclinación de la escalinata poniente del Castillo de Chichén Itzá en los equinoccios; es decir, en estas fechas los rayos solares pasan de manera rasante a lo largo de la escalinata precisamente en el momento cuando el astro se encuentra en su eje. Recordando el juego de luz y sombra que puede observarse sobre la alfarda de la escalinata norte del mismo edificio, también en los equinoccios (Rivard 1969), cabe añadir que Ponce de León (1991: 430s, nota 17) plantea la posibilidad de que el conocimiento del equinoccio astronómico fuese adquirido en el Posclásico, mientras que en periodos anteriores sólo se conocían los días de mitad del año.

Habiendo tan pocos alineamientos que pueden relacionarse con los equinoccios, no podemos tener la certeza de que fueran realmente intencionales, es decir, basados en el conocimiento astronómicamente exacto del equinoccio; puede tratarse de aproximaciones, logradas con base en otros conceptos y definiciones del "equinoccio". Mientras no se conozca una muestra suficientemente amplia de alineamientos comparables y determinados con precisión, no podemos descartar la posibilidad de que se trata de coincidencias que no están relacionadas con la intención de registrar los equinoccios y que pueden explicarse con otros motivos. Entre los alineamientos analizados en el presente estudio, sólo la orientación del Gran Basamento de Cacaxtla puede relacionarse con las salidas del Sol en los equinoccios, pero en vista de la incertidumbre en cuanto al punto exacto de la observación, no podemos tener la

seguridad de que éste fuera el registro oriente intencionado de la estructura (véase capítulo 5, "Cacaxtla, Tlaxcala").

En latitudes tropicales existen otras dos fechas que parecen naturalmente significativas y que probablemente eran importantes en Mesoamérica. En la franja entre los trópicos, paralelos ubicados a aproximadamente 23.5° al norte y al sur del Ecuador, el Sol pasa dos veces al año, a mediodía local, por el zenit (teniendo la altura de 90°), lo que sucede cuando su declinación es igual a la latitud del lugar, por lo que las fechas de los tránsitos zenitales varían en función de la latitud geográfica (en el Trópico de Cáncer/Capricornio, es decir, en la latitud de 23.5° N/S, el paso del Sol por el zenit ocurre una sola vez al año, coincidiendo con el solsticio de junio/diciembre).

Argumentos sobre la importancia del Sol zenital en Mesoamérica han sido expuestos por diversos investigadores (*e. g.* Nuttall 1931; 1988; Malmström 1978: 106; 1997: 47ss; Aveni 1991a: 53ss; Aveni y Hartung 1981; 1986: 57ss; Broda 1982b: 90ss; 1986: 94; Tichy 1991: 31ss). El conocimiento de los pasos zenitales del Sol sobrevive en varias comunidades indígenas actuales (Lehmann 1928: 768; Girard 1948: 31, 50ss; Remington 1980: 107; Tedlock 1985: 84; 1991: 181; 1992: 19). Marquina y Ruiz (1932) y Palacios (1932) relacionaron las orientaciones desviadas cerca de 17° al norte del poniente con las puestas del Sol en los días de su tránsito por el zenit. Esta interpretación, aunque popular durante décadas, es errónea (Aveni 1988: 443); en el centro de México son, más bien, las desviaciones cerca de 20° al norte del oeste las que pueden referirse a las puestas del Sol en estas fechas (Tichy 1991: 95). Los sitios considerados en el presente estudio se localizan en latitudes entre 18° y 21° N, por lo que *algunas* de las declinaciones entre 18° y 21° (figura 8) podrían, en efecto, relacionarse con las salidas y puestas del Sol en los días de su paso por el zenit; al examinar los datos exactos –latitudes y declinaciones– en el capítulo 5, podemos detectar que la relación con este fenómeno no se puede postular para todas las declinaciones de este grupo.

Relación entre las fechas registradas por los alineamientos y el ciclo agrícola

Los solsticios, los "equinoccios" (cualquiera que haya sido su definición) y los pasos zenitales son fenómenos solares que atraen la atención por sí mismos y que deben haber servido como las referencias exactas más elementales en el cómputo del tiempo. El primer paso anual del Sol por el zenit, evento que en las latitudes mesoamericanas ocurre entre finales de abril y junio, en el centro de México a mediados de mayo, al parecer adquirió un significado adicional, ya que anuncia o coincide con el inicio

de la época de lluvias, que condiciona el momento apropiado para la siembra del maíz (Nuttall 1931: 1s; 1988: 30; Larsen 1936; Girard 1948: 31; Aveni y Hartung 1981: S52; 1986: 58s; Broda 1982b: 90s; Tedlock 1985: 84; Aveni 1991a: 54).⁷

Recordando el importante papel de los conocimientos astronómicos en la estrategia adaptativa, particularmente en las sociedades agrícolas (Somerville 1927: 32; Reyman 1975: 206s, 212s; Iwaniszewski 1989: 28s; 1991: 285), es probable que también otras fechas señaladas por alineamientos tuvieran alguna relación con la agricultura. Al explorar el significado de las orientaciones en la arquitectura maya de la región Puuc, Aveni y Hartung (1986: 56) reflexionan:

The almanacs in the Dresden Codex demonstrate that the Maya went to great lengths to develop their calendar for divinatory purposes, specifically for the formalization of ritual relating to agriculture. [...] The record also provides evidence concerning possible ways of marking the sowing and harvest dates, of establishing the times for rainfall, harvest, festivals, etc.; thus we might say that the written calendar was both astrological and "agrilogical". [...] Consequently, we would expect that any dates we might extract from a hypothetical orientation calendar would have agricultural significance.

Las épocas más apropiadas para ciertas labores agrícolas dependen de las particularidades climáticas y de la calidad de los suelos en distintas áreas, así como del ciclo de crecimiento de la planta con la que se relacionan. En la discusión que sigue me limitaré a examinar la eventual relación de las fechas señaladas por alineamientos con el ciclo de cultivo del maíz, ya que la preocupación de los mesoamericanos estaba indudablemente enfocada en la planta que constituía la base de su subsistencia, hecho ampliamente atestiguado también en las creencias y rituales.

En su artículo sobre el significado astronómico de los petroglifos punteados en forma de cruces y círculos ("marcadores") y de los alineamientos en Teotihuacan, Iwaniszewski (1991: 273) asienta que "el estudio de las fechas dadas por las posiciones del Sol sobre el horizonte en las direcciones diseñadas por los marcadores y por otros elementos astronómicos, revela cuatro concentraciones de ellas: du-

⁷ Al describir la fiesta y la peregrinación de Nuestro Señor de la Caña, que se celebra el 16 de mayo, o en fechas cercanas, en San Martín de las Pirámides y poblados aledaños del valle de Teotihuacan y en la que participan varias comunidades unidas en el sistema de riego, Charlton (1970b: 276s) menciona que existe cierta similitud entre este "santito" local que, según un informante, tiene el poder de traer la lluvia, tan necesaria en esta época del año, y los dioses de la lluvia prehispánicos. El origen de la festividad, en vista de su fecha, podría tener alguna relación con el primer tránsito anual del Sol por el zenit, que en el valle de Teotihuacan ocurre el 18 de mayo. Charlton (1970b: 277) llama la atención a las cañas, que tienen un papel importante en la celebración, y hace recordar que "la semana azteca que comenzaba con 1 Caña estaba asociada con la diosa del agua Chalchiuhtlicue", pero al mismo tiempo advierte que se desconoce la antigüedad de la fiesta y que podría ser una innovación reciente. La fiesta del Divino Redentor, celebrada en San Juan Teotihuacan el 19 o 20 de julio, tiene características parecidas (*ibid.*, 268s) y podría relacionarse con el segundo paso anual del Sol por el zenit (24 de julio).

rante la primera parte de febrero y de agosto, y la segunda parte de abril y octubre". Con base en las investigaciones sobre la agricultura en el valle de Teotihuacan, el autor correlaciona los cuatro grupos de fechas con ciertos fenómenos climáticos anuales y con actividades en el ciclo agrícola: en la primera parte de febrero terminan las heladas, las precipitaciones llegan a su mínimo y principia la siembra en lugares elevados; en la segunda parte de abril se prepara el campo para sembrar en mayo; la cosecha de las variedades del maíz que maduran en tres meses se inicia en la primera parte de agosto, si la siembra se llevó a cabo entre abril y mayo, en tanto que en la segunda parte de octubre termina la cosecha y pueden ocurrir las primeras heladas (Iwaniszewski 1989: 29ss; 1991: 277s, tabla 2).

La interpretación de Iwaniszewski, refiriéndose a las orientaciones teotihuacanas, que pertenecen al grupo de los alineamientos más frecuentes de Mesoamérica (la llamada familia de 17° , declinaciones cerca de -14° y 15° ; véase figuras 4 y 8), es sugerente: no cabe duda que existe una correspondencia general entre la secuencia de importantes actividades agrícolas y los cuatro grupos de fechas señalados por los alineamientos; lo que parece más cuestionable, sin embargo, es que la distribución de estos trabajos en el ciclo anual represente, por sí misma, la explicación suficiente de los alineamientos que marcan, de manera consistente, cuatro periodos relativamente cortos en el año trópico. Las correlaciones exactas propuestas por Iwaniszewski al parecer se basan en datos seleccionados que se ajustan al patrón indicado por los alineamientos.

De acuerdo con los estudios del potencial agrícola de la cuenca de México y de los sistemas de cultivo actuales, la época de siembra del maíz depende de diversas circunstancias, en primer lugar, del régimen local de precipitaciones y temperaturas (Sanders *et al.* 1979: 231). Como observan Sanders, Parsons y Santley (1979: 82s), el problema principal reside en la relación entre la llegada de las lluvias y la época de heladas: las heladas son particularmente severas entre el 1 de noviembre y el 1 de febrero, pero pueden ocurrir desde septiembre hasta marzo, mientras que los primeros aguaceros sustanciales comienzan en mayo, pero pueden retrasarse hasta junio; el retraso de las lluvias combinado con heladas tempranas tiene consecuencias fatales para el maíz sembrado. Las tierras de temporal se siembran normalmente después de la primera lluvia fuerte en mayo, pero el empleo de terrazas y sistemas de regadío permite sembrar antes del inicio de la época de lluvias y, con ello, evitar el peligro que representan para la cosecha las heladas prematuras (Charlton 1970b; Sanders 1965: 36; Sanders *et al.* 1979: 230). Las épocas de siembra y de cosecha dependen, además, de la variedad del maíz sembrado y su periodo de maduración, que varía entre tres y seis meses (Charlton 1970b: 287,

305; Sanders *et al.* 1979: 233). Dependiendo de los diversos factores resumidos, el maíz puede ser sembrado desde febrero hasta junio (Sanders *et al.* 1979: 230s, 233).

Si bien las prácticas agrícolas actuales, aun las más tradicionales, no pueden considerarse como supervivencia inalterada de la agricultura prehispánica, es obvio que las circunstancias y la distribución en el tiempo de las actividades principales en la época teotihuacana no pudieron ser drásticamente diferentes de las que se observan en la actualidad: por una parte, se ha comprobado que los teotihuacanos cultivaban distintas variedades del maíz (Sanders *et al.* 1979: 235s; Iwaniszewski 1991: 276); por la otra, aunque la agricultura de temporal parece haber tenido mayor importancia (Iwaniszewski 1991: 278), hay evidencias de que también se empleaban terrazas y sistemas de irrigación (Sanders *et al.* 1979: 249ss, 260ss), es decir, diversas técnicas de agricultura intensiva que, junto con las variedades del maíz con distintos periodos de maduración, permitían cierta flexibilidad en cuanto a los periodos de siembra, cosecha y de otras actividades relacionadas con el cultivo. Por consiguiente, parece difícil aceptar que los cuatro grupos de fechas señalados por los alineamientos teotihuacanos representaran marcadores exactos de las labores más relevantes en el ciclo agrícola; aun suponiendo que el esquema de programación de trabajos prevaleciente en la época teotihuacana fue más rígido y semejante al que actualmente parece asegurar la mayor productividad, las épocas ideales para la siembra (abril o mayo) y las demás labores no están restringidas a lapsos tan cortos como los que corresponden a los alineamientos teotihuacanos (*cf.* Sanders 1965: 37; Charlton 1970b: 270; Sanders *et al.* 1979: 230, 237).

Hay que agregar que los cuatro periodos del año o grupos de fechas reconstruidos por Iwaniszewski (1991: 273ss) corresponden no sólo a las orientaciones arquitectónicas de Teotihuacan sino también a las de los motivos cruciformes de los petroglifos encontrados dentro de la ciudad. Mientras que éstos tienen orientaciones parecidas a las de los principales conjuntos arquitectónicos, es significativo que los petroglifos ubicados fuera de la zona ceremonial no manifiestan esta tendencia, estando sus azimuts esparcidos de manera aparentemente aleatoria (*ibid.*: 271s, gráfica 1). El hecho sugiere que las orientaciones de los petroglifos en el área urbana no tenían *per se* funciones astronómicas sino que simplemente seguían, con mayor o menor aproximación, la orientación general de toda la traza urbana (Morante 1996: 160).⁸ Si los alineamientos indicados por los petroglifos, por ende, no

⁸ Morante (1996: 158s) argumenta que la función astronómica de la orientación de los diseños cruciformes es poco factible, considerando que sus ejes son cortos, frecuentemente con curvaturas y quiebres, por lo que las direcciones señaladas son muy imprecisas.

eran astronómicamente funcionales, entonces las fechas relevantes, señaladas únicamente por orientaciones en la arquitectura, eran aun más específicas (véase capítulo 5, "Teotihuacan, México") y, por consiguiente, más difícilmente explicables *exclusivamente* en términos de fenómenos climáticos y labores agrícolas.

Además, recordemos que las orientaciones teotihuacanas pertenecen a la familia de 17° , es decir, al grupo más numeroso y persistente de alineamientos, al que corresponden las declinaciones concentradas alrededor de los valores de -14° y 15° (figura 8); puesto que los sitios con estos alineamientos se localizan en distintos nichos ecológicos (por ejemplo, en el estado de Morelos y en la cuenca de México), resulta aun más evidente que las fechas correspondientes (cerca del 10 de febrero/1 de noviembre y 1 de mayo/10 de agosto) no pueden interpretarse como indicadores exactos de ciertos momentos claves en el ciclo agrícola, ya que éstos varían en función de las peculiaridades ambientales de cada zona. Datos etnográficos de diversas regiones mesoamericanas confirman que las épocas de siembra, cosecha y demás actividades agrícolas son altamente variables y dependen ante todo de las condiciones climáticas de cada zona, aunque también de las variedades del maíz que se siembran y de las técnicas de cultivo empleadas (*cf.* Lehmann 1928: 768; Weitlaner y Weitlaner 1946: tablas 1 y 2; La Farge 1934: 121; 1947: 38, 76s; Guiteras-Holmes 1961: 33s; Tedlock 1985: 83s; 1991: 182ss; Bugé 1987: 413ss, fig. 26.4; Galinier 1987: 366ss; Tichy 1991: 122s, 142; López Austin 1994; Albores 1997: 407s). También algunos datos históricos, refiriéndose a la época prehispánica, hablan de la gran variabilidad en la distribución en el tiempo de los trabajos agrícolas (Broda 1983: 150s).

En el hecho de que las fechas señaladas por alineamientos están distribuidas prácticamente a lo largo de todo el año (figura 8) podríamos ver el reflejo de esta variabilidad en la programación y realización de trabajos agrícolas; sin embargo, la alta densidad de determinados valores de declinación y la distribución suprarregional de los alineamientos correspondientes no apoyan la suposición, por lo que cabe buscar motivos más específicos.

Aunque las fechas de ciertas labores dependen de varios factores, la condición más relevante para un buen desenlace del ciclo agrícola debe haber sido, en dondequiera, el inicio oportuno de la temporada de lluvias; a pesar de algunas variaciones locales y regionales, podemos decir que las lluvias regulares, necesarias para el crecimiento del maíz, comienzan en todas las regiones mesoamericanas en mayo o, a más tardar, en junio (García 1988). Es indicativo que la fiesta de la Santa Cruz, que parece ser la más importante y ubicua de las festividades tradicionales celebradas en comunidades indígenas actuales y cuyo simbolismo se relaciona con la petición de la lluvia, la siembra

del maíz y la fertilidad agrícola en general, se festeja el 3 de mayo o en días vecinos (Broda 1983: 153; 1991: 476ss; Katz 1994: 106, 116, nota 2). Al considerar que estas fechas están entre las más frecuentemente señaladas por orientaciones arquitectónicas, Tichy (1976: 11; 1991: 97, 122) y Broda (1993: 260s) sugieren que su importancia es de origen prehispánico. De hecho, la popularidad universal de la fiesta de la Santa Cruz entre los grupos indígenas que pueden considerarse herederos de la tradición mesoamericana concuerda con la distribución casi panmesoamericana de los alineamientos de la llamada familia de 17°. Ahora bien, si las fechas alrededor del 1 de mayo se relacionaban con rituales para la lluvia y el simbolismo de la fertilidad ya en la época prehispánica y a nivel suprarregional, es obvio que, por alguna razón, adquirieron un significado simbólico y ritual que era compartido por diversas sociedades mesoamericanas, independientemente de las variaciones locales y regionales en cuanto al inicio exacto de la época de lluvias. De no haber existido un consenso respecto a la importancia simbólica de estas fechas, no sería tan acentuada la concentración de las declinaciones y alineamientos correspondientes, ya que el comienzo de la temporada de lluvias, además de variar ligeramente en función de la región, no coincide con exactitud y permanencia con un intervalo de días tan estrechamente delimitado.

Es de suponer, por lo tanto, que existía un *ciclo agrícola ritual o ceremonial*, más canónico que uno estrictamente asociado con actividades prácticas particulares, consistiendo en rituales específicos que se realizaban en ciertas fechas, determinadas mediante observaciones astronómicas y materializadas en orientaciones arquitectónicas y otros alineamientos que formaban parte del paisaje cultural.⁹ Los datos etnográficos apoyan la conclusión: si recordamos que los alineamientos de la familia de 17° se refieren a *cuatro* momentos del año trópico, es significativo que las fechas correspondientes –alrededor del 10 de febrero, 1 de mayo, 10 de agosto y 1 de noviembre– siguen teniendo importancia especial en comunidades indígenas actuales (Broda 1993: 260ss). Diversas supervivencias, en su mayoría entremezcladas con el simbolismo de festividades cristianas, revelan el significado predominantemente agrícola de estas fechas. De hecho, ya Iwaniszewski (1986a; 1993: 291) relacionó las fechas señaladas por las orientaciones de la familia de 17° con algunas de estas festividades actuales y también con ciertas fiestas de los meses del calendario mexica.

La importancia de las fechas a principios de febrero parece sobrevivir en la fiesta de la Virgen de la Candelaria, que se celebra el 2 de

⁹ El ciclo agrícola ritual de los mexicas fue reconstruido por Broda (1971; 1983; 1991b), con base en los datos sobre las fiestas calendáricas proporcionados por los cronistas del siglo XVI.

febrero (Broda 1993: 261) y comúnmente incluye la bendición de semillas (Girard 1948: 33, 40; Albores 1997: 409). También son significativos los restos del calendario prehispánico que se conservan en algunas comunidades. Entre los tzotziles de San Pedro Chenalhó, Chiapas, el año calendárico indígena, "congelado" en el año cristiano (Edmonson 1988: 260), invariablemente comienza con el 27 de diciembre, que corresponde al primer día del primer mes Tzum. Sin embargo, el año agrícola y ritual, relacionado con el ciclo de cultivo del maíz, empieza con la ceremonia cuyo objetivo es asegurar las mieses y que se realiza en el día 10 del mes Sisak, que cae en el 14 de febrero (Guiteras-Holmes 1961: 32s; López Austin 1994: 114ss). El año calendárico chinanteco, que también mantiene una correlación fija con el año gregoriano, comienza con el 10 de febrero (Weitlaner y Weitlaner 1946: tabla 2). Según Girard (1948: 21s; 1949: 412s), los chortís comienzan su año agrícola con la fecha 8 de febrero, determinándola mediante observaciones del Sol (los datos de Girard no son del todo confiables: véase la sección "Alineamientos de la familia de 17°" de este capítulo).

Las ceremonias más ubicuas y populares son las que se realizan desde finales de abril hasta principios de mayo y cuyo objetivo principal es la petición de lluvias; normalmente culminan con el día de la Santa Cruz, 3 de mayo (a veces 4 de mayo), pero algunas se relacionan también con la fiesta de San Marcos, el 25 de abril (Wisdom 1940: 437ss; La Farge y Byers 1931: 174; Guiteras-Holmes 1961: 33; Girard 1948: 33, 39s; Bonfil 1968: 116ss; Sepúlveda 1972: 540; 1973; Iwaniszewski 1986a: 505ss; Villela 1990: 5ss; Tichy 1982: 78; 1991: 122; Tedlock 1991: 182; Broda 1983: 153; 1991a: 476ss; 1993: 260ss; Katz 1994: 106; Good 1996: 281; Hémond y Goloubinoff 1997: 249ss; Albores 1997: 410ss). Las fiestas de la Santa Cruz representan el fin de la estación seca y el inicio de la época de lluvias (López Austin 1994: 120, 133, 162).

El significado de las fechas de agosto, que se refleja en rituales agrícolas asociados con las fiestas de San Lorenzo y de la Asunción de la Virgen, celebradas el 10 y el 15 de agosto, respectivamente (Girard 1948: 42; Villela 1990: 7; Broda 1993: 261; Katz 1994: 116, nota 3; Good 1996: 281; Albores 1997: 421s), parece relacionarse con la canícula, época del año en la que se interrumpen las lluvias durante unas semanas, ocasionando el temor de que la prolongación excesiva de este período perjudique el crecimiento del maíz y fomente la proliferación de las plagas (Girard 1948: 40ss; Hémond y Goloubinoff 1997: 254s; Stanislaw Iwaniszewski, comunicación personal, octubre de 1997).

Por último, las ceremonias vinculadas con los días de Todos los Santos y Fieles Difuntos, realizadas entre el 31 de octubre y el 4 de no-

viembre, tienen que ver con el fin de la época de lluvias y comúnmente incluyen rituales de agradecimiento que corresponden a la terminación del ciclo agrícola (La Farge 1947: 77s; Bonfil 1968: 116, 120; Broda 1993: 260, 263; Katz 1994: 106; López Austin 1994: 120, 162; Good 1996: 280s; Hémond y Goloubinoff 1997: 257s; Albores 1997: 422ss). La estrecha relación conceptual entre los muertos y la agricultura está atestiguada no sólo en la cosmovisión mesoamericana (Guiteras-Holmes 1961: 34; Fought 1972: 294; Carlsen y Prechtel 1991; Katz 1994: 106, 115; Šprajc 1996b: 138; Good 1996) sino también en otras culturas (Frazer 1944: 370ss; Eliade 1972: 289ss). Según Charlton (1970a: 203), el 29 de octubre, día de Cristo Rey, se celebra una misa en la cumbre del cerro Gordo, cerca de la pirámide tolteca-azteca que domina el valle de Teotihuacan. También cabe agregar que el año ritual de los tzotziles de San Pedro Chenalhó termina con la ceremonia de agradecimiento el día 10 del mes Pom, que corresponde al 6 de noviembre (Guiteras-Holmes 1961: 33s), mientras que los chortís concluyen su ciclo agrícola el 24 o 25 de octubre (Girard 1948: 21).

Podemos observar que las fechas mencionadas, cuya importancia ritual en las comunidades indígenas actuales aparentemente es de origen prehispánico (2, 8, 10 y 14 de febrero, 25 de abril a 4 de mayo, 10 y 15 de agosto, 31 de octubre a 6 de noviembre), no coinciden con exactitud con las fechas que corresponden a los alineamientos de la familia de 17° y que, casi todas, caen entre el 8 y 12 de febrero, 29 de abril y 3 de mayo, 10 y 14 de agosto y 29 de octubre y 2 de noviembre (véase la sección "Alineamientos de la familia de 17°" de este capítulo). Broda (1993: 261) relaciona la importancia de la fiesta de la Virgen de la Candelaria con el hecho de que el día 2 de febrero correspondía en el calendario juliano del siglo XVI a la fecha 12 de febrero del calendario gregoriano, que es una de las más frecuentemente señaladas por orientaciones. Sin embargo, la diferencia de diez días en este caso ha de ser fortuita, ya que las demás fechas mencionadas y ritualmente importantes en la actualidad no guardan la misma relación con las fechas señaladas por alineamientos y, además, no son exactamente las mismas en distintas comunidades. En el caso de las fiestas cristianas que asimilaron rituales prehispánicos, parece que el significado de cierta fecha prehispánica fue transferido a la fiesta más cercana que estaba disponible en el calendario cristiano;¹⁰ las discrepancias que

¹⁰ McAndrew (1965: 62) menciona: "The friars replaced – which was not the same as continuing – some of the heathen festivals with Christian ones, much as earlier priests had replaced the pagan festivals of fourth- and fifth-century Rome or Near Eastern cities with coincident Christian ones." Sin embargo, estas sustituciones deben haber sido comúnmente sugeridas o fomentadas por los nativos, con el motivo de hacer coincidir las celebraciones cristianas con sus propios festejos; algunas fusiones de los santos con deidades prehispánicas fueron notadas, con desagrado, ya en tiempos tempranos de la cristianización (López Austin 1973: 76).

existen entre las fiestas cristianas referidas y las fechas señaladas por orientaciones prehispánicas varían y, por tanto, no permiten establecer el momento en que se realizó la fusión, aunque la coincidencia cercana de diversas festividades con las fechas correspondientes a alineamientos sugeriría que el proceso fue consumado después del año 1583, en el que fue adoptada la reforma gregoriana en México y Guatemala (Caso 1967: 98s).

En este contexto cabe recordar que los ritos agrícolas y propiciatorios de lluvia se realizan –o se realizaban hasta épocas recientes– también en Europa; aunque no en todas partes se relacionan con los mismos santos y fechas (*cf.* Katz 1994: 107s), hay que decir que las fiestas de San Marcos y de la Santa Cruz se vinculan con las peticiones de lluvia y de buenas cosechas también en la España mediterránea (Mesa *et al.* 1997: 108s, 111, 118). Sería sumamente importante, por tanto, dilucidar las proporciones entre los elementos hispanos y autóctonos contenidos en el sincretismo religioso que se manifiesta en las festividades actuales de los nativos mesoamericanos. No obstante, es muy probable que las ceremonias indígenas asociadas a los cuatro momentos importantes del año discutidos arriba conserven el significado que tenían estas fechas, materializadas en orientaciones arquitectónicas, en la época prehispánica; y que el destacado papel y el simbolismo de estas celebraciones, a pesar de su vestidura cristiana, no puedan atribuirse únicamente a la difusión de Europa implementada por los misioneros españoles: parece que los santos cuyas fiestas no caen en momentos claves del ciclo estacional y agrícola, aun si en Europa se relacionan con ciertos fenómenos meteorológicos (por ejemplo, Santa Bárbara), no cobraron importancia entre los indígenas mesoamericanos (Hémond y Goloubinoff 1997: 259).

Es posible que las fiestas de San Isidro Labrador (15 de mayo), San Antonio (13 de junio), San Pedro (29 de junio) y Santiago (25 de julio), en algunos lugares relacionadas con rituales agrícolas y la petición o reconfirmación de las lluvias (Girard 1948: 39s; Sepúlveda 1972: 540; Tichy 1976: 11; 1991: 123, tabla 7-3; Katz 1994: 106; Hémond y Goloubinoff 1997: 254s), también reflejen la importancia de ciertas fechas señaladas por alineamientos prehispánicos: las fechas 15 de mayo (San Isidro) y 25 de julio (Santiago) corresponden al grupo de declinaciones cerca de 19° (figura 8) –algunas de estas declinaciones podrían relacionarse con los pasos zenitales del Sol (*v. supra*)–, mientras que las fechas 13 de junio (San Antonio) y 29 de junio (San Pedro) quizá representen sustitutos del solsticio de verano.

Los datos y argumentos expuestos sugieren que algunos grupos de alineamientos, particularmente los pertenecientes a la familia de 17° , se refieren a ciertas fechas del año que representaban momentos importantes del ciclo agrícola ceremonial o canónico, pero no acla-

ran el porqué de la importancia de estas fechas y tampoco el significado de los demás alineamientos. Estas cuestiones se discuten más adelante en este capítulo, en la sección "Calendarios observacionales".

Desviación prevaleciente de orientaciones al sur del oriente

Al observar que las orientaciones en la arquitectura mesoamericana manifiestan tres grupos, estando los edificios de un grupo orientados aproximadamente hacia el norte verdadero y los otros dos desviados unos 7° y 17° al este del norte, Macgowan (1945) apuntó que casi nunca encontramos desviaciones al poniente del norte. Esta tendencia en las orientaciones mesoamericanas ha sido ampliamente confirmada (Aveni 1975; 1980; 1991a: 266ss; Aveni y Gibbs 1976; Aveni y Hartung 1986: 10ss; Ponce de León 1982; Tichy 1991) y es notable también en los histogramas de las figuras 4-7. Aunque encontramos excepciones en todos los periodos, parece que las orientaciones hacia el oeste del norte eran más comunes en el Preclásico (Aveni 1991a: 266). Puesto que las orientaciones mesoamericanas pueden asociarse, en su mayoría, con el Sol, parece más conveniente hablar de desviaciones al norte o al sur del este o el oeste verdadero.

A consecuencia de la prevaleciente desviación de las orientaciones arquitectónicas al sur del oriente, manifiesta en los histogramas de azimuts (figuras 4-7), las declinaciones negativas que corresponden a las fechas en otoño e invierno son señaladas predominantemente en el horizonte oriente, mientras que las declinaciones positivas, correspondiendo a las fechas en primavera y verano, son registradas en el horizonte poniente. La práctica predominante de orientar los edificios al sur del oriente, o visto de otra manera al norte del poniente, no pudo ser dictada por motivos observacionales, ya que las mismas fechas pueden ser señaladas tanto por las salidas como por las puestas del Sol: las orientaciones arquitectónicas hubieran podido registrar las fechas otoñales e invernales en el horizonte poniente y las fechas primaverales y estivales en el horizonte oriente, con la única diferencia de que en este caso estarían desviadas al sur del poniente (al norte del oriente). Incluso podríamos argumentar que tales orientaciones, que corresponderían a las puestas del Sol en la época seca y a sus salidas en la época de lluvias, hubieran facilitado las observaciones: en la época de lluvias es más probable que el cielo esté despejado en la mañana que en la tarde. De hecho, las declinaciones negativas/positivas más frecuentemente marcadas por los rasgos prominentes del horizonte no están tan estrictamente asociadas con el horizonte este/oeste como las registradas por las orientaciones arquitectónicas: por ejemplo, mientras que todas las declinaciones alrededor de los 15° (fechas alrededor del

1 de mayo y el 10 de agosto) señaladas por estructuras corresponden a su registro *poniente*, en varios casos esas mismas declinaciones/fechas son registradas por prominencias en el horizonte *oriente* (figuras 8-11). Es decir, los cerros que señalaban ciertas fechas significativas al parecer podían estar tanto en el horizonte oriente como en el poniente, en tanto que los edificios fueron orientados, en la mayoría de los casos, hacia las *puestas del Sol en la temporada de lluvias*, aunque las observaciones de este evento deben haber sido frecuentemente impedidas por condiciones adversas de tiempo.

En relación con la orientación de la traza urbana de Teotihuacan, Dow (1967: 333) comenta que las desviaciones de hasta unos 30° al norte del oeste tienen ventajas prácticas, porque en las tardes de verano permiten el paso de los rayos solares a lo largo de las calles, incrementando de esta manera la disponibilidad de la luz, mientras que en las tardes de invierno hacen posible el asoleo de los muros meridionales y el almacenamiento del calor, útil para mitigar el frío de las noches. También Carlson (1982: 54s), en su estudio sobre Mayapán, relacionó la costumbre de orientar los edificios al sur del oriente con peculiaridades climáticas, sugiriendo que de esta manera pudo aprovecharse mejor el sol matutino en la época más fresca del año. Hay que advertir, sin embargo, que las desviaciones al sur del este están incorporadas de manera particularmente consistente en los edificios ceremoniales, para cuya orientación el motivo mencionado no parece de tanta trascendencia; extraña, además, que esta tendencia no esté tan acentuada en las orientaciones del Preclásico, aunque esperaríamos que en épocas tempranas de Mesoamérica, cuando los templos eran más parecidos a estructuras habitacionales, las orientaciones de éstas, dictadas por motivos prácticos, hubieran influido también en la orientación de los edificios rituales. Aunque las evidencias no son contundentes, creo que las desviaciones prevalecientes en la arquitectura mesoamericana tienen que ver, más bien, con el simbolismo relacionado con los rumbos del universo: por alguna razón, los edificios cívico-ceremoniales debían, de preferencia, señalar *las fechas en la época de lluvias en el horizonte poniente, y las de la temporada seca en el oriente*.

En la cosmovisión y religión mesoamericanas, la estación de lluvias era la "época oscura" del año, relacionada con la noche, la Luna, Venus, las estrellas, la tierra, el inframundo y el principio femenino, mientras que la temporada seca era dominada por la fuerza masculina, solar, ígnea y celeste (Broda 1983: 156s; López Austin 1994: 120, 149). Ahora bien, el Sol se relaciona con el oriente, mientras que la Luna preside el occidente, rumbo del Sol nocturno y patria del maíz (Šprajc 1993a; 1993b; 1996a: 50, 59ss, 63s, 129; 1996b: 186ss). Datos aún más explícitos fueron obtenidos por Lehmann (1928: 766ss) entre los mixe-popolucas: el Sol y Venus matutino, gobernando en la época seca,

son dueños del *oriente y del sur*, en tanto que el *poniente y el norte* están bajo el dominio de la Luna y de Satanás, numen de la lluvia.

Las bases de estos conceptos han de buscarse, no cabe duda, en la realidad natural. El oriente es el rumbo del Sol por excelencia, puesto que es allí donde cada día "nace" el astro diurno; la fuerza del Sol es obviamente más patente en la época seca, por lo que la relación de este periodo del año con el oriente parece ser lógica. En el poniente, en cambio, "nace" la Luna: después de su corto periodo de invisibilidad alrededor de la conjunción con el Sol, la Luna aparece en el cielo occidental, poco después de la puesta del Sol. La asociación de la Luna con el agua y la fertilidad parece ser universal, probablemente por la relación observada entre la alternancia de sus fases y el ciclo menstrual de la mujer (Eliade 1972: 150ss; Šprajc 1996b: 188s). Por consiguiente, la conexión del poniente con la lluvia ha de representar una extensión del simbolismo lunar, pero también puede haberse derivado de las características del desplazamiento de Venus: cuando es visible como *estrella de la tarde en el cielo occidental*, el planeta alcanza sus extremos norte entre abril y junio y sus extremos sur entre octubre y diciembre. Es decir, los extremos de Venus vespertino, cuya asociación con la lluvia y la fertilidad está ampliamente atestiguada, aproximadamente delimitan la época de lluvias y el ciclo agrícola (Šprajc 1993a; 1993b; 1996a; 1996b: 35, 75ss). Los conceptos de los mixe-popolucas referidos arriba son perfectamente congruentes con los fenómenos astronómicos y climáticos: Venus como estrella de la tarde se encuentra al inicio de la estación de lluvias al norte del poniente, donde también se pone el Sol en esta época del año; en la temporada seca, en cambio, tanto el Sol como Venus, si es visible como lucero del alba, están al sur del oriente. Desde luego, el Sol en la época de lluvias no sólo se pone al norte del oeste sino también sale al norte del este, mientras que en la época seca se desplaza al sur de la línea este-oeste, tanto al salir como al ocultarse. Sin embargo, la dirección *noroeste* debe haber sido asociada con la época de lluvias porque ésta se vinculaba con el *oeste*: es allí donde se encuentra la casa de la Luna, deidad de la tierra, el agua y la fertilidad, y es allí donde Venus, en su manifestación vespertina, marca el principio y el fin de la temporada húmeda del año.¹¹

Estos parecen ser los motivos por los que las orientaciones arquitectónicas debían, idealmente, señalar las fechas en la época de lluvias en el poniente y las de la otra mitad del año en el oriente. Es probable que la importancia del occidente y, por ende, de la época de lluvias esté reflejada también en el hecho de que los templos miran

¹¹ Es interesante que los rumbos más importantes para los hopis del Suroeste estadounidense son los que corresponden a la puesta del Sol en el solsticio de verano (noroeste) y a su salida en el solsticio de invierno (sureste) (McCluskey 1990: S1s).

con sus accesos predominantemente hacia el poniente (v. *supra*, secciones "Azimuts de los alineamientos" y "Declinaciones y fechas correspondientes a los alineamientos" de este capítulo).

Intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos

Los cuadrados que componen los histogramas en las figuras 12-15 corresponden a intervalos entre las fechas señaladas por estructuras y cerros prominentes del horizonte de cada sitio. Cada alineamiento solar señala en una misma dirección dos fechas al año (salvo los solsticiales) y, por tanto, dos intervalos cuya suma es siempre de 365 días, por lo que ambos pueden representarse con un solo cuadrado: en el renglón superior de la escala horizontal de cada histograma se señalan intervalos cortos y en el inferior sus complementos al año de 365 días. En el caso de intervalos que separan fechas señaladas por *dos* alineamientos, éstos marcan *cuatro* fechas que, por ende, delimitan *dos* intervalos cortos: uno cuando el Sol se desplaza hacia el norte y el otro cuando se mueve en la dirección opuesta; los dos intervalos no siempre son exactamente iguales (debido a la variable velocidad del desplazamiento aparente del Sol en el transcurso del año), pero son parecidos, por lo que en estos casos es el promedio de ambos intervalos el que determina la ubicación del cuadrado correspondiente en el histograma. Como se observa en la escala horizontal, las columnas de cuadrados están espaciadas en intervalos de dos días (indicándose los números en intervalos de cuatro días): por ejemplo, todos los intervalos mayores de 103 y menores o iguales a 105 días (mayores o iguales a 260 y menores de 262 días) están incluidos en una sola columna. El significado de los números que aparecen dentro de los cuadrados se explica en los comentarios a las figuras 12-15.

En la figura 12, que presenta intervalos registrados en todos los sitios considerados, se observan las tendencias con mayor claridad que en las figuras 13-15, en las que la misma información está separada por periodos. La distribución de los intervalos graficados no es aleatoria. Podemos notar que la columna más alta corresponde a intervalos entre 13 y 15 días, aparentemente reflejando la intención de lograr intervalos de 13 días, por lo que también llaman la atención las concentraciones entre 25 y 27, 37 y 39, 51 y 53, 65 y 67, 77 y 79, 89 y 91, 103 y 105, 129 y 131, 155 y 157, 167 y 169, y 181 y 183 días: la característica común de los intervalos que conforman estos grupos es que son o se acercan a los múltiplos de 13 días: 26, 39, 52, 65, 78, 91, 104, 130, 156, 169 y 182 días. Por otra parte, podemos observar grupos de intervalos alrededor de 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160 días (figura 12); evidentemente se trata de múltiplos de 20 días.

INTERVALOS

TODOS LOS SITIOS

Intervalos entre las fechas registradas por

- 1 una misma estructura, ambas en el horizonte este;
- 2 una misma estructura, ambas en el horizonte oeste;
- 3 una misma estructura, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 4 dos estructuras, ambas fechas en el horizonte este;
- 5 dos estructuras, ambas fechas en el horizonte oeste;
- 6 dos estructuras, una fecha en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 7 una a dos prominencias en el horizonte este;
- 8 una a dos prominencias en el horizonte oeste;
- 9 dos prominencias, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 10 una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el este;
- 11 una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el oeste;
- 12 una estructura y una prominencia del horizonte, una fecha en el este y la otra en el oeste.

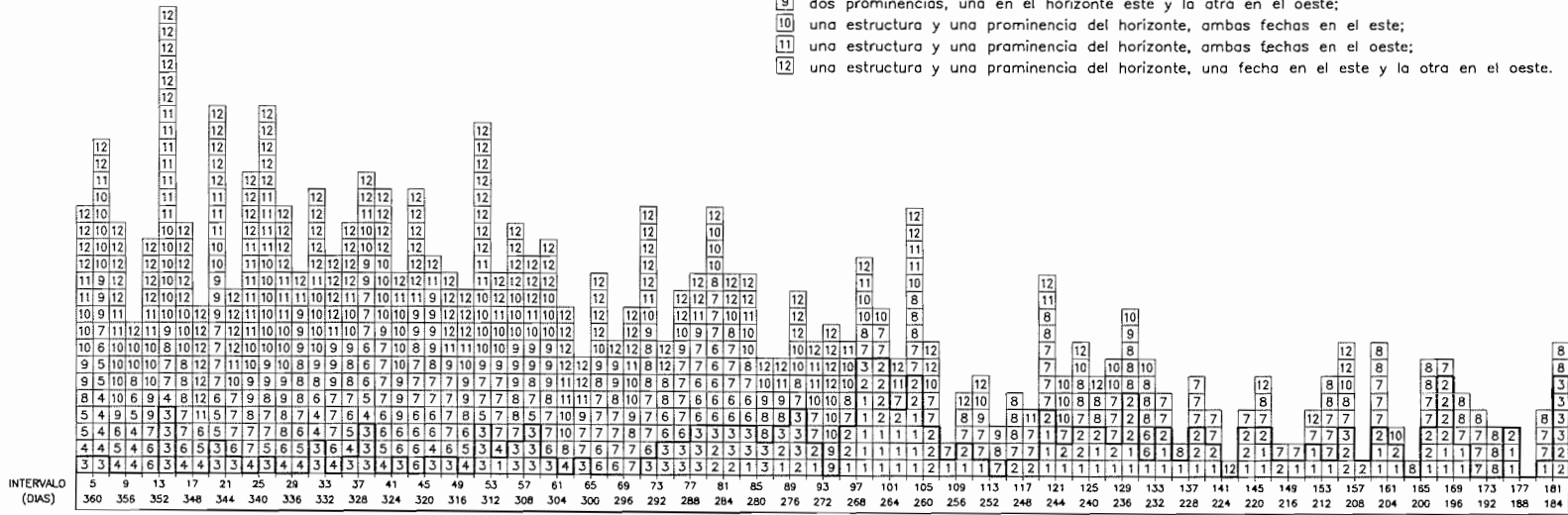


Figura 12. Distribución de intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos en todos los sitios.

INTERVALOS PRECLASICO

Intervalos entre las fechas registradas por

- 1 una misma estructura, ambas en el horizonte este;
- 2 una misma estructura, ambas en el horizonte oeste;
- 3 una misma estructura, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 4 dos estructuras, ambas fechas en el horizonte este;
- 5 dos estructuras, ambas fechas en el horizonte oeste;
- 6 dos estructuras, una fecha en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 7 uno o dos prominencias en el horizonte este;
- 8 una o dos prominencias en el horizonte oeste;
- 9 dos prominencias, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 10 una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el este;
- 11 una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el oeste;
- 12 una estructura y una prominencia del horizonte, una fecha en el este y la otra en el oeste.

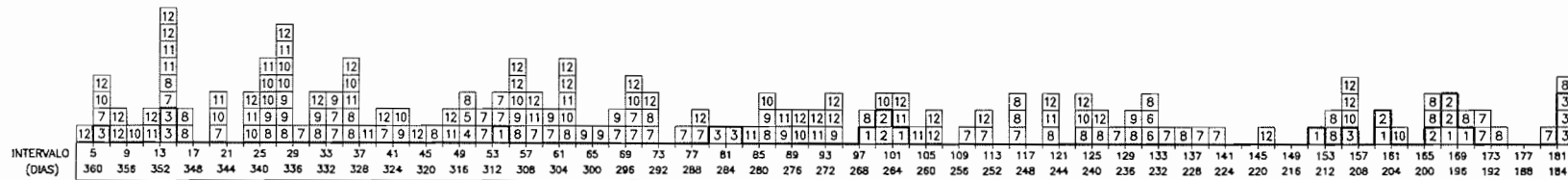


Figura 13. Distribución de intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos en los sitios preclásicos.

INTERVALOS CLASICO

Intervalos entre las fechas registradas por

- 1 una misma estructura, ambas en el horizonte este;
- 2 una misma estructura, ambas en el horizonte oeste;
- 3 una misma estructura, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 4 dos estructuras, ambas fechas en el horizonte este;
- 5 dos estructuras, ambas fechas en el horizonte oeste;
- 6 dos estructuras, una fecha en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 7 una o dos prominencias en el horizonte este;
- 8 una o dos prominencias en el horizonte oeste;
- 9 dos prominencias, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 10 una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el este;
- 11 una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el oeste;
- 12 una estructura y una prominencia del horizonte, una fecha en el este y la otra en el oeste.

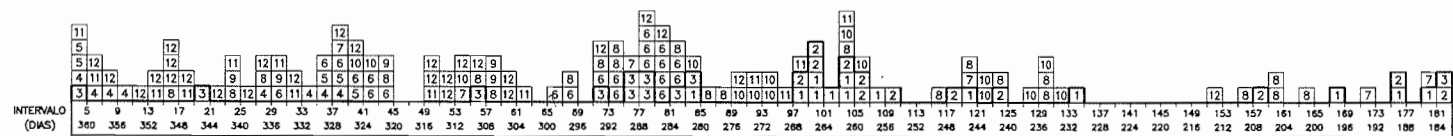


Figura 14. Distribución de intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos en los sitios clásicos.

INTERVALOS POSTCLASICO

Intervalos entre las fechas registradas por

- 1** una misma estructura, ambas en el horizonte este;
- 2** una misma estructura, ambas en el horizonte oeste;
- 3** una misma estructura, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 4** dos estructuras, ambas fechas en el horizonte este;
- 5** dos estructuras, ambas fechas en el horizonte oeste;
- 6** dos estructuras, una fecha en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 7** una o dos prominencias en el horizonte este;
- 8** una o dos prominencias en el horizonte oeste;
- 9** dos prominencias, una en el horizonte este y la otra en el oeste;
- 10** una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el este;
- 11** una estructura y una prominencia del horizonte, ambas fechas en el oeste;
- 12** una estructura y una prominencia del horizonte, una fecha en el este y la otra en el oeste.

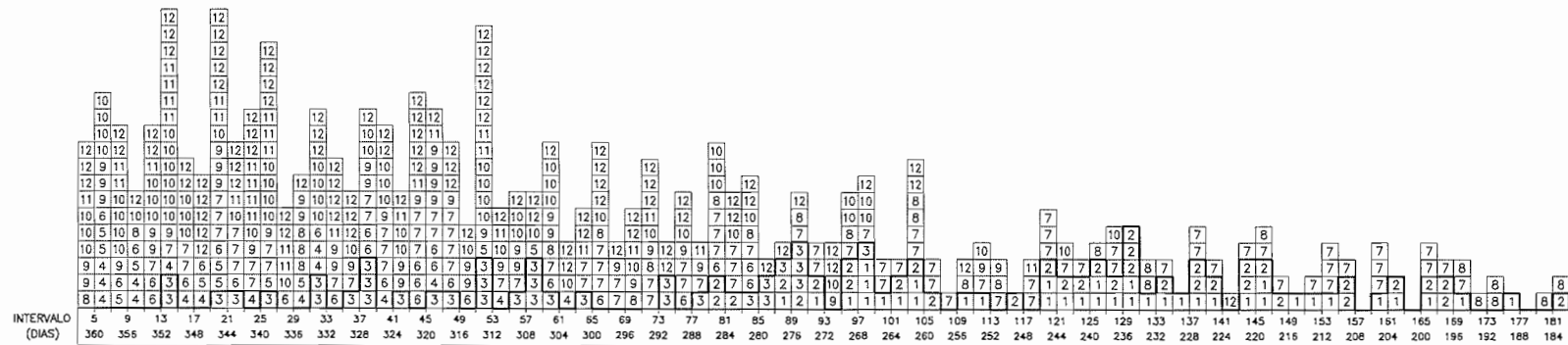


Figura 15. Distribución de intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos en los sitios posclásicos.

La frecuencia de intervalos cerca de 5, 45, 125 y 145 días podría deberse a que en estos casos son sus complementos (360, 320, 240 y 220 días, respectivamente) los que constituyen múltiplos de 20 días. La distribución de los intervalos en el Posclásico (figura 15) es muy parecida a la que manifiestan los intervalos marcados en todos los sitios (figura 12), probablemente porque los sitios posclásicos predominan en la muestra. En el Preclásico y Clásico (figuras 13 y 14) algunos grupos faltan, pero los intervalos particularmente frecuentes también son múltiplos de 13 y de 20 días.

Las concentraciones alrededor de los múltiplos de 13 y de 20 días concuerdan con la importancia de estos periodos en las cuentas calendáricas, atestiguada en los códices y otras fuentes (Thompson 1950: 247ss; Caso 1967: 31ss; Digby 1974: 278s; Siarkiewicz 1995). Parece que tanto las orientaciones de los edificios cívico-ceremoniales como los cerros prominentes en el horizonte hacían posible el uso de calendarios observacionales en los que las fechas señaladas estaban separadas predominantemente por intervalos de 13 y de 20 días y sus múltiplos, periodos indudablemente condicionados por las características del ciclo calendárico de 260 días: los calendarios observacionales compuestos por estos periodos pudieron manejarse con facilidad, ya que las salidas y puestas del Sol separadas por trecenas y sus múltiplos ocurrían en las fechas con el mismo numeral, en tanto que los eventos separados por periodos de 20 días y sus múltiplos ocurrían en las fechas que tenían el mismo signo de veintena.¹²

Algunos intervalos son frecuentes, pero no son múltiplos de trecena o veintena. Un grupo bastante numeroso corresponde a intervalos entre 27 y 29 días; si se trata de fechas separadas por un mes sinódico (29.530589 días) o sideral (27.321661 días) de la Luna, la concentración de intervalos cerca de 57 días podría referirse a dos meses lunares. El cómputo de meses sinódicos y siderales, en combinación con la cuenta calendárica de trecenas y sus múltiplos, ha sido etnográficamente documentado entre los quichés de Guatemala (Tedlock 1992: 31ss). Por otra parte, no hay que descartar la posibilidad de que estos intervalos tengan alguna relación con un antiguo calendario luni-solar, compuesto por 13 meses de 28 días. Caso (1967: 79ss), citando a Thompson, menciona indicios de la posible existencia de un calendario de este tipo en épocas tempranas de Mesoamérica, por lo que parece significativo que los intervalos cerca de 28 y 56 días son particularmente comunes en el Preclásico (figura 13).

¹² Para los 20 signos del ciclo de 260 días se han usado diferentes nombres, como "signos de los días" (Caso 1967: 8, *et passim*), "signos diurnos" (Siarkiewicz 1995: 15, *et passim*), o "signos de veintena" (Edmonson 1988: 5).

La frecuencia de intervalos cerca de 33 días probablemente se debe a que representan la suma de periodos de 20 y 13 días: si los alineamientos de un sitio señalan tres fechas separadas por intervalos de 20 y 13 días, uno de los intervalos resulta ser 33 días, ya que se han calculado intervalos de cada una a cada una de las fechas registradas en un sitio (salvo excepciones; véase capítulo 5, "Introducción"); también es posible que en un sitio se conozcan sólo alineamientos que marcan fechas separadas por el intervalo de 33 días, pero pudo haber existido otro, hoy desconocido, que subdividía este periodo en intervalos de 13 y de 20 días. Una explicación análoga es aplicable a la frecuencia de intervalos cerca de 46 días (20 + 26 días) y tal vez también a algún otro grupo, por ejemplo, a los intervalos cerca de 73 días (60 + 13), aunque en este caso pudo haber sido significativo el mismo número 73, importante en cálculos calendáricos.

Algunos calendarios observacionales tal vez incluían múltiplos de 9 días; de esta manera podrían explicarse las concentraciones cerca de 45 y 72 días, y tal vez algunos otros grupos, aunque es difícil asegurarlo: puesto que varios múltiplos de 9 días son cercanos a múltiplos de 13 o de 20 días (por ejemplo: $3 \times 9 = 27$ y $2 \times 13 = 26$; $9 \times 9 = 81$ y $4 \times 20 = 80$), no podemos saber cuáles eran los múltiplos intencionados. El cómputo por novenas aparece en los códigos, aunque no es muy frecuente (Thompson 1950: 256s; Caso 1967: 32s), y ha sido documentado también etnográficamente (Girard 1948: 34; Sepúlveda 1973). Recordemos que los eventos solares separados por múltiplos de 9 días hubieran caído en las fechas con el mismo Señor de la Noche (*cf.* Thompson 1950: 208ss; Caso 1967: 20s).

Como se explica en los comentarios a las figuras 12-15, los cuadrados con números 1, 2 y 3 corresponden a intervalos entre las fechas registradas por una sola estructura. Si supusiéramos que los calendarios observacionales incluían sólo las fechas señaladas por estructuras, y que las fechas registradas por distintos edificios de un sitio no formaban parte de un solo calendario observacional, deberíamos considerar como relevantes únicamente los intervalos entre las fechas de registro solar de cada estructura por separado, es decir, los que se representan en las figuras 12-15 con cuadrados marcados con números 1, 2 y 3 y separados de los demás con línea gruesa. Parece significativo que las frecuencias de estos intervalos son comparables a las que manifiestan todos juntos. El hecho justifica la inclusión de los demás intervalos en los histogramas y permite concluir que las fechas que formaban parte de calendarios observacionales eran señaladas tanto por estructuras como por rasgos prominentes del horizonte local. En los grupos de los intervalos marcados por una sola estructura encontramos tanto los que separan las fechas señaladas en el horizonte oriente (cuadrados con número 1) como los que separan las fechas

registradas en el poniente (cuadrados con número 2) y en ambos horizontes (cuadrados con número 3): éste es un indicio más de que las orientaciones arquitectónicas eran astronómicamente funcionales en ambas direcciones, como he argumentado arriba (en la sección "Declinaciones y fechas correspondientes a los alineamientos").

Podemos observar también que la distribución de los intervalos entre las fechas registradas por varias estructuras de un sitio, representados con cuadrados con números 4, 5 y 6, sigue las tendencias generales; es decir, frecuentemente un calendario observacional debe haber incorporado fechas señaladas por varias estructuras del sitio.

Si en los grupos más significativos de intervalos (múltiplos de 13 y de 20 días) examinamos la distribución de los intervalos entre las fechas señaladas por los cerros en el horizonte, detectamos que los que separan fechas registradas en el horizonte oriente (cuadrados con el número 7) son más frecuentes que los que separan fechas marcadas en el horizonte poniente (cuadrados con el número 8), sugiriendo que para calendarios de horizonte había cierta preferencia por el uso del horizonte oriente. Es interesante que también los pueblos del suroeste norteamericano prefieren observar las salidas del Sol. Zeilik (1985a: S6; 1991: 547) explica esta costumbre con dos motivos, uno práctico y otro cultural: al observar el primer rayo del Sol saliente es más fácil fijar el punto correspondiente en el horizonte que al observar el último rayo a la puesta del Sol; por otra parte, los indios pueblo, y particularmente sus funcionarios religiosos, acostumbran hacer oraciones al Sol saliente todas las mañanas.¹³ No obstante, Zeilik (*ibid.*) subraya que también se observan las puestas del Sol, sobre todo si existen buenos marcadores a lo largo de la línea del horizonte poniente.

Los intervalos entre las fechas registradas por dos prominencias, una en el horizonte oriente y la otra en el poniente (cuadrados con el número 9), son relativamente escasos, probablemente porque en muchos sitios no hay cerros prominentes en ambos horizontes. En vista de las analogías etnográficas del Suroeste de los Estados Unidos, es posible que también en Mesoamérica cualquier rasgo fácilmente identificable del horizonte sirviera como marcador astronómico. Sin embargo, por argumentos metodológicos expuestos en el capítulo 3, "Rasgos del horizonte local", sólo he considerado las cumbres de los cerros prominentes.

Aquí hay que advertir que cierta dispersión de los intervalos alrededor de los valores más significativos se debe no sólo a los posibles errores en los azimuts (y, por tanto, en declinaciones y fechas correspon-

¹³ Somerville (1927: 32) opina que el regreso diario del Sol por el oriente debe haber sido más llamativo que su desaparición por el occidente.

dientes) determinados para las orientaciones arquitectónicas (los márgenes de error estimados para cada orientación se señalan en el capítulo 5) sino también al hecho de que muchos intervalos graficados son registrados por dos alineamientos, que en realidad señalan dos intervalos al año: la posición de los cuadrados correspondientes en los histogramas es determinada por el *promedio* de ambos intervalos (*v. supra*), aunque para los observadores pudo ser particularmente importante sólo uno, cuya duración correspondía al periodo requerido con exactitud. Además, es obvio que no todos los intervalos graficados fueron logrados intencionalmente: como se explica en el capítulo 3, "Rasgos del horizonte local", en cada sitio medí alineamientos hacia todos los picos prominentes en el horizonte (dentro del ángulo de desplazamiento del Sol); puesto que no es posible que todos tuvieran la función calendárica, no todos los intervalos resultantes son significativos. Tampoco es probable que todos los intervalos entre las fechas registradas por estructuras fueran intencionales: no siempre podemos tener la seguridad de que tanto el registro oriente como el poniente de una estructura era funcional, o que las fechas señaladas por las orientaciones de dos estructuras del mismo sitio formaban parte de un mismo calendario observacional.

No obstante estos comentarios, los agrupamientos de intervalos en las figuras 12-15 son notables y difícilmente atribuibles al azar, indicando que no sólo eran importantes e intencionalmente logradas las fechas señaladas por los alineamientos sino también los intervalos entre ellas.

Aquí cabe recalcar que difícilmente podemos sobrevaluar la importancia que debe haber tenido el conteo por intervalos entre los antiguos mesoamericanos. En primer lugar, hay que recordar que el año de 365 días no mantenía una concordancia permanente con el año trópico (*cf. infra*, "Argumentos en contra de las intercalaciones en el calendario mesoamericano"), por lo que ciertas fechas de este ciclo calendárico no conservaban la correlación fija con determinados momentos del año de las estaciones. En nuestro calendario gregoriano, la fecha 20-21 de marzo, por ejemplo, siempre corresponde al equinoccio vernal; las variaciones de ± 1 día se deben al sistema de intercalaciones. En cambio, la fecha 1 Atlcahualo, por ejemplo, no mantuvo su relación con un mismo momento del año trópico más allá de cuatro años, por lo que no pudo servir como referencia permanente para realizar ciertos rituales o trabajos que estaban, por necesidad, relacionados con un cambio estacional. Por consiguiente, una fecha importante del año trópico, puesto que no tenía nombre calendárico, *sólo pudo expresarse mediante el intervalo que la separaba de algún momento astronómicamente identificable*. Asumiendo que las posiciones del Sol eran las más relevantes, estos momentos debieron ser, en primer lugar, los solsticios y los días del paso del Sol por el zenit: en ausencia de un calendario observacional ya

establecido, éstas son las únicas fechas del año trópico que son marcadas por fenómenos observables de manera "natural", es decir, por los extremos alcanzados por el Sol en su desplazamiento por el horizonte, y por la posición zenital del Sol a mediodía.¹⁴ Al contar los días a partir de una de estas fechas hasta algún momento o época del año que era importante desde el punto de vista práctico –por ejemplo, hasta el inicio o fin de la época de lluvias–, era posible determinar el intervalo que, una vez conocido, podía usarse para predecir este cambio estacional y programar las actividades correspondientes.¹⁵ El paso siguiente fue establecer la relación entre ciertos rasgos prominentes del horizonte y las posiciones del Sol en las fechas relevantes. Aunque el calendario de horizonte hacía prescindible el conteo de días año tras año, los intervalos no dejaron de ser importantes: al establecer un nuevo asentamiento y, por tanto, un nuevo punto de observaciones era necesario conocer los intervalos entre las fechas importantes para poder escoger los marcadores naturales del nuevo calendario de horizonte.

Ahora bien, es obvio que los intervalos que equivalían a periodos usados en el sistema calendárico formal y sus múltiplos eran mucho más fáciles de manejar que periodos arbitrarios. Es indudable que por esta razón las treceñas, veintenás y sus múltiplos predominan entre los intervalos graficados en las figuras 12-15. Siarkiewicz (1995) ejemplifica diversos usos posibles de los intervalos que componen las cuentas calendáricas en los códices centromexicanos, mientras que el reciente estudio de Aveni, Morandi y Peterson (1995; 1996) demuestra la enorme importancia que tenía el cómputo del tiempo mediante intervalos en los códices mayas.

Los histogramas en las figuras 12-15 muestran que los intervalos más frecuentes separan las fechas registradas por estructuras (cuadrados con números 1-6), por prominencias del horizonte (cuadrados con números 7-9), o por ambos tipos de alineamientos (cuadrados con números 10-12), lo que implica que las orientaciones arquitectónicas tenían la función de señalar fechas que podían combinarse de manera significativa con las marcadas por los cerros en el horizonte local. Los datos presentados sugieren que los calendarios observacionales que estaban en uso en el México central prehispánico eran de considerable complejidad.

¹⁴ La importancia de los solsticios en las épocas tempranas de Mesoamérica (*v. supra* "Función calendárica de los alineamientos") es explicable por el hecho de que los extremos solsticiales del Sol son más obvios que sus pasos zenitales. En los sitios preclásicos del centro de México sólo he detectado dos alineamientos que pueden relacionarse con las fechas del paso del Sol por el zenit (véase capítulo 5, "Preclásico: Xochitécatl, Tlaxcala").

¹⁵ Es de suponer que primero, en épocas tempranas, se contaban meses lunares, ya que la cuenta de días llegó a ser posible sólo al desarrollarse un sistema de numeración suficientemente avanzado.

Calendarios observacionales

Características generales

Como lo sugiere la distribución de las declinaciones (figuras 8-11), algunas fechas o grupos de fechas eran particularmente importantes, mientras que otras se encuentran relativamente esparcidas a lo largo del año. La distribución de intervalos, por otra parte, indica que los calendarios observacionales incorporaban fechas que tendían a estar separadas por periodos con ciertas características, predominantemente por múltiplos de 13 y de 20 días (figuras 12-15). Al reconocer estas tendencias, traté de reconstruir los posibles calendarios observacionales para sitios particulares, suponiendo que eran relevantes únicamente los múltiplos de 13 y de 20 días: aunque es posible que algunos intervalos fueran intencionalmente múltiplos de otros periodos (véase arriba, "Intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos"), el cómputo por treceñas y veintenenas parece ser el más claramente atestado en los histogramas.

Las fechas incluidas en los calendarios observacionales que se han podido reconstruir para varios sitios (véase capítulo 5) dividen el año en intervalos que son predominantemente múltiplos de 13 y/o de 20 días. En algunos casos casi todos los intervalos son múltiplos de 13 días: tal división es posible gracias a que el número de días en un año es casi múltiplo entero de 13 días ($365^d = 28 \times 13^d + 1^d$). En cambio, si la intención era dividir el año en múltiplos de 20 días, uno de los intervalos no pudo ser múltiplo de este periodo ($365^d = 18 \times 20^d + 5^d$). Comúnmente un solo calendario observacional está compuesto tanto por múltiplos de 13 días como por los de 20 días. Es decir, los esquemas observacionales reconstruidos dividen el año de tal manera que las fechas consecutivas de los fenómenos solares señalados por los alineamientos pudieron ser fácilmente calculadas con anticipación, de acuerdo con la mecánica conocida del calendario, sobre todo de la cuenta de 260 días.

En varios casos los intervalos entre algunas fechas registradas por los alineamientos en un sitio parecen significativos, por ser múltiplos de 13 o de 20 días, pero no se pueden componer en una secuencia continua de intervalos significativos que abarque todo el año. Tal vez los esquemas observacionales "completos" no existieron en todos los sitios; por otra parte, algunos intervalos, aunque parecen significativos, probablemente no fueron logrados a propósito.

Calendarios observacionales compuestos por veintenenas y sus múltiplos han sido propuestos para sitios particulares en diversas partes de Mesoamérica por Merrill (1945; cf. Aveni 1980: 29ss, figura 1.5; 1991a: 272ss, figuras 78 y 79; Tichy 1991: 148s, tabla 7-10),

Drucker (1977), Aveni y Hartung (1986: 36s, 39, 47, 57ss, 83ss, tablas 2 y 3), Aveni, Calnek y Hartung (1988: 301s), Šprajc (1990: 92ss, tabla 2; 1995: 590ss), Iwaniszewski (1994b: 168ss, tabla 3) y Morante (1993; 1996). Peeler (1989: 294) menciona que varias estructuras del Montículo I de San José Mogote, Oaxaca, fechadas en la fase Monte Albán II (principios de nuestra era), están orientadas hacia una muesca en el horizonte este, donde sale el Sol en las fechas 10 de marzo y 4 de octubre. Puesto que el intervalo que separa las dos fechas es de 157 días, es probable que la orientación intencionada en realidad marcara las fechas 9 de marzo y 4 de octubre separadas por el periodo de 12 trecenas (156 días): tanto las dos fechas como los intervalos de 156 días son frecuentemente señalados en los sitios del centro de México (figuras 8-15). Peeler (1989: 295ss) propone la existencia de un ciclo fijo de 260 días que comenzaba con el día 4 de octubre y cuyo día 157, correspondiendo al 10 de marzo, era 1 Movimiento, fecha que aparece en el Monumento 3 de San José Mogote. Los datos disponibles no permiten comprobar esta correlación perpetua de la cuenta de 260 días con el año trópico, pero el hecho observado por Peeler (1989: 297, cuadro 3) de que las fechas registradas por el alineamiento están separadas de los equinoccios y solsticios por intervalos que son, o se acercan a, múltiplos de 13 días parece significativo: esquemas comparables de calendarios observacionales se han podido reconstruir para varios sitios considerados en el presente estudio (capítulo 5).

Las más elaboradas de las hipótesis que tratan de explicar la distribución de los grupos de orientaciones en términos de calendarios observacionales son indudablemente las de Tichy (1976; 1981; 1982; 1990; 1991). En realidad se trata de tres modelos cuya característica común es la suposición de que las fechas señaladas por orientaciones arquitectónicas corresponden a los días iniciales o finales de ciertos periodos significativos (trecenas, veintenas o novenas) que componen un ciclo calendárico, correlacionado de manera invariable con el año trópico.

El primer modelo de Tichy (1991: 123ss), basado en la información etnográfica recopilada por Girard (1948; 1949; 1962) entre los chortís (*cf. infra*, "Alineamientos de la familia de 17°"), supone la existencia de un ciclo agrícola de 260 días, compuesto por múltiplos de veintenas, trecenas y novenas. Al observar que en el esquema de Girard estos periodos no están dispuestos simétricamente en ambos lados del solsticio de verano, Tichy (1991: 124) asume que no se trata de la secuencia original, que ha sido, por una u otra razón, alterada. Mientras que, según Girard, el inicio del ciclo agrícola corresponde al 8 de febrero, Tichy (1991: 124) construye un esquema "ideal", en el que los primeros o últimos días de los periodos consecutivos coinciden con el solsticio de

verano, los equinoccios y los pasos del Sol por el zenit en la latitud de 15° N. El ciclo comienza el 14 de febrero, con un periodo de 36 días (4 novenas) que termina el 21 de marzo (equinoccio vernal), el segundo periodo consta de 40 días (2 veintenas) y termina el 30 de abril, en tanto que el siguiente, de 52 días (4 treceñas) empieza el 1 de mayo (paso zenital del Sol) y finaliza el 21 de junio (solsticio de verano); a partir de este momento, los mismos periodos, pero en la secuencia inversa, llevan al 13 de agosto (paso zenital del Sol), 22 de septiembre (equinoccio otoñal) y 27 de octubre, terminando el ciclo de 260 días, después de 4 días adicionales, el 31 de octubre. Para lograr la coincidencia de los días significativos del ciclo con los pasos zenitales del Sol en otras latitudes, Tichy (1991: 125s, tabla 7-5) construye versiones del esquema para las latitudes de 18° y 19° , con inicios en las fechas 10 o 14 de febrero y con distintas secuencias de los periodos de 36, 40 y 52 días; a continuación relaciona varias orientaciones concretas con los valores azimutales que corresponden a las posiciones del Sol en los días significativos de sus esquemas (*ibid.*: 126ss).

En su segundo modelo Tichy (1991: 131ss) sugiere que existía un año calendárico agrícola compuesto por periodos o meses de 20 días, manteniendo la concordancia permanente con el año trópico. En el centro de México este calendario era idéntico al reportado por Sahagún en su *Historia general*, empezando con el 12 de febrero del calendario gregoriano. Según Tichy (1991: 136ss, fig. 7-5, tabla 7-8), varios grupos de orientaciones frecuentes en el México central, aunque no todos, corresponden a las posiciones del Sol en el horizonte en los últimos días de los meses de este esquema calendárico; también los días de mitad del año y, además, los pasos zenitales del Sol en la latitud de 20.5° N, caen en los días finales de cuatro meses.

Al desarrollar el tercer modelo, en el que postula el uso de treceñas en el calendario de orientaciones, Tichy (1991: 151ss) argumenta, en primer lugar, que el ciclo calendárico de 260 días tenía originalmente una posición fija en el año trópico, empezando con el 14 de febrero, ya que en este caso algunos días del ciclo asociados con deidades importantes caen en fechas astronómicamente significativas del año, a las que corresponden ciertas festividades tradicionales en la actualidad y orientaciones en la arquitectura prehispánica. Por otro lado, el autor supone que existía un calendario parecido al ciclo agrario de Girard, pero con el inicio en el solsticio de invierno y compuesto por 28 treceñas, por lo que cubría todo el año; los solsticios y los equinoccios o días de mitad del año, así como los pasos zenitales del Sol en las latitudes de 15° y 21° , caían en los primeros días de treceñas. Los azimuts de las posiciones del Sol en los días iniciales de treceñas están separados por ángulos cuyo promedio es 4.5° , pero forman dos series diferentes de valores azimutales, que corresponden a dos tipos

de calendarios incorporados en orientaciones: uno relacionado con las salidas del Sol (tipo invernal o maya) y el otro con las puestas (tipo estival o centromexicano), aunque los dos no estaban estrictamente separados (*ibid.*: 153ss, fig. 7-9, tabla 7-13; Tichy 1990).

El supuesto básico de los modelos de Tichy es que las fechas "naturalmente" significativas del año trópico deben caer en algunos días claves (iniciales o finales) de los periodos que componen sus esquemas calendáricos. Aun si este supuesto fuera una realidad, los esquemas contruidos parecen arbitrarios, ya que no todos incluyen las mismas fechas: el calendario basado en el ciclo agrícola de Girard, por ejemplo, incorpora los equinoccios, mientras que en otros esquemas son relevantes los días de mitad del año; los solsticios no están incorporados en todos los esquemas; las fechas de los pasos zenitales varían en función de la latitud geográfica, por lo que pueden acomodarse en distintos esquemas, postulando que éstos son válidos sólo para ciertas latitudes.

El hecho de que en su segundo esquema, compuesto por veintenas y con el inicio en 12 de febrero, algunos días claves del año trópico ocupan posiciones significativas le parece a Tichy (1991: 136) la evidencia más importante de que el calendario de Sahagún que comienza el 12 de febrero, era un verdadero calendario solar. A la luz de los estudios sobre los calendarios de Sahagún y sus diferentes correlaciones (v. *infra*, "Argumentos en contra de intercalaciones en el calendario mesoamericano"), el dato sobre el inicio del año el 12 de febrero no puede ser decisivo para sostener la hipótesis de que se trata de un mismo calendario observacional empleado en distintos lugares del México central, menos aún si consideramos el hecho aceptado también por Tichy (1991: 134, nota 56) de que había discrepancias notables en cuanto al principio del año indígena: incluso aceptando una concordancia fija del año calendárico con el año trópico, no es posible argumentar que, entre los diversos calendarios reportados, fuera relevante y representativo precisamente el de Sahagún (mejor dicho, una de sus variantes), simplemente porque se ajusta a nuestros postulados. De hecho, la supuesta correspondencia astronómica fue aducida para sustentar la validez de otra correlación calendárica: Aguilera (1990: 76) afirma –también bajo la premisa de que el año calendárico no se desfasaba respecto del año trópico– que "una prueba definitiva de la exactitud de la correlación de Caso en 1521 es que en este año estaba coordinada con los movimientos solares. Es altamente improbable que ésta fuera una coincidencia." Según esta correlación (Caso 1967: 65, tabla VI), en la que el primer día del mes Atlahualo corresponde al 23 de febrero del calendario gregoriano, el último día del mes Etzalcualiztli cae en el solsticio de verano (Aguilera 1990: 91). Es obvio que correlacionando el inicio del año calendárico con fechas tan sólo ligeramente diferentes

podemos lograr que uno u otro día final del mes coincida con algún día significativo del año trópico. Finalmente, el hecho más relevante es que, de acuerdo con la argumentación presentada más adelante (en la sección "Argumentos en contra de intercalaciones en el calendario mesoamericano"), el calendario formal no mantenía una concordancia perpetua con el año trópico y, por ende, no tiene sentido buscar correspondencias permanentes entre las fechas calendáricas y los días significativos del año trópico o aquellos registrados por alineamientos.

Explicando su tercer modelo, Tichy (1991: 153, 155) calcula que el promedio de los ángulos que recorre el Sol a lo largo del horizonte en intervalos de 13 días es 4.5° , y supone que el empleo de esta unidad angular facilitaba la planeación de las orientaciones que funcionaban en el calendario observacional compuesto por trecenas. Los argumentos de Tichy acerca de la unidad de medida angular como rectora de la distribución de las orientaciones han sido discutidos arriba ("Azimuts de los alineamientos"), y hay que agregar que esta propuesta no es compatible con las hipótesis que atribuyen a los alineamientos funciones astronómico-calendáricas. Si las orientaciones servían para marcar fechas separadas por intervalos de 13 días y sus múltiplos, el empleo de la unidad de 4.5° –en realidad, de cualquier unidad de medida angular– hubiera sido poco útil. El ángulo de desplazamiento del Sol en un intervalo de 13 días varía en función de la época del año tanto (entre $3^\circ 22'$ y $5^\circ 24'$, en la latitud de 20.5° N, según el cálculo de Tichy 1991: 155) que los alineamientos en intervalos azimutales de 4.5° hubieran señalado fechas separadas por periodos diferentes; aun si su promedio hubiese sido 13 días, las discrepancias entre este valor ideal y los intervalos entre las fechas realmente registradas hubieran sido tales que resulta difícil imaginar la funcionalidad observacional de las orientaciones particulares diseñadas de acuerdo con este sistema geométrico, más aún si consideramos que las diferencias azimutales entre las posiciones del Sol en el horizonte en determinados intervalos dependen no sólo de la época del año sino también de alturas del horizonte.

Por último, los diferentes modelos de Tichy incluyen tantas fechas que resulta relativamente fácil acomodar cualquier orientación en alguno de los esquemas propuestos, sobre todo si permitimos cierta tolerancia en cuanto al registro exacto de cada orientación: como lo ejemplifica el propio Tichy (1991: 155), una misma orientación, dependiendo de las fechas de registro solar que le asignemos, puede relacionarse con uno u otro esquema.

A pesar de estas observaciones críticas a las hipótesis específicas de Tichy, en particular sus intentos de interpretar las orientaciones de acuerdo con sus diversos modelos, es justo recalcar –como lo he hecho en otra ocasión (Šprajc 1992: S61)– que la monumental obra de

Tichy representa una contribución invaluable al reconocimiento de los principios generales de ordenamiento del tiempo y del espacio en Mesoamérica. Fueron precisamente sus ideas, tan sugerentes y controvertidas a la vez, las que en buena medida estimularon la presente investigación y encauzaron la búsqueda de datos concretos y exactos que permitieran verificarlas. Los resultados aquí expuestos, aunque no corroboran las hipótesis específicas de Tichy, sí confirman la validez fundamental de sus planteamientos generales. Las frecuencias de intervalos en las figuras 12-15 hacen patente la existencia de calendarios observacionales basados en treceñas y veintenás y sus múltiplos. Sin embargo, mientras que Tichy intenta establecer esquemas uniformes y aplicables a nivel regional y hasta suprarregional, los resultados del presente estudio sugieren que distintos sitios, incluso en una sola región, tenían calendarios observacionales diferentes: aunque muchas de las fechas señaladas por estructuras se encuentran evidentemente agrupadas, otras están relativamente dispersas a lo largo de todo el año (figuras 8-11), indicando que no eran importantes *per se*, es decir, por su posición en el año trópico, sino por su papel en los calendarios observacionales locales; la conclusión es apoyada tanto por las marcadas frecuencias de ciertos intervalos (figuras 12-15) como por el hecho de que los esquemas de calendarios observacionales basados en los mismos principios, aunque no en las mismas fechas, pueden reconstruirse para una gran parte de los sitios (véase capítulo 5). La diversidad de las fechas registradas por alineamientos se debe también a que, según los datos disponibles, los calendarios observacionales estaban comúnmente compuestos tanto por treceñas como por veintenás, combinando estos periodos y sus múltiplos, además, en secuencias diferentes. La existencia de distintos calendarios observacionales ha sido propuesta también para el área maya por Aveni y Hartung (1986: 57), quienes comentan que las variantes locales pueden entenderse en términos de la relativa autonomía de las entidades políticas, así como en función de las diferencias ambientales. Podemos recordar, además, que entre los indígenas pueblo del Suroeste estadounidense, a pesar de su unidad cultural, cada poblado cuenta con su propio observador del Sol y maneja su propio calendario agrícola y ceremonial (Zeilik 1985a: S2; 1989: 151).

Por otra parte, es evidente que algunas fechas sí tenían importancia suprarregional. Los solsticios y los días de cuartos del año, por ejemplo, deben haber sido referencias comunes de los calendarios observacionales; ahora bien, si éstos eran regidos por las mismas reglas y dictados por necesidades análogas, resulta comprensible que el cómputo de intervalos, ante todo treceñas y veintenás, llevaba en muchos casos a las mismas fechas del año. De este modo podemos explicar los grupos más frecuentes de alineamientos, sobre todo si consideramos que

algunos múltiplos de treceñas son muy cercanos a múltiplos de veintenas (por ejemplo, 39 y 40, 78 y 80), por lo que estos intervalos podían separar casi las mismas fechas. Puesto que los modelos de Tichy también se basan en la cuenta de treceñas y veintenas y, por otra parte, incluyen fechas significativas del año trópico (solsticios y días de mitad del año), no es de extrañar que varias orientaciones efectivamente correspondan a las fechas reconstruidas en sus esquemas.

Alineamientos de la familia de 17°

En este contexto enfoquemos la atención en las fechas más frecuentemente señaladas por alineamientos, aquellas que corresponden a la llamada familia de 17° y que caen cerca del 10 de febrero, 1 de mayo, 10 de agosto y 1 de noviembre. En realidad se trata de *dos* grupos de alineamientos, cuyas fechas de registro solar son diferentes, aunque cercanas.

Galindo (1990: S30ss; 1994: 124s, 129ss), Broda (1993: 261s, fig. 9.1) y Flores (1995: 131) observan que las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, por una parte, y 30 de abril y 13 de agosto, por la otra (± 1 día), dividen el año en intervalos significativos de 260/105 días; además, el solsticio de invierno se encuentra a 52-53 días de las fechas 30 de octubre y 12 de febrero, y el solsticio de verano a la misma distancia de las fechas 30 de abril y 13 de agosto (Morante 1993, III: 20ss; 1996: 96).¹⁶ El periodo de 260 días parece significativo, desde luego, por ser igual a la duración del ciclo sagrado usado en toda Mesoamérica, mientras que la importancia de los intervalos de 52-53 y 104-105 días puede relacionarse, según Galindo (1990: S30s; 1994: 125), con el significado calendárico de estos números, recordando que dos ciclos importantes en el calendario indígena tenían 52 y 104 años. No obstante, parece que estos intervalos eran importantes por sí mismos, por ser múltiplos de 13 días: el periodo de 52 días aparece con frecuencia en los códices, junto con otros múltiplos de treceñas que forman parte de las cuentas calendáricas (Thompson 1950: 253; Caso 1967: 31ss; Siarkiewicz 1995).

Antes de continuar, considero necesario hacer una advertencia. En algunas publicaciones encontramos inconsistencias en las fechas e intervalos citados. Galindo, por ejemplo, dice en un lugar (1990: S32) que las fechas 12 de febrero y 29 de octubre, así como 29 de abril y 13 de agosto, dividen el año en intervalos de 106 y 259 días, pero en

¹⁶ El intervalo de 52 días entre el solsticio de verano y el 13 de agosto fue advertido ya por Malmström (1978: 114; 1997: 87ss).

otra ocasión (1994: 124s, 129ss) afirma que los intervalos marcados por estas mismas fechas son 104 y 260 días. La confusión puede deberse a distintas maneras de calcular intervalos. Aparte de que un año no puede ser dividido en intervalos de 104 y 260 días (puesto que la duración del año en días enteros es de 365 días, mientras que $104 \text{ días} + 260 \text{ días} = 364 \text{ días}$), el lapso del 12 de febrero al 29 de octubre, así como del 13 de agosto al 29 de abril, es 260 días *sólo si contamos ambas fechas inclusive*. Este estilo de conteo, muy poco práctico para cálculos calendáricos (implicando que la distancia de hoy a mañana es 2 días), era usado por los antiguos romanos (supervivencia en español: "de hoy en ocho"), pero era incompatible con las características y la sofisticación del sistema calendárico mesoamericano. Tanto los números de distancia en las inscripciones mayas y los intervalos en los códices (cf. Thompson 1950: 157ss; Siarkiewicz 1995; Aveni *et al.* 1995; 1996) como las supervivencias etnográficamente documentadas del calendario prehispánico (cf. La Farge y Byers 1931: 153ss; Tedlock 1982; 1991) atestiguan claramente que los mesoamericanos calculaban distancias entre fechas de manera matemáticamente correcta, es decir, contando un día que delimita el intervalo exclusivo y el otro inclusivo. Fray Juan de Córdova (1886: 176, 190) es particularmente explícito en este respecto:

Y por la mesma orden si son diez y seys del mes, y pregunto a vno de aqui a que tantos dias saldra el mes? Responderme ha, huechino huyy. vel huechinoyy, que es dezir de aqui a catorze dias. Que aunque a nuestra cuenta son quinze, a la suya no son mas que catorze, porque nunca cuentan el dia presente. (Córdova 1886: 176)

Todos los intervalos que aparecen en el presente estudio han sido calculados a usanza mesoamericana. Por consiguiente, la distancia del 12 de febrero al 29 de octubre, y del 13 de agosto al 29 de abril, es *259 días*,¹⁷ como dice Galindo en su trabajo más temprano (1990: S32), mientras que el intervalo de 260 días separa las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, y 13 de agosto y 30 de abril. Los alineamientos registran estas últimas cuatro fechas.

Al realizar las mediciones en el campo encontré no sólo estructuras sino también prominencias del horizonte que señalan las fechas mencionadas (véase capítulo 5). Hay estructuras que registran las cuatro fechas, dos en el oriente (12 de febrero y 30 de octubre) y dos en el poniente (30 de abril y 13 de agosto), mientras que los cerros

¹⁷ La distancia es 260 días sólo si interviene el 29 de febrero de un año bisiesto, pero éste no puede servir como modelo para expresar fechas aproximadas de ciertos eventos solares, puesto que la duración del año trópico (365.24219 días) es más cercana a la del año común (365 días) que a la del bisiesto (366 días).

obviamente marcan sólo un par de fechas cada uno. Para las orientaciones de los edificios casi siempre hay que considerar un margen de error, debido al estado actual de los restos arquitectónicos; en cambio, los alineamientos hacia los cerros pueden determinarse con precisión y permiten llegar a conclusiones más detalladas. Las fechas señaladas por las prominencias del horizonte son, en estos casos, invariablemente 12 de febrero/30 de octubre y 30 de abril/13 de agosto. Dependiendo de la época para la que se determinan las fechas correspondientes a los alineamientos, puede haber variaciones de ± 1 día (debido al sistema de intercalaciones en el calendario gregoriano), pero lo importante es que los intervalos entre las fechas de cada par siempre tienden a ser 105 y 260 días;¹⁸ puesto que el intervalo corto no es 104 días, que podría considerarse significativo por ser múltiplo exacto de trecena ($8 \times 13 = 104$), podemos concluir que el determinante de este grupo de alineamientos fue el intervalo de 260 días. La significación de este periodo es evidente: se trata del intervalo calendárico por excelencia, múltiplo común de la trecena y la veintena; es decir, las salidas o puestas del Sol separadas por este periodo ocurrían en *las mismas fechas del ciclo sagrado*.

Los alineamientos que registran estas fechas e intervalos, sin embargo, no son los únicos que pertenecen a la llamada familia de 17° . Los trabajos de levantamiento topográfico en Teotihuacan (Millon 1973), ciudad que ha sido considerada como prototipo de las orientaciones de esta familia (Aveni 1980: 23),¹⁹ revelaron que distintos sectores de la traza urbana manifiestan, en realidad, dos orientaciones ligeramente diferentes (véase capítulo 5, "Teotihuacan, México"). Los resultados de mis mediciones efectuadas para fines de la presente investigación muestran que Teotihuacan no es un caso singular y que los dos tipos de alineamientos coexisten en varios sitios. Las fechas registradas por el primer grupo de alineamientos son las citadas arriba, mientras que las que corresponden al segundo grupo tienden a ser 9 de febrero, 3 de mayo, 11 de agosto y 1 de noviembre. No se han identificado prominencias de horizonte que marquen de manera consistente las fechas del segundo grupo, pero afortunadamente existen algunas orientaciones arquitectónicas cuyos azimuts han podido determinarse

¹⁸ Por ejemplo, en algunos años las fechas del calendario gregoriano señaladas por estos alineamientos son efectivamente 12 de agosto y 29 de abril, mencionadas por Flores (1995: 131), pero también éstas delimitan el intervalo de 260 días.

¹⁹ Según Aveni (1980: 23; Aveni y Gibbs 1976: 510), las orientaciones de la familia de 17° podrían tener su origen en Teotihuacan, mientras que Malmström (1981; 1997: 91ss) y Tichy (1982: 70; 1991: 99) afirman que aparecen en sitios más tempranos. En el centro de México han sido encontradas en los sitios Tx-TF-6 y Tx-TF-10, pertenecientes al Preclásico Terminal, pero la prioridad cronológica de estos sitios respecto a la fundación de Teotihuacan no parece estar firmemente establecida (véase capítulo 5, "Tx-TF-6 (Parsons), México" y "Tx-TF-10 (Parsons), México").

con suficiente precisión: las de la Ciudadela de Teotihuacan y de la Acrópolis de Xochicalco.

Las orientaciones de la Pirámide del Sol de Teotihuacan y de la sección central de la Acrópolis de Xochicalco pertenecen al primer grupo, registrando las fechas 12 de febrero, 30 de abril, 13 de agosto y 30 de octubre, ± 1 día (figuras 29 y 30), mientras que las fechas de la segunda serie -9 de febrero, 3 de mayo, 11 de agosto y 1 de noviembre, ± 1 día- corresponden a las orientaciones de la Ciudadela de Teotihuacan y las secciones este y oeste de la Acrópolis de Xochicalco. Las estructuras de Xochicalco que incorporan las dos orientaciones diferentes son evidentemente contemporáneas; también es probable que la Pirámide del Sol y la Ciudadela de Teotihuacan estaban en uso simultáneamente (véase capítulo 5, "Teotihuacan, México" y "Xochicalco, Morelos"). La coexistencia de los dos grupos de alineamientos en ambos sitios sugiere que sus funciones astronómicas estaban interrelacionadas. En efecto, las dos series de fechas correspondientes permiten reconstruir dos variantes del calendario observacional que pudieron estar en uso simultáneamente.

Como se observa en la tabla 4.1, el esquema 1 combina las fechas "invernales" de la primera serie (12 de febrero/30 de octubre) con las fechas "estivales" de la segunda (3 de mayo/11 de agosto), en tanto que el esquema 2 incorpora las fechas "invernales" de la segunda serie (9 de febrero/1 de noviembre) y las "estivales" de la primera (30 de abril/13 de agosto). En ambos esquemas predominan intervalos que son múltiplos de 20 días y que subdividen un ciclo de 260 días (entre el 12 de febrero y el 30 de octubre, en el esquema 1, y entre el 13 de agosto y el 30 de abril, en el esquema 2); los fenómenos separados por estos intervalos ocurrían en las fechas del ciclo de 260 días que tenían el mismo signo de veintena, mientras que el intervalo de 105 días separaba fechas cuyos numerales diferían por 1 y los signos de veintena por 5 ($105 = 8 \times 13 + 1 = 5 \times 20 + 5$). Estos intervalos, desde luego, no eran inmutables, ya que su suma es 365, mientras que el año trópico dura 365.24219 días; la diferencia acumulada entre el año trópico y el año compuesto por intervalos "ideales" periódicamente (aproximadamente cada cuatro años) resultaba en el incremento de 1 día de uno u otro intervalo, con lo que cambió la secuencia de fechas señaladas por los alineamientos. Es de suponer que todos los calendarios observacionales basados en alineamientos "funcionaban" de manera comparable, permitiendo seguir con precisión el desfase del calendario formal respecto al año trópico.

Tabla 4.1

DOS ESQUEMAS DE CALENDARIO OBSERVACIONAL RECONSTRUIDOS CON BASE EN LOS DOS GRUPOS DE ALINEAMIENTOS DE LA FAMILIA DE 17°; LAS FECHAS Y LOS INTERVALOS DE CADA ESQUEMA SE SUCEDEN EN EL SENTIDO CONTRARIO AL DE LAS MANECILLAS DE RELOJ

Esquema 1			Esquema 2		
Fecha	Intervalo (días)	Fecha	Fecha	Intervalo (días)	Fecha
	105			100	
feb 12		oct 30	feb 9		nov 1
	80 80			80 80	
may 3		ago 11	abr 30		ago 13
	100			105	

Los alineamientos con dos grupos de azimuts, muy parecidos a los que se manifiestan en los conjuntos arquitectónicos referidos de Teotihuacan y Xochicalco, se han encontrado en otros sitios, aunque las fechas determinadas no siempre son exactamente iguales (véase capítulo 5, "Las Pilas, Morelos", "Tula, Hidalgo", "Tenayuca, México", "Tecoaque, Tlaxcala").²⁰ Tomando en consideración que los márgenes de error asignados a estas orientaciones son relativamente grandes, es probable que las fechas registradas pertenecían a las dos series discutidas arriba y que los calendarios observacionales de este tipo eran relativamente comunes en el México central durante el Clásico y el Postclásico. Cabe mencionar que la relativa frecuencia de los intervalos cerca de 83 días (figura 12) se debe a que son registrados por las fechas de la segunda serie, aunque en algunos casos quizá estén relacionados con la cuenta de 3 meses siderales (*cf.* Aveni 1991a: 87s; Tedlock 1983: 66s; 1991: 187s; 1992: 31ss).

Si bien la reconstrucción del calendario observacional en sus dos variantes presentadas arriba se basa en vestigios materiales que permanecen *in situ* y cuyas orientaciones y registros solares son verificables, la función observacional propuesta para estos alineamientos no deja de ser hipotética. No obstante, algunos datos históricos y etnográficos apoyan la hipótesis.

Según Carrasco (1979: 53), la *Histoire du Mechique* menciona que el año se dividía en cuatro estaciones y que "a cada uno de estos tiempos daban cinco meses". Al observar que los "meses" han de referirse a los meses indígenas de 20 días, Carrasco (*ibid.*) corrige el

²⁰ Cabe agregar que en diversos sitios han sido detectados los alineamientos que pertenecen sólo a uno o al otro de los dos grupos de la familia de 17° (véase capítulo 5).

dato, necesariamente erróneo, atribuyendo a dos estaciones 5 y a las otras dos 4 meses. La información no es nada explícita, pero tal vez refleja la costumbre de dividir el año en cuatro periodos, entre los que predominaban múltiplos de 20 días. La corrección de Carrasco, que parece ser la más lógica, se acerca al esquema reconstruido arriba con base en los alineamientos discutidos: aunque no todos los periodos pueden ser múltiplos de 20 días (puesto que los 365 días del año no son divisibles entre 20), tenemos dos periodos de 80 días (4 "meses"), uno de 100 días (5 "meses") y el restante de 105 días (5 "meses" más 5 días).

Los tzotziles de San Pedro Chenalhó, Chiapas, conservan su antiguo año calendárico con meses de 20 días, pero también emplean un ciclo ritual de 260 días o 13 meses, relacionado con el cultivo del maíz. Este periodo comienza con una ceremonia agrícola en el día 10 del mes Sisak, que corresponde al 14 de febrero, y termina con un ritual semejante celebrado en el décimo día del mes Pom, el 6 de noviembre (Guiteras-Holmes 1961: 33s). El ciclo no dura exactamente 260 días, ya que el mes Sisak es seguido por los *Ch'aik'in*, cinco días que "no se cuentan" (*ibid.*: 32, 34), pero la duración de 260 días canónicamente asignada al periodo y la fecha de su inicio parecen significativas, si recordamos el intervalo de 260 días entre las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, señaladas por un grupo de los alineamientos discutidos. También llama la atención que el comienzo del ciclo agrícola ritual no corresponde al primer día del mes sino al décimo, y que los cinco *Ch'aik'in* no caen antes del principio o después del fin del ciclo: el hecho de que el año calendárico no está "ajustado" para que 13 de sus meses coincidan de manera "ideal" con el periodo ritual sugiere que la fecha inicial del ciclo, sorprendentemente cercana al 12 de febrero que registran las orientaciones, fue originalmente determinada mediante observaciones astronómicas y que conservó su correlación con el 10 de Sisak desde que el año calendárico tzotzil quedó "congelado" en el año cristiano (en el siglo XVI, según Edmonson 1988: 260).²¹ Asimismo, cabe notar que la práctica de sembrar distintas plantas durante determinados periodos que son múltiplos de 20 días (40, 60 o 100 días; Guiteras-Holmes 1961: 34s; López Austin 1994: 114ss) quizá refleje la importancia que tenían estos intervalos, registrados por alineamientos, en la época prehispánica.

²¹ La correlación del 10 de Sisak con el 14 de febrero se basa en la información proporcionada a Guiteras-Holmes (1961: 32) por la mayoría de sus informantes. Considerando las alteraciones que ha sufrido el calendario indígena, resulta comprensible la falta de consenso entre los tzotziles de Chenalhó en cuanto a las fechas del calendario cristiano que corresponden a los inicios de sus meses; sin embargo, las discrepancias entre las fechas dadas por varios grupos no rebasan 7 días (*ibid.*).

Los datos más ilustrativos al respecto –a pesar de los problemas discutidos a continuación– son los que fueron recopilados por Girard (1948; 1949; 1962) entre los chortís de Guatemala. Según este autor, el calendario agrícola ceremonial de los chortís, relacionado con el ciclo de cultivo del maíz, corresponde al periodo de 260 días entre el 8 de febrero y el 25 o –en años bisiestos– 24 de octubre. Las fechas importantes de este ciclo, subdividido en periodos más cortos, se determinan con base en la observación del Sol respecto a los puntos prominentes del horizonte. Con el 8 de febrero comienza el primer periodo de 40 días o 2 veintenas, que termina con el equinoccio vernal y durante el cual se llevan a cabo los trabajos de preparación de la milpa. Las quemas se realizan durante el siguiente periodo de 40 días, que concluye el 28 de abril, aunque la fiesta más importante de todo el ciclo ritual principia el 25 de abril, cinco días antes del paso del Sol por el zenit, y finaliza el 3 de mayo, día de la Santa Cruz; la fiesta determina el inicio de la siembra. El 29 de abril comienza el periodo de 20 novenas o 180 días, que corresponde al “Reglamento del Invierno” (época de lluvias) y termina con la clausura del ciclo, el 25 de octubre, pero con el día del paso zenital del Sol, el 30 de abril o 1 de mayo, también se inicia el conteo por trecenas: el lapso de 104 días que concluye con el segundo paso del Sol por el zenit, el 12 o 13 de agosto, es dividido por el solsticio de verano en dos periodos de 4 trecenas o 52 días; las trecenas consecutivas determinan la secuencia de las labores agrícolas. El ciclo concluye con el periodo de 73 días, contados a partir del segundo paso zenital del Sol, pero también se cuenta el periodo de 65 días o 5 trecenas, empezando con el fin de la canícula, el 21 de agosto. Después de la clausura del ciclo ritual, el 25 de octubre, principia el periodo de descanso de 100 días, al que se agregan 5 días llamados “de duelo” (Girard 1948: 21-47; 1949: 411-435; 1962).

Las obras de Girard han despertado mucho interés, pero también han sido cuestionadas por diversos críticos. Como observa Starr (1951: 364s), el ciclo de 260 días no fue encontrado entre los chortís por Wisdom (1940), y tampoco fue reportado en regiones aledañas, por lo que Girard, al hablar del *tzolkin* fijo, ha de referirse simplemente a un periodo de aproximadamente 260 días, subdividido de tal forma que permite programar las labores agrícolas. Wisdom no menciona observaciones astronómicas y tampoco Girard proporciona datos detallados acerca de cómo se registran las fechas, por lo que Starr (1951: 366s) concluye que ni evidencias internas ni externas corroboran las aseveraciones de Girard.

En efecto, los mismos datos de Girard suscitan sospechas respecto a la duración exacta del ciclo ritual y la fecha de su inicio. El autor comenta que “el Miércoles de Ceniza (que cae comúnmente en febre-

ro) suele substituir en algunas partes, la fecha inicial del Tzolkín del antiguo calendario indígena" (Girard 1948: 32s), y que en Quezaltepeque el ciclo comienza a mediados de enero (*ibid.*: 23), dato advertido también por Starr (1951: 365). A pesar de estas alusiones a la posible variación local del principio del ciclo, Girard reiteradamente insiste en la importancia especial de la fecha 8 de febrero, subrayando, por ejemplo, que "el 8 de febrero, día inaugural del Tzolkín, conserva su carácter inmutable [...] y aun cuando se transfiere el rito inicial del año al Miércoles de Ceniza, no se olvidan las rogativas del 8 de febrero" (Girard 1948: 32s). Afirma que los sacerdotes de los distintos poblados chortís tienen marcados en su horizonte local los accidentes topográficos que corresponden a las salidas o puestas del Sol el 8 de febrero, en los equinoccios, los solsticios y los días del tránsito del Sol por el zenit. Sin embargo, llama la atención que para varios lugares proporciona nombres de los cerros que señalan los solsticios y los días del paso zenital, pero en ningún caso menciona alguna prominencia que registre la fecha 8 de febrero (*ibid.*: 50ss; Girard 1949: 438ss). El hecho de que tampoco especifica ningún cerro equinoccial es, de alguna manera, congruente con su comentario de que "no es el equinoccio ni el punto Este de la astronomía moderna los que sirven de punto básico en la geometría y el calendario indígena", y que "la importancia de la línea equinoccial es mínima en relación con la de la latitud" (Girard 1948: 59),²² pero estos datos parecen contradecir el significado atribuido a los equinoccios en su esquema del ciclo agrícola ritual (*ibid.*: 27ss, 45).

La importancia del 8 de febrero entre los chortís no ha sido reportada por otros investigadores; Fought (1972: 58), haciendo referencia a Girard, es explícito al aseverar que no ha podido comprobar algún significado ceremonial de esta fecha. Las circunstancias mencionadas dan la impresión de que Girard trató de "forzar" las evidencias y ajustarlas en un esquema que le pareció, por algún motivo, ideal. El hecho de que prácticamente la misma fecha (9 de febrero) corresponde a un grupo de orientaciones de la tan omnipresente familia de 17° (*v. supra*) no pudo influir en su eventual prejuicio, puesto que este dato no se conocía en su época. La posibilidad que conviene examinar es que Girard haya llegado a esta fecha a través de su manipulación de datos calendáricos. En el calendario de Diego de Landa, el día 1 Imix, inicio convencional del ciclo de 260 días, cae el 8 de febrero del calendario gregoriano, "misma fecha y signo en que los chortís inauguran su

²² En la terminología de Girard, la "línea del paralelo" o "de la latitud" denota la dirección hacia el Sol sobre el horizonte en el día de su paso por el zenit.

año civil y su Tzolkín estático" (Girard 1948: 115). Los chortís no conservan nombres de días y meses del calendario antiguo; la correspondencia del primer día de su ciclo ritual con el día 1 Imix es una deducción de Girard (1962: 16s, nota 10), por lo que cabe la duda si no fue precisamente la correlación de este día con el 8 de febrero en el calendario de Landa la que determinó su predilección por esta fecha. La sospecha es justificable, si consideramos, por ejemplo, algunas peculiaridades de su argumento relacionado con las estelas 10 y 12 y el Templo 22 de Copán. Al mencionar que, según Spinden, la línea entre las dos estelas señalaba las puestas del Sol en las fechas 9 de abril y 2 de septiembre, Girard (1948: 60s) descalifica este dato porque no corresponde a ninguna fecha significativa desde el punto de vista indígena; agrega que Morley corrigió la fecha 9 de abril al 18 del mismo mes, y comenta:

Con otra rectificación del cálculo de Morley, semejante a la que este autor hace a Spinden, tendríamos que dichos monumentos señalan el paso del astro por la línea del paralelo,^[23] de conformidad con las enseñanzas chortís.

Tanto la fecha dada por Spinden como la de Morley, carecen de significación dentro de las normas cronológicas establecidas por el Tzolkín. El desacuerdo mismo de los citados autores acerca de la susodicha fecha, indica que las observaciones no fueron verificadas con precisión absoluta, aunque el dato de Morley se acerca más a la realidad astronómica desde el punto de vista maya. (Girard 1948: 61)

Es decir, Girard está dispuesto a "rectificar" los datos, simplemente porque no le parecen significativos, y ajustarlos a sus propios conceptos acerca de "la realidad astronómica desde el punto de vista maya". También afirma que la dirección hacia las puestas del Sol en las fechas de su paso zenital, atribuida al alineamiento entre las dos estelas referidas, "está marcada además de manera inobjetable en el templo XXII" y su ventana en el muro poniente (*ibid.*: 61). Pese a sus aseveraciones tan categóricas, sabemos que tanto la línea entre las dos estelas como el eje de la ventana del Templo 22 corresponden a las puestas del Sol en las fechas 12 de abril y 1 de septiembre (Aveni 1980: 29, 34s, fig. 1.6; 1991a: 272, 277s, fig. 80), consignadas ya por Morley, como menciona también Girard (1948: 61, nota 6).

La hipótesis de Girard acerca del *tzolkin* estático no sólo es incompatible con la inmensa cantidad de información sobre el calendario maya sino también con los mismos datos de Landa, en cuyo calendario las fechas del ciclo de 260 días aparecen en la secuencia continua desde el inicio del año maya (12 Kan 1 Pop, 16 de julio del calendario juliano) hasta el fin, por lo que difícilmente podemos atribuir relevancia única-

²³ Véase nota anterior.

mente a las fechas a partir del 1 Imix, que abarcan la última parte del año (cf. Landa 1982: 72ss).²⁴

La existencia de un ciclo de 260 días que mantenía su correlación fija con el año trópico, para satisfacer las necesidades agrícolas, ha sido defendida también por Tichy (1976: 12; 1981: 239ss; 1991: 151ss). Sin embargo, la información etnográfica obtenida entre los quichés de Momostenango demuestra con claridad que es precisamente el *tzolkin* rotatorio, tal como es atestiguado por todos los datos históricos y etnográficos confiables, el que facilita la regulación de las actividades en el ciclo agrícola. Los quichés determinan la época oportuna para iniciar la siembra con base en observaciones astronómicas, y escogen un día propicio de su *ch'ol k'ij*; diversos trabajos y ceremonias se realizan en intervalos adecuados y fechas indicadas por su calendario. El periodo de cultivo termina al transcurrir 260 días, es decir, *en la misma fecha que fue elegida para inaugurar el ciclo* (Tedlock 1985: 84ss; 1991: 181ss). Aunque las evidencias son contundentes por sí mismas, conviene agregar que un ciclo fijo de 260 días, correspondiendo invariablemente a la misma porción del año trópico –es decir, suspendido durante 105 días del año–, en nada facilitaría la programación de los trabajos durante el año, ya que, en ausencia de un calendario solar preciso, el momento del inicio del ciclo debería en todo caso determinarse mediante observaciones astronómicas. En cambio, usando el ciclo *rotatorio* de 260 días y conociendo la mecánica del calendario y su relación con el año trópico, es posible *prever* las fechas correspondientes a ciertos momentos significativos del ciclo anual; aunque no sabemos con certeza cuál fue el alcance de estos cálculos en la época prehispánica, las características de los alineamientos astronómicos estudiados indican que el objetivo de los calendarios observacionales fue precisamente la *predicción* de ciertas fechas (véase abajo, “Uso y función de los calendarios observacionales”).

Estos comentarios han sido necesarios para advertir que los datos de Girard deben tomarse con reserva, pero es obvio que tampoco podemos descartar rotundamente la veracidad de toda su información. Su descripción del ciclo agrícola chortí concuerda en muchos aspectos con los datos de Wisdom (1940), mientras que Fought (1972: 386, 435) confirma la práctica de observar el desplazamiento anual del Sol respecto al horizonte. Es probable, por tanto, que diversos detalles que proporciona Girard acerca de la estructura del periodo ritual, aun-

²⁴ Como es sabido, Landa presenta la correlación de las fechas del ciclo de 260 días para un año maya, pero las acomoda en un solo año cristiano: la secuencia continua empieza con 12 Kan 1 Pop, el 16 de julio del calendario juliano, y sigue, al terminar diciembre, en enero, al inicio de su tabla. El propio Landa (1982: 70) dice que la fecha 1 Imix “no tiene día cierto ni señalado en que caiga”.

que no han sido corroborados por otros investigadores, también sean verídicos, sobre todo aquellos para los que no es evidente algún origen de sus eventuales prejuicios que pudieran haberlo inducido a "rectificar" los datos.

En vista de las analogías encontradas entre los tzotziles y los quichés (*supra*), es enteramente verosímil que también los chortís usen o usaran un periodo agrícola ritual de 260 días, con el comienzo en febrero.²⁵ A pesar de las dudas que es prudente mantener respecto a la duración exacta y la fecha inmutable del inicio del ciclo, llama la atención su subdivisión en treceñas, veintenás y novenas. Como se observa en la tabla 4.1, donde está reconstruido el posible calendario observacional indicado por los dos grupos de alineamientos de la familia de 17°, la variante presentada en el esquema 2 incluye la fecha 9 de febrero, separada por el intervalo de 80 días de la siguiente fecha 30 de abril; sigue el intervalo de 105 días que lleva a la fecha 13 de agosto. La correspondencia con los datos de Girard es sorprendente, tanto en las fechas como en los intervalos: en su esquema el ciclo se inicia el 8 de febrero con el periodo de 2 cuarentenas (80 días), y sigue con la cuenta de 8 treceñas (104 días) que abarcan el lapso entre el 30 de abril o 1 de mayo y el 12 o 13 de agosto. Girard obviamente no pudo conocer las fechas de registro solar de los dos grupos de orientaciones de la familia de 17°,²⁶ y no es aparente ningún otro motivo por el que pudiera haber sentido la necesidad de "rectificar" los datos para acomodarlos en su esquema.²⁷ Según Girard, a finales de abril también comienza la cuenta de 20 novenas que abarcan el resto del ciclo ritual. Recordemos que los múltiplos de 9 días eran tal vez marcados por algunos alineamientos (véase arriba, "Intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos"). Wisdom (1940: 433)

²⁵ Según Wisdom (1940: 437), sin embargo, el año agrícola ceremonial chortí empieza con la fiesta de San Marcos, celebrada del 25 de abril al 3 de mayo. En otro lugar (*ibid.*: 462) el autor dice que el 25 de abril es llamado "inicio del año" o, más comúnmente, "inicio del invierno"; el último dato concuerda con el de Girard (1948: 33).

²⁶ Girard (1948: 64) conocía el estudio de Marquina y Ruiz (1932), quienes asociaron las orientaciones desviadas 17° al norte del poniente con el ocaso del Sol en los días de su paso por el zenit. Sin embargo, Marquina y Ruiz no determinaron las fechas de salida y puesta del Sol a las que *realmente* corresponden estas orientaciones; tan sólo mencionan los días del paso zenital en Tenayuca (16 de mayo y 26 de julio), puesto que su artículo está enfocado en la orientación de la pirámide de este sitio.

²⁷ Cabe notar que Girard pudo haber conocido el estudio de Merrill (1945), aunque no lo cita. Merrill (1945: 309s) observó que las fechas señaladas por el alineamiento entre las estelas 10 y 12 de Copán caen aproximadamente 20 días antes/después del primero/segundo paso zenital y después/antes del equinoccio vernal/otoñal, por lo que propuso un esquema observacional compuesto por periodos de 20 días. Sin embargo, Girard no parece haber sido influenciado por este esquema, a juzgar por su comentario de que las fechas determinadas por Morley para el alineamiento entre las dos estelas de Copán (y usadas por Merrill) "carecen de significación dentro de las normas cronológicas establecidas por el Tzolkin" (Girard 1948: 61); además, el esquema de Girard difiere del de Merrill en diversas particularidades.

menciona que las fiestas chortís duran 4, 8, 9 o 13 días; aunque no habla de ningún esquema parecido al de Girard, las duraciones de 9 y de 13 días de ciertas fiestas quizá tengan alguna relación con el cómputo por novenas y treceñas.

Los datos de Girard sobre la última parte del ciclo ritual agrícola son menos concretos y también más difíciles de conciliar con el calendario observacional reconstruido en la tabla 4.1. La fecha de clausura del ciclo, 25 de octubre, no es señalada por alineamientos. En el esquema 2 de la tabla 4.1, el intervalo de 100 días separa las fechas 1 de noviembre y 9 de febrero, en tanto que, según Girard, este periodo "de descanso" es contado a partir de la terminación del ciclo ritual, agregándose antes del inicio del siguiente los cinco días sobrantes. Si los dos grupos de alineamientos de la familia de 17° servían para fijar el ciclo agrícola ceremonial de 260 días, las fechas separadas por este intervalo pudieron ser registradas por un mismo alineamiento sólo mediante el esquema 1 de la tabla 4.1, en el que el intervalo entre las fechas "estivales" (100 días) indica el cómputo por veintenenas y no por treceñas, como lo sugiere el esquema de Girard. También es posible, desde luego, que el ciclo ritual no tuviera exactamente 260 días, o que la terminación del ciclo de 260 días no estaba señalada por alineamientos; en este caso podía servir el esquema 2 de la tabla 4.1. En relación con este último, podemos notar que la distancia del 9 de febrero al 1 de noviembre (265 días) equivale aproximadamente a 9 meses sinódicos de la Luna ($9 \times 29.530589 \text{ días} = 265.7753 \text{ días}$); aunque Girard (1948: 34) menciona el cómputo lunar entre los chortís, durante el "Reglamento del Invierno" (a partir del primer paso zenital del Sol), otros intervalos que componen los esquemas en la tabla 4.1 no son múltiplos de meses lunares, por lo que la intención de relacionar los calendarios observacionales con el movimiento de la Luna no parece probable.

Aunque es posible que en un solo sitio fuera funcional únicamente una de las variantes presentadas en la tabla 4.1, hay indicios de que, al menos en algunos sitios, fueran usadas las dos. Comúnmente las orientaciones que señalan las dos series de fechas son funcionales tanto hacia el oriente como hacia el poniente. Podemos suponer que sólo eran relevantes las fechas de registro oriente de una orientación y las de registro poniente de la otra, posibilitando el calendario observacional correspondiente a uno o al otro de los dos esquemas reconstruidos en la tabla 4.1; no obstante, las orientaciones de Xochicalco sugieren que se usaban *ambos* esquemas a la vez.

Mientras que la orientación de la sección central de la Acrópolis, la parte más elevada del complejo, pudo ser funcional tanto hacia el oriente (fechas 12 de febrero y 30 de octubre) como hacia el poniente (1 de mayo y 14 de agosto), la sección este sólo permitía observar las

salidas del Sol (10 de febrero y 2 de noviembre), puesto que la vista hacia el poniente estaba obstruida por la sección central y más alta de la Acrópolis. Esta circunstancia sugeriría que se empleaba sólo el esquema 2 del calendario observacional (tabla 4.1), incluyendo las fechas "invernales" de la llamada segunda serie y las fechas "estivales" de la primera, ya que las fechas "estivales" de la segunda serie (3 de mayo y 11 de agosto) empleadas en el esquema 1 no pudieron ser registradas por la sección este de la Acrópolis. Sin embargo, estas fechas eran señaladas por la orientación de la sección oeste de la Acrópolis, localizada inmediatamente al poniente de la sección central y en un nivel más bajo; en este caso los edificios del sector central bloquean la vista hacia el oriente, por lo que la orientación de la sección oeste pudo ser funcional únicamente hacia el poniente (véase capítulo 5, "Xochicalco, Morelos"). Esta disposición de los conjuntos arquitectónicos de la Acrópolis, con sus diferentes orientaciones, manifiesta de manera muy clara la intención de los arquitectos de registrar *las cuatro* fechas de la llamada segunda serie, dos en el sector oriente y otras dos en el sector poniente; considerando que la elevada posición de la sección central permitía determinar también las cuatro fechas de la primera serie, podemos concluir que en Xochicalco estaban en uso los dos esquemas observacionales reconstruidos en la tabla 4.1 (*cf.* tablas 5.62 y 5.63).

El motivo por el que se usaran simultáneamente ambas variantes del calendario observacional no es evidente. Podemos conjeturar que los alineamientos de los dos grupos permitieron determinar los días importantes –posiblemente sólo algunos entre todos los registrados– con mayor seguridad: si la nubosidad impedía fijar una fecha particularmente importante mediante la observación directa a lo largo del alineamiento correspondiente, esta fecha pudo determinarse de manera indirecta, teniendo el registro de las fechas señaladas anteriormente por otros alineamientos y conociendo la estructura de intervalos incorporados en el calendario observacional. En general, la distribución de las orientaciones arquitectónicas y los alineamientos hacia los cerros en el horizonte parece reflejar precisamente esta preocupación por poder determinar con anticipación ciertos momentos significativos del año (*v. infra*, "Uso y función de los calendarios observacionales").

Los datos y argumentos presentados en relación con los alineamientos de la familia de 17° indican que su función era fijar, en el año trópico, un ciclo relacionado con la agricultura, sobre todo con el cultivo del maíz, pero los días claves de este ciclo no dependían únicamente de los cambios climáticos o de las labores que se realizaban en el ciclo agrícola sino que fueron determinados con base en criterios astronómicos y calendáricos mucho más exactos y, por ende, adquirieron un significado simbólico y ritual, que es conservado en parte en

las fiestas tradicionales que se siguen celebrando en las comunidades indígenas actuales. Las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, si es que delimitaban este ciclo ceremonial, deben haber sido elegidas por el intervalo de 260 días que las separa. Las orientaciones que registran este par de fechas en el horizonte oriente corresponden a las puestas del Sol cerca del 30 de abril y 13 de agosto, pero hay que advertir que las fechas exactas de salida y puesta del Sol a lo largo de una misma orientación dependen de las alturas del horizonte: si la intención de los sacerdotes y arquitectos prehispánicos hubiese sido simplemente registrar fechas *alrededor* del 12 de febrero, 30 de abril, 13 de agosto y 30 de octubre, no encontraríamos orientaciones que señalan de manera consistente *exactamente* estas fechas. Aunque es obvio que coinciden *aproximadamente* con ciertos cambios climáticos anuales y actividades agrícolas correspondientes (preparación de la milpa, comienzo de la época de lluvias, fin de la canícula y primeros elotes en algunas partes, fin de la época de lluvias y cosecha), su posición *exacta* en el año ha de obedecer a la relación que guardan una respecto a la otra en términos calendáricos: las fechas 12 de febrero y 30 de abril, por una parte, y 13 de agosto y 30 de octubre, por la otra, están separadas por intervalos de 6 trecenas; además, así como los días 12 de febrero y 30 de octubre, también las fechas 30 de abril y 13 de agosto dividen el año en intervalos de 260 y 105 días.²⁸

Si los alineamientos de la familia de 17° efectivamente aparecen por primera vez en Teotihuacan, como supone Aveni (1980: 23; Aveni y Gibbs 1976: 510), las orientaciones que registraban las fechas designadas arriba como las de la primera serie podrían ser algo más tempranas que las del otro grupo al que corresponde la segunda serie de fechas, considerando la relación cronológica entre la Pirámide del Sol y la Ciudadela, edificios que parecen ser prototipos de los dos grupos de alineamientos (véase capítulo 5, "Teotihuacan, México"). Las evidencias de algunos de los demás sitios en que se han detectado indican el uso simultáneo de ambos grupos, pero los detalles de su funcionamiento observacional quedan oscuros.

Lugares de observación

Los datos sobre el horizonte que se presentan detalladamente en el capítulo 5 valen para el observador ubicado en la estructura principal, normalmente ceremonial, de cada sitio arqueológico, aunque no

²⁸ Si el origen de la importancia de las fechas 30 de abril y 13 de agosto tiene alguna relación con los días del paso zenital del Sol en la latitud de 15° N y con el surgimiento del ciclo de 260 días, como supone Malmström (1978; 1997: 47ss), es un problema cuya solución rebasa los objetivos del presente estudio.

necesariamente la principal del poblado prehispánico. En algunos sitios extensos, donde los azimuts y alturas de las prominencias relevantes varían en función del punto de observación, medí el horizonte desde dos o más templos, o escogí para estas mediciones un solo edificio o complejo arquitectónico que, por su ubicación respecto al entorno natural y las demás estructuras, parece particularmente idóneo para observar eventos astronómicos en el horizonte; en estos casos se especifica el lugar para el que valen los datos sobre el horizonte. Aunque es obvio que la selección de estos puntos para hacer las mediciones, basada en el supuesto de que correspondían a los lugares de observación en la época prehispánica, fue hasta cierto grado arbitraria –pues en realidad no sabemos cuáles y cuántas estructuras de un sitio servían para estos fines–, los histogramas de las figuras 8-15 muestran que tanto las fechas señaladas por las prominencias del horizonte como los intervalos entre ellas exhiben patrones parecidos a los que corresponden a las orientaciones arquitectónicas; en esta similitud podemos ver un indicio claro de que los lugares de observación eran, en la mayoría de los casos, efectivamente los edificios ceremoniales en los que se han efectuado las mediciones. Sin embargo, al examinar los datos en el capítulo 5, también podemos encontrar algunos casos en que ninguno de los días e intervalos marcados por los rasgos del horizonte parece significativo.

Los datos analizados sugieren que: 1) las estructuras ceremoniales y sus orientaciones tenían tanto el significado simbólico como funciones observacionales; 2) las principales estructuras ceremoniales fueron ubicadas con base en criterios astronómicos; 3) algunas estructuras ceremoniales no fueron orientadas o ubicadas con base en criterios astronómicos.

1) Significado simbólico y función observacional de las orientaciones arquitectónicas

De acuerdo con las ideas generales resumidas en el capítulo 2 y corroboradas por la presente investigación, los edificios cívico-ceremoniales de Mesoamérica fueron, en su mayoría, orientados con base en motivos astronómicos, sobre todo hacia ciertas posiciones del Sol en el horizonte. El desplazamiento del Sol a lo largo del horizonte marcaba el transcurso del ciclo anual, por lo que las direcciones hacia los puntos de salida y puesta del Sol en determinados días representaban una materialización espacial de los momentos del año trópico que, por una u otra razón, eran importantes; de hecho, las características del movimiento del Sol deben haber sido el motivo observacional principal de la unión del tiempo y el espacio en la cosmovisión mesoamericana (*cf.*

Aveni 1991a: 176ss; Tedlock 1992: 19). También otros astros pueden señalar, con sus diferentes posiciones, momentos importantes del año: Venus como estrella de la tarde, por ejemplo, llega a sus extremos norte al inicio de la época de lluvias; la construcción llamada Circular de Huexotla está orientada hacia los extremos máximos, que ocurren en intervalos de 8 años, pero siempre a principios de mayo (véase capítulo 5, "Huexotla, México"). En vista de la estrecha relación entre la astronomía y la religión, tanto en Mesoamérica como en otras civilizaciones arcaicas, es comprensible que los edificios ceremoniales incorporaran alineamientos astronómicos: considerando que el cielo era visualizado como imagen de la perfección divina y del orden insuperable al que el orden humano estaba subordinado, no cabe duda que las direcciones que correspondían a las posiciones significativas del Sol o de otros astros en el horizonte adquirieron un carácter sagrado (cf. McCluskey 1990: S13). Por consiguiente, las orientaciones astronómicas de los templos, así como las de algunas residencias de gobernantes, que como hombres-dioses eran responsables del debido desenvolvimiento de los ciclos naturales, pueden entenderse como el intento de los antiguos mesoamericanos por recrear y perpetuar el orden cósmico en su entorno natural (Aveni 1991a: 247s; Broda 1982b: 101s; Šprajc 1996b: 21s; s.a.).

Sin embargo, los datos analizados sugieren que los templos no sólo reproducían las direcciones sagradas de manera simbólica, sino que comúnmente servían como observatorios. Por una parte, las fechas señaladas por las prominencias del horizonte local y los intervalos entre ellas manifiestan patrones de distribución significativos, indicando que los templos, en los que he efectuado las mediciones, eran efectivamente los puntos de observación. Por otra parte, estos patrones, que confirman el empleo de calendarios de horizonte, son comparables con los que corresponden a las orientaciones arquitectónicas, por lo que resulta sumamente probable que también éstas tenían funciones prácticas: permitían *observar* los eventos astronómicos y *determinar* las fechas que, junto con las registradas por los rasgos del horizonte, componían los calendarios observacionales. En apoyo a esta conclusión cabe agregar que los edificios, a juzgar por algunas orientaciones cuyos azimuts se han determinado con suficiente exactitud, y, sobre todo, las prominencias del horizonte marcaban las fechas y los intervalos con una precisión que es difícilmente explicable sólo en términos rituales y simbólicos (cf. *infra*, "Técnicas de observación"). Aunque para las observaciones astronómicas y el manejo de calendarios observacionales no era necesaria la sofisticación arquitectónica que caracteriza a las estructuras ceremoniales, podemos afirmar que los templos, al menos los más importantes, servían *también* como "observatorios astronómicos", reflejando la cosmovisión en la que los con-

ceptos religiosos estaban inextricablemente entrelazados con los conocimientos exactos (*cf.* Broda 1991a; 1993).

Mientras que entre los indios pueblo del suroeste de Norteamérica los llamados adoratorios del Sol, estructuras ceremoniales donde se depositan ofrendas y realizan rituales, normalmente no son "sitios calendáricos" –puntos en los que los sacerdotes encargados observan las salidas o puestas del Sol, manejando sus calendarios de horizonte (Zeilik 1985b; 1989: 155)–, los templos en el México central prehispánico parecen haber tenido ambas funciones. Aunque los "sitios calendáricos" en el suroeste estadounidense frecuentemente no están marcados (Zeilik 1985a: S3, S9; 1989: 146), en varios casos mencionados por Zeilik (1985a: S7s, tabla 3) sí están asociados a construcciones ceremonialmente importantes en el poblado. Éstas se usan comúnmente también para observar los rayos del Sol proyectados a través de las ventanas o puertas en ciertas fechas o épocas del año (Zeilik 1985a: S10; 1989: 146, 151ss; 1991: 550ss), y no cabe duda que dispositivos análogos existían también en Mesoamérica (*v. infra*, "Técnicas de observación").

2) Criterios para la ubicación de los templos

Algunos estudios recientes mencionan templos prehispánicos orientados hacia cerros prominentes en el horizonte local (Malmström 1978: 111ss; Ponce de León 1982; Tichy 1991: 159ss; Šprajc 1993a: 49s; 1996b: 180ss, fig. 5.3, lámina 24); como se observa en las figuras 4-11, la práctica era bastante común en el centro de México. Puesto que las cumbres conspicuas se encuentran frecuentemente a lo largo de los ejes este-oeste de las estructuras, es decir, en las direcciones que eran astronómicamente funcionales, resulta obvio que los lugares en que se construyeron estos edificios debieron ser cuidadosamente seleccionados: los observadores buscaron el sitio en donde el cerro escogido en el horizonte marcaba el punto exacto del fenómeno astronómico con el que querían relacionar la orientación de la estructura. No todos los templos están orientados hacia las prominencias en el horizonte este u oeste; sin embargo, el hecho de que, en su mayoría, servían como puntos de observación para el manejo de calendarios de horizonte (*v. supra*) implica que los sitios en que se iban a construir fueron elegidos con base en consideraciones astronómicas. Estos criterios deben haber sido aplicados con particular atención en la selección del lugar para el templo principal del poblado.

Ponce de León (1982: 42) comenta que "un sitio para el establecimiento humano, debió de reunir una serie de condicionantes agrícolas, ecológicas, de seguridad, de pesca, de caza entre otras más, pero evi-

dentamente también geográficas y calendáricas." En relación con Alta Vista, Aveni, Hartung y Kelley (1982: 200) hacen notar que "la ubicación del sitio fue deliberadamente elegida con objetivos astronómicos como elementos determinantes". Al explorar el potencial calendárico del horizonte oriente del Templo Mayor de Tenochtitlan, Aveni, Calnek y Hartung (1988) sugieren que el mito sobre la fundación de la capital mexicana tal vez refleja la importancia que tenían las observaciones del Sol y la ubicación de los cerros en la selección del sitio.

La idea de que las consideraciones astronómicas tenían un papel importante en la selección del lugar en que se iba a construir un templo, que a menudo constituía el foco del futuro asentamiento, concuerda con la importancia que tenían los factores religiosos en la fundación de poblados prehispánicos:

Mesoamerican Indians were determined to find a site with carefully prescribed characteristics that were dictated by the premises of a unique cosmovision. [...] The power of such a relationship becomes evident when sites furnished with the best of material conditions, but lacking fundamental cosmogonic associations, were often rejected in favor of the latter [...]

The Indian's determination to find a geographical setting in compliance with their religious beliefs was a common trait to all Mesoamerican cultures. (García-Zambrano 1994: 217)

También Carlson (1981: 163) considera que la ubicación de los sitios ceremoniales en la cercanía de cuevas, cenotes, afloramientos rocosos insólitos, montañas y otros rasgos topográficos peculiares es casi seguramente una característica de la cosmovisión precolombina, más que resultado de consideraciones meramente prácticas.

En su estudio basado en documentos coloniales tempranos, García-Zambrano (1994) describe el paisaje que se concebía como ideal para fundar un asentamiento y en el que la ubicación de las montañas, cuevas y cuerpos de agua tenía fundamental importancia, aunque las condiciones naturales a veces eran "perfeccionadas" mediante intervenciones artificiales, para lograr una mayor aproximación a los preceptos religiosos. Los documentos no son explícitos en cuanto al papel de los factores astronómicos en estas reglas, probablemente porque se trataba de conocimientos esotéricos reservados a especialistas, pero hay algunas alusiones que parecen significativas:

According to Mesoamerican ideology, the shooting of arrows replicated astronomical movements, and it was a commonly performed rite in the foundation of the microcosmos. Arrows sent forth from the central mountain to the edges of the bounded space representing the earth is a metaphor in early colonial manuscripts for the daily path of the sun and the yearly displacement of this astral body on a horizon marked by mountains. (García-Zambrano 1994: 220)

Las ceremonias de repartición de tierras alrededor del recinto cívico-ceremonial del poblado incluían el establecimiento de alineamientos

cardinales desde la montaña central, que pudo ser sustituida por un templo piramidal (*ibid.*: 221s):

One corresponded to the heliacal path as it was perceived from the central mound [...] with *tajos* (clefts) at the east and west horizons, providing the alignment for the first line of reference. The second coordinate was given, either by another set of *tajos* connecting the north-south diagonal, or by the course of a river springing from a specific cave and massif, or by the alignment of selected caves and waterholes. (García-Zambrano 1994: 221)

Los mapas casi siempre representan un entorno conceptualmente articulado por dos entidades geométricas: un círculo, comúnmente abierto de un lado, para reproducir la forma de la cueva mítica, y un cuadrángulo, marcando las cuatro esquinas de la tierra: "Measured from the solstitial points, diagonals intersected the core forming a cross design [...] Where the lines converged at the center, a pivot was formed around which all religious and lay buildings were distributed." (García-Zambrano 1994: 221s)

Resulta evidente que los principios que dictaban la ubicación de los templos y asentamientos mesoamericanos eran complejos y, en términos generales, parecidos a los de la geomancia china, como sugiere Carlson (1981),²⁹ pero también podemos observar que los datos históricos son al menos congruentes con la conclusión, derivada del estudio de los alineamientos, de que los criterios astronómicos formaban parte integral de estas normas.

3) Estructuras cuyo significado astronómico es cuestionable

Aunque para una gran parte de los sitios pueden reconstruirse los posibles esquemas de calendarios observacionales (véase capítulo 5), éstos a veces no son aparentes, ya que sólo algunas fechas señaladas y/o los intervalos entre ellas parecen significativos; en pocos casos no se ha podido detectar ninguna base astronómica de la orientación y/o la ubicación del edificio. Las "anomalías" observadas pueden tener diferentes explicaciones.

Si una orientación arquitectónica pertenece a algún grupo frecuente, pero las fechas registradas por el edificio y las prominencias del horizonte no están separadas por intervalos significativos, es probable que la estructura en cuestión no fue ubicada con base en criterios astronómicos y que su orientación no era astronómicamente funcional y precisa sino ajustada a la traza urbana circundante, cuya orienta-

²⁹ Los rituales comparables de fundación de asentamientos parecen haber estado presentes en todas las civilizaciones arcaicas (Wheatley 1971: 416ss).

ción era regida por la del templo principal, hoy desaparecido. Tal es el ejemplo de la etapa II del grupo Santa María y del adyacente edificio La Comunidad en Huexotla: la orientación astronómicamente funcional debe haber sido incorporada en el templo principal que se localizaba en el lugar de la actual iglesia de San Luis de Huexotla y que presumiblemente era el sitio más importante para las observaciones astronómicas, incluyendo el manejo del calendario de horizonte (véase capítulo 5, "Huexotla, México"). Otro ejemplo lo representa el Palacio de Yautepec: aunque las dos etapas constructivas de este edificio, probablemente residencial, tienen orientaciones que parecen calendáricamente significativas, el calendario de horizonte debió haberse manejado en el centro ceremonial del poblado, actualmente destruido (véase capítulo 5, "Yautepec, Morelos").

Seguramente no todos los edificios en los que se realizaron las mediciones tenían funciones astronómicas y calendáricas. Sobre todo en sitios grandes es difícil saber cuál(es) era(n) la(s) estructura(s) más relevante(s) para estos fines. También es de suponer que el criterio astronómico no siempre era el más importante para la ubicación "ideal" del templo. Los numerosos santuarios construidos en las cumbres de los cerros, por ejemplo, sugieren que su localización no fue dictada por consideraciones astronómicas sino probablemente por creencias relacionadas con las montañas (*cf.* Broda 1971; 1982c; 1991a; 1991b; 1993). Si el sitio elegido por motivos diferentes de los astronómicos permitía, además, el manejo de un calendario de horizonte, pudo haber cobrado importancia especial (los cerros Tláloc y Texcotzingo parecen ser ejemplos al respecto: véase capítulo 5, "Cerro Tláloc, México" y "Texcotzingo, México"), mientras que en otros casos podemos suponer que las observaciones para estos fines se realizaban en algún lugar cercano.

Por último, ciertas fechas e intervalos pudieron haber tenido algún significado que no hemos logrado comprender.

Técnicas de observación

Mientras que para las observaciones de los fenómenos solares señalados por los rasgos prominentes del horizonte podemos deducir que se realizaban mayormente sobre los edificios religiosos (*v. supra*, "Lugares de observación"), el uso observacional de las orientaciones arquitectónicas no es tan claro. El punto de observación pudo estar enfrente del templo y a lo largo de su eje, a una distancia que permitía observar el Sol sobre el horizonte y determinar el día en que estaba alineado con el centro de la estructura; la imagen del Sol que aparece entre los santuarios gemelos del Templo Mayor de Tenochtitlan en el plano atribuido a Cortés (Marquina 1960: 30, 113, fig. 1; Aveni y

Gibbs 1976: 513s, fig. 3) sugiere precisamente este tipo de observaciones, que podían efectuarse desde otra estructura construida en el lugar adecuado (*cf.* Aveni y Gibbs 1976: 513ss; Aveni 1991a: 281; Aveni *et al.* 1988: 294).

Por otra parte, Hartung (1975: 193, figs. 3 y 4) propuso, basándose en ilustraciones de algunos códices, que las observaciones astronómicas se realizaban desde el interior de los templos. Si se observaba el Sol de manera directa, el día en que salía o se ponía a lo largo del eje de la estructura pudo determinarse con exactitud sólo si el alineamiento estaba de alguna forma señalado, ya por elementos constructivos o instrumentos removibles, ya por alguna prominencia en el horizonte. Posiblemente las jambas de la entrada o columnas, si no estaban demasiado separadas, marcaban el eje del santuario con suficiente precisión. Si la estructura estaba orientada hacia algún cerro frente a su fachada principal, éste señalaba las fechas correspondientes con exactitud e indudablemente posibilitaba la observación directa del Sol. No obstante, la práctica no pudo ser muy común: aunque los ejes este-oeste de varios edificios pasan por alguna prominencia en el horizonte local, ésta no siempre se encuentra del lado del acceso a la estructura (véase figuras 4 y 8), es decir, en la dirección que era funcional para las observaciones desde el interior del santuario.

Por último, hay que considerar las eventuales técnicas de observación indirecta: las fechas de registro solar de las orientaciones arquitectónicas pudieron ser determinadas mediante la observación de las proyecciones de la luz del Sol que entraba por las puertas u orificios al interior de la estructura. En vista de las analogías etnográficas del Suroeste estadounidense (Zeilik 1985a: S3, S10; 1989: 146, 151ss), es de imaginar que las superficies sobre las que se proyectaban los rayos solares tenían elementos arquitectónicos o marcas que señalaban las posiciones importantes; las marcas pudieron ser incluso perecederas y removibles (por ejemplo, objetos colgados: *cf.* Zeilik 1989: 146). Puesto que sólo evidencias arqueológicas pueden confirmar hipótesis de este tipo (*cf.* Zeilik 1989: 162), parecen particularmente relevantes los siguientes datos de varias regiones de Mesoamérica, pues sugieren que las observaciones de la luz del Sol proyectada eran facilitadas mediante las peculiaridades arquitectónicas de los edificios, es decir, por medio de elementos constructivos que son arqueológicamente recuperables.

Anderson, Morales y Morales (1981) describen una ventana en forma del símbolo maya *Ik* en el muro poniente de la torre del Palacio de Palenque: en el solsticio de verano, la imagen formada por los rayos solares que pasan por la ventana a la puesta del Sol cae en su totalidad en una pared especialmente construida en el interior del edificio, mientras que los días en que la imagen proyectada toca la pared por primera y por última vez en el año son 30 de abril y 12 de agosto. Los

autores afirman que el dispositivo permitía determinar estas fechas y seguir el curso de los años trópicos con precisión (*ibid.*: 36). De acuerdo con los resultados de la detallada investigación de Morante (1993, II: 79ss), las mismas fechas eran señaladas por la primera y por la última entrada de los rayos solares en la Gruta del Sol de Xochicalco (véase capítulo 5, "Xochicalco, Morelos"). El llamado tubo zenital en el Edificio P de Monte Albán y las cuevas astronómicas de Teotihuacan tenían funciones parecidas, aunque registraban otras fechas (Aveni y Hartung 1981; Morante 1996: 165ss).³⁰ Los muros este y oeste de la Estructura 1-sub (Templo de las Siete Muñecas) de Dzibilchaltún están perforados por dos pares de ventanas de forma aproximadamente cuadrada y, además, por dos pares de orificios pequeños encima de las ventanas. La luz solar que en las tardes pasa por las dos ventanas en el 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 las fechas de registro poniente de la estructura, 23 de marzo y 21 de septiembre, los cuadrados proyectados desaparecen a la puesta del Sol exactamente alineados con las dos ventanas en el muro oriente; al mismo tiempo, la luz proyectada a través de los pequeños agujeros encima de las ventanas en el muro poniente se alinea con los orificios correspondientes del muro opuesto (Šprajc 1995: 591ss, figs. 6-8). Los tragaluzes del Satunsat de Oxkintok parecen haber tenido una función análoga (*ibid.*: 589s; Šprajc 1990). También en estos casos los fenómenos de luz y sombra marcaban las fechas con exactitud.

No cabe duda que las técnicas de observación empleadas en el centro de México eran diversas, y dependían de las peculiaridades arquitectónicas de cada estructura y su relación con el fenómeno observado. Desde el interior de un edificio orientado con su acceso hacia el oriente/poniente pudieron observarse de manera directa sólo los ortos/ocazos del Sol, mientras que los eventos en la dirección opuesta –asumiendo que las orientaciones eran comúnmente funcionales en ambas direcciones (v. *supra*, "Declinaciones y fechas correspondientes a los alineamientos")– deben haberse observado desde un punto relativamente

³⁰ Aveni y Hartung (1981: S64) calculan que la imagen del Sol es visible, a mediodía, en la cámara del Edificio P de Monte Albán entre el 22 de abril y el 3 de junio, y entre el 10 de julio y el 21 de agosto, y agregan que las fechas extremas están separadas por periodos de 121 y 244 días, dividiendo el año en la razón de 1 a 2. De acuerdo con las mediciones que hicimos en 1986 con Stanislaw Iwaniszewski, los rayos del Sol penetran en la cámara continuamente desde el 15 de abril hasta el 27 de agosto aproximadamente. Ramírez Acevedo (1992: 13) afirma haber observado que los rayos solares en el solsticio de verano llegan a pasar al interior de la cámara, pero especula que las fechas de su primera y última entrada deben ser los equinoccios. Según Morante (1999), quien recientemente realizó observaciones en el lugar, estas fechas son 17 de abril y 25 de agosto, separadas por el intervalo de 130 días o dos *cocijas* (periodos de 65 días) del calendario zapoteco.

alejado, ubicado frente a la fachada principal y a lo largo del eje de la estructura. Si varios edificios compartían una misma orientación, pero tenían sus entradas en ambas direcciones, algunos pudieron servir para observar las salidas y otras las puestas del Sol. Es de suponer que el empleo de técnicas de observación indirecta permitía mayor flexibilidad, ya que diversos elementos arquitectónicos (jambas, columnas, orificios) de la misma estructura pudieron haber sido diseñados para producir efectos de luz y sombra tanto a la salida como a la puesta del Sol.

Cabe agregar algunas consideraciones respecto a las técnicas de observación directa del Sol. La fecha de registro solar de un alineamiento es el día en que el Sol tiene la declinación más cercana a la que le corresponde al alineamiento (lo que sucede dos veces al año, salvo en el caso de alineamientos solsticiales), es decir al azimut y la altura del horizonte, tomando en consideración los efectos de refracción atmosférica que dependen de la altura del astro (véase capítulo 3, "Procedimientos de cálculo"). Sin embargo, la declinación solar correspondiente a un alineamiento puede variar ligeramente en función de las diferentes posiciones del disco solar respecto al horizonte, de las que tres son particularmente relevantes: el observador, según su decisión, puede considerar que el Sol se encuentra exactamente a lo largo del alineamiento cuando observa en la dirección señalada el *centro del disco solar* sobre el horizonte, o el *limbo superior* del disco solar (el primer rayo del Sol saliente o el último en su ocaso), o el punto de contacto del *limbo inferior* del Sol con el horizonte.³¹ Puesto que la posición del Sol expresada en su declinación vale para el centro del disco solar, resultan ser diferentes las declinaciones del Sol que corresponden a las tres posiciones descritas; en otras palabras, el centro del disco solar tiene en los tres casos el mismo azimut, pero diferentes alturas, por lo que también varían las declinaciones correspondientes, considerando que la trayectoria del Sol –salvo en el Ecuador (latitud de 0°)– no es perpendicular al horizonte (*cf.* figura 36). Por consiguiente, también la fecha de registro solar de un alineamiento puede variar en función de la posición del Sol elegida por el observador como relevante. En latitudes del México central, la declinación del Sol correspondiente a la posición del limbo superior/inferior del disco solar sobre el horizonte a lo largo de un alineamiento es unos 5' o 6' menor/mayor de la que le corresponde al centro del disco solar sobre el horizonte a lo largo del mismo alineamiento (acerca del cálculo de la declinación del Sol para sus diferentes posiciones respecto al horizonte, véase Hawkins 1968: 51ss; 1975: 133). Las diferencias son relativamente pequeñas (aumentan confor-

³¹ Según Dinsmoor (1939: 111, nota 1), el "primer rayo" es psicológicamente el momento más impactante. Sin embargo, como se verá a continuación, en Mesoamérica deben haber sido relevantes también las demás posiciones del Sol respecto al horizonte.

me crece la latitud geográfica), pero en algunos casos sí afectan la fecha de registro solar del alineamiento.

Al constatar, con base en la distribución de intervalos (figuras 12-15), que los calendarios observacionales en el centro de México estaban compuestos generalmente por periodos de 13 y de 20 días y sus múltiplos, podemos examinar los datos sobre alineamientos particulares y tratar de averiguar qué posición del Sol respecto al horizonte debió haberse observado para lograr mayor precisión en estos intervalos. Las orientaciones arquitectónicas son poco útiles para estas consideraciones, ya que en la mayoría de los casos los azimuts intencionados no se pueden determinar con exactitud, debido al estado de conservación de las estructuras. En cambio, los azimuts de los rasgos prominentes del horizonte pueden medirse con precisión. Las mediciones del horizonte se realizaron desde las estructuras principales –predominantemente ceremoniales– de los sitios, partiendo de la hipótesis de que los puntos de observación estaban en estos edificios; las regularidades que se observan en la distribución de los intervalos graficados apoyan la hipótesis inicial (v. *supra*, “Lugares de observación”) y permiten examinar algunos alineamientos con mayor detalle.

En algunos sitios preclásicos (véase capítulo 5, “Cuicuilco, D.F.”, “Xochitécatl, Tlaxcala” y “Tx-TF-6 (Parsons), México”), los intervalos entre las fechas señaladas por los cerros prominentes del horizonte local resultan ser múltiplos más exactos y constantes de 13 o de 20 días si suponemos que las fechas eran determinadas por el limbo superior del disco solar, es decir, por el primero o el último rayo del Sol sobre la cumbre en cuestión. Según Zeilik (1985a: S6), el ojo puede fijar el punto del horizonte oriente en el que aparece el primer rayo del Sol con mayor facilidad que el punto del horizonte poniente en que se observa el último rayo del Sol en su ocaso. No obstante, en los sitios preclásicos del centro de México no es notable la preferencia por el uso del horizonte este respecto al del oeste.

A juzgar por los datos de Huapalcalco y Xochitécatl, la observación del limbo superior del Sol era común también en el Clásico. Sin embargo, las orientaciones arquitectónicas en la Acrópolis de Xochicalco, determinables con suficiente precisión, sugieren que para determinar las fechas era relevante la posición tangencial del disco solar sobre el horizonte, es decir, el limbo inferior del Sol a lo largo de los alineamientos; tal práctica es indicada también por los datos sobre el horizonte de Chalcatzingo (véase apartados correspondientes a estos sitios en el capítulo 5).

Algunos alineamientos en sitios posclásicos parecen particularmente interesantes. Observando en la pirámide de Tenayuca, dos cerros señalaban las salidas del Sol en dos pares de fechas cuya importancia está atestiguada también en orientaciones arquitectónicas: el Sol salía

sobre el cerro Tláloc en los días 12 de febrero y 30 de octubre, en tanto que un cerro al noreste del cerro Chiquihuite marcaba las salidas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, con variaciones de ± 1 día. Cada uno de los dos cerros dividía el año en intervalos de *aproximadamente* 105 y 260 días, independientemente de la posición del Sol considerada como relevante. Sin embargo, si las fechas eran determinadas por el limbo inferior del disco solar, tangente a y alineado con la cumbre de cada cerro, el intervalo largo era en ambos casos siempre *exactamente* 260 días, mientras que el corto aumentaba periódicamente (aproximadamente en intervalos de 4 años) por 1 día. Un caso parecido presenta el cerro Tlamacas, visto desde el Templo Mayor de Tenochtitlan: el intervalo largo entre las fechas señaladas, 30 de abril y 13 de agosto, era siempre de 260 días sólo si las fechas relevantes eran aquellas en que el Sol salía sobre el cerro tocando la cumbre con su limbo inferior. La observación de esta posición del Sol es indicada también por los datos de Calixtlahuaca y Texcotzingo (véase apartados correspondientes a los sitios mencionados en el capítulo 5).

Los hechos notados sugieren que las técnicas de observación preferidas cambiaron a través del tiempo, y que la práctica de observar el primero o el último rayo solar a lo largo de los alineamientos fue gradualmente sustituida por la observación del limbo inferior del Sol, en el momento de su primero o último contacto con el horizonte. Podemos conjeturar que estos cambios tienen alguna relación con el desarrollo de las técnicas de observación indirecta. Según el modelo evolutivo de Hartung (1981: 34), las observaciones a la intemperie y el manejo de calendarios de horizonte representan la etapa temprana, mientras que la incorporación de alineamientos astronómicos en la arquitectura corresponde a etapas más avanzadas del desarrollo y uso de la astronomía. A la luz de las analogías etnográficas del Suroeste norteamericano, y recordando algunos dispositivos observacionales mesoamericanos (*v. supra*), es probable que al menos algunos de los edificios orientados astronómicamente tuvieran elementos arquitectónicos que permitían observar la proyección de los rayos solares en determinadas fechas. Asimismo es de suponer que, con el desarrollo de las técnicas de construcción, las observaciones de este tipo llegaron a ser más sofisticadas y más comúnmente empleadas. Si consideramos que los juegos de luz y sombra eran, desde luego, mejor visibles cuando todo el disco solar estaba encima del horizonte, es posible que la creciente preferencia por observar el Sol colocado tangencialmente sobre el horizonte a lo largo de los alineamientos estuviera relacionada con el desarrollo de estas prácticas. En cambio, al prevalecer la técnica de observación *directa* del Sol, debe haber sido más conveniente observar el limbo superior del disco solar (el primero o el último rayo del Sol), cuando el brillo del astro es menos intenso y molesto para los ojos (agradezco la

advertencia a Johanna Broda, octubre de 1997). Quiero subrayar, sin embargo, que la idea propuesta acerca de las tendencias en la evolución de las técnicas de observación se basa en datos relativamente escasos y tendrá que ser verificada. Puesto que la precisión esperada a menudo pudo lograrse, según los datos disponibles, con la observación del centro del disco solar sobre el horizonte a lo largo de los alineamientos, esta práctica debe haber sido común en todos los periodos. Hay que advertir, empero, que la técnica observacional empleada no siempre es reconstruible, ya que las fechas correspondientes a un alineamiento en diversos casos no varían en función de la posición del Sol observada.

No obstante las advertencias expresadas, algunos casos, por ejemplo, los alineamientos en Tenayuca y el Templo Mayor de Tenochtitlan, parecen atestiguar de manera contundente el grado de precisión lograda en los calendarios observacionales. Para que determinados rasgos del horizonte señalaran continuamente y con exactitud las fechas en intervalos deseados, el lugar preciso debió elegirse con base en observaciones asiduas y prolongadas.

La ambición de los sacerdotes-astrónomos por manejar calendarios observacionales precisos no tiene que extrañar, si consideramos, de nuevo, los datos etnográficos del Suroeste norteamericano, donde los indios pueblo, a pesar de su evidentemente menor complejidad social respecto a la mesoamericana, esperan de sus observadores del Sol que en la predicción de la fecha de solsticio no se equivoquen más que un día; los errores cometidos pueden provocar sanciones graves, incluso la expulsión del oficio (Zeilik 1985a: S19). Puesto que las ceremonias solsticiales, cuyo objetivo es lograr que el Sol cambie la dirección de su desplazamiento, comienzan antes del solsticio, parecen claros los motivos por los que se requieren predicciones exactas:

Now consider the problem the Sun Priest faces in setting the date for the solstitial ceremonies, the last day of which should coincide with the solstice. If his predictions are late, the sun will begin its swing before the ceremonies end, thereby invalidating the effectiveness of the rituals. On the other hand, if he is too early, the sun will continue to move after the ceremonies have concluded. That would be viewed with great fear at the winter solstice, for then it would appear that the sun was moving southward to fall off the edge of the world. Hence, correct predictions of the solstices not only reinforce priestly power but also strengthen the bonds of the community with the effectiveness of their world view. Nothing less appears to be tolerated by the Pueblos. (Zeilik 1985a: S19s).

El observador del Sol también tiene la tarea de informar a la población sobre los momentos oportunos para la siembra de diversas plantas de cultivo. Aunque la subsecuente programación y realización de distintas operaciones agrícolas depende de la decisión individual de cada campesino, basada en las condiciones de tiempo y la Luna, cada etapa de trabajos es *anticipada y regulada de acuerdo con un calendario*

preciso (*ibid.*: S21). No cabe duda que la precisión observacional a la que deben haber aspirado también los astrónomos mesoamericanos tenía la misma finalidad: aunque seguramente fueron múltiples los factores que intervinieron en la selección del día exacto en el que convenía iniciar ciertas actividades (*cf.* Guiteras-Holmes 1961: 35; López Austin 1994: 117; Tedlock 1991), las fechas determinadas astronómicamente y anunciadas por los sacerdotes marcaban momentos claves para realizar las ceremonias que *inauguraban oficialmente* el periodo de trabajos correspondientes a esa época del año.

Calendarios observacionales y el calendario oficial

Varios investigadores han tratado de relacionar las fechas registradas por orientaciones en la arquitectura con ciertas fechas del año calendárico formal, suponiendo que éste mantenía una correlación fija con el año trópico. De acuerdo con los modelos de Tichy (*v. supra*, "Calendarios observacionales: Características generales"), algunas fechas señaladas por orientaciones caían en los días finales de los meses de 20 días. Asimismo se ha sugerido que las orientaciones que corresponden a las salidas del Sol el 12 de febrero marcaban el inicio del año calendárico, ya que con este día, según el *Códice Florentino* y la *Historia general* de Sahagún, comenzaba el año mexica (Tichy 1981: 231ss; 1982: 78; 1991: 134ss; Galindo 1990: S26s; 1994: 129; Broda 1993: 261; Morante 1993; 1996; 1997: 118, 125; Flores 1995: 131). A pesar de los argumentos expuestos repetidas veces por distintos especialistas, acerca de la imposibilidad de ajustar sistemáticamente el año calendárico mesoamericano con el año trópico, siguen planteándose hipótesis contrarias, por lo que parece necesario volver a discutir el problema.

Se ha afirmado que el reconocimiento de la falta de concordancia entre los años trópico y calendárico, basado en observaciones astronómicas a lo largo de los alineamientos, *necesariamente* resultó en la aplicación de correcciones periódicas del calendario formal (Tena 1987: 29s; Galindo 1990: S31, S33; 1994: 129; Morante 1993; Flores 1995: 127). En realidad, las aserciones de este tipo no requieren de discusión, puesto que no se basan en evidencias sino tan sólo en la opinión de sus autores. Entre los argumentos a favor del ajuste periódico, Tena (1987: 68) menciona la "correspondencia que se advierte entre los fenómenos solares y las celebraciones veintenaes del calendario en el momento de la conquista"; en apoyo a su afirmación cita los trabajos de Tichy y Aguilera, pero con esto invalida su argumento, puesto que las correlaciones propuestas por los dos autores son diferentes. En general, el hecho de que distintas correlaciones pueden interpretarse como "astronómicamente significativas" quita el peso a las hipótesis

que favorecen una u otra correlación con base en su supuesta concordancia con los fenómenos solares.

Por otra parte, Castillo (1971: 76s) y Carrasco (1979) observan que es la conexión entre las ceremonias de los meses, las estaciones, el ciclo agrícola y las actividades sociales la que sugiere la existencia de algún medio para ajustar el año calendárico indígena con el solar. Al realizar un análisis profundo del contenido de las fiestas de los meses del calendario mexicana, también Broda (1971; 1983) argumenta que había "una correspondencia entre los ritos, los fenómenos climatológicos y la agricultura", por lo que concluye que "debe haber existido algún método, aún desconocido, para mantener el calendario en concordancia con el año solar" (Broda 1983: 145). Los planteamientos de este tipo son dignos de tomarse en consideración, pero el problema que tienen que enfrentar es la manera en que pudieran haberse efectuado las correcciones calendáricas.

La mecánica del calendario mesoamericano no es compatible con ningún sistema de correcciones comparable al de nuestro calendario gregoriano (o también juliano), ya que los días intercalares, teniendo nombres en los ciclos de 260 y de 365 días, hubieran estropeado la alternancia conocida de los portadores del año y la conmensurabilidad de diversos ciclos. En vista de este hecho, Castillo (1971) formuló una hipótesis que parecía superar el problema. El autor interpreta algunos datos existentes en documentos escritos como alusiones a correcciones cuatrienales del año calendárico azteca: cada cuarto año 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. 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 (y todos los días en el año correspondiente) empezaban a mediodía, al anochecer, a medianoche y al amanecer; Mora-Echeverría (1997) presentó diversos datos que, según su opinión, apoyan la propuesta de Flores. Las hipótesis referidas difieren en detalle, pero tienen el mismo efecto práctico, implicando que la duración media del año calendárico indígena era de 365.25 días, mientras que los nombres de los días del año no eran más que 365.

Aunque algunos investigadores han mencionado los hechos por los que las hipótesis de este tipo son insostenibles (*cf.* Graulich 1990: 316ss), creo que ningún estudio reúne todos los datos relevantes. Las ideas acerca de un calendario solar correlacionado de manera permanente con el año trópico son relativamente populares en los estudios sobre las orientaciones astronómicas, por lo que considero necesario profundizar en el tema y resumir los argumentos pertinentes.

Argumentos en contra de intercalaciones en el calendario mesoamericano

No tiene sentido citar a los cronistas tempranos que niegan la existencia del año bisiesto en el calendario nativo, puesto que otros afirman lo contrario (*cf.* Tena 1987: 55ss). Son las evidencias intrínsecas sobre el calendario las que hacen patente la imposibilidad de que se hayan efectuado intercalaciones periódicas y sistemáticas.

Uniformidad panmesoamericana del sistema calendárico

Desde que La Farge (1934) mostró que las fechas de diversos calendarios de la región maya e incluso del centro de México, documentadas etnográfica e históricamente, manifiestan la misma correlación con el calendario europeo, el sincronismo de los calendarios mesoamericanos ha sido ampliamente comprobado. Los calendarios que se conservan entre las comunidades indígenas actuales, sobre todo en los altos de Guatemala, son particularmente ilustrativos al respecto. Miles (1952) clasificó los calendarios sobrevivientes en tres tipos estructurales: los que conservan sólo el ciclo de 260 días, los que conservan sólo el de 365 días y los que siguen combinando ambos ciclos.³²

Los calendarios del tipo C de Miles (1952: 275ss, tabla 3), que conservan sólo el año de 365 días, con 18 meses de 20 días y 5 días restantes, son menos interesantes para la presente discusión: sus correlaciones con el calendario gregoriano son diferentes, pero fijas; es decir, el año calendárico de un grupo indígena siempre comienza en la misma fecha del calendario gregoriano. Esta, sin embargo, no es una prueba de que se efectuaran intercalaciones. Se trata, más bien, de variantes empobrecidas y alteradas del calendario prehispánico: aunque persiste la noción de que los meses tienen 20 días cada uno y que se agrega un periodo de 5 días, y a pesar del conocimiento de la posición de distintos meses en el año y de su relación con ciertos cambios estacionales y actividades agrícolas, es evidente que los días no se cuentan con exactitud, ya que:

- el año, por su estructura reportada, tiene invariablemente 365 días, pero comienza siempre en la misma fecha del calendario gregoriano; puesto que los indígenas normalmente no son cons-

³² La clasificación de Miles requiere en la actualidad de algunas correcciones, como previó ya la autora misma, tanto por nuevos descubrimientos de calendarios sobrevivientes como por algunas investigaciones recientes que muestran la necesidad de modificar el esquema (*cf.* Tedlock 1982: 92s).

cientes del año bisiesto en el calendario gregoriano (*cf.* La Farge y Byers 1931: 158; La Farge 1947: 166; Guiteras–Holmes 1961: 36; para un caso contrario véase Tena 1987: 64), es obvio que determinan el inicio de su año y de los meses simplemente con base en ciertas fechas o festividades cristianas;³³

- incluso en una misma comunidad encontramos discrepancias en cuanto a la secuencia de los meses y la correlación exacta de las fechas del año indígena con las del calendario gregoriano (*cf.* Guiteras–Holmes 1961: 32; Weitlaner y Weitlaner 1946; Thompson 1950: 104s).

Las circunstancias mencionadas indican que los calendarios de este tipo quedaron, en distintos momentos después de la Conquista, “congelados” en el año calendárico europeo (Edmonson 1988: 107ss), por lo que no pueden ser relevantes para las consideraciones acerca de la correlación exacta de los calendarios prehispánicos con el calendario europeo (salvo si conocemos el año del “congelamiento”; *cf. ibid.*). Las inconsistencias reportadas en los nombres de los meses, sus secuencias y su correlación con el calendario juliano o gregoriano deben haber sido causadas por el impacto de la cristianización, en algunas regiones más fuerte que en otras. Como hace notar Thompson, la situación es muy diferente en las comunidades que han logrado conservar la cuenta de 260 días:

In that case we are dealing with a highly ritualistic count divorced from seasonal influences, and with an immutable sequence, any tampering with which would send all divinations awry. Moreover, the almanac has for its maintenance a body of priests or shamans. Consequently, wherever the 260-day almanac still is used there is no confusion in the order of the days. (Thompson 1950: 105.)

Todos los calendarios documentados etnográficamente en los altos de Guatemala conservan la cuenta de 260 días; muchos la combinan, además, con el ciclo de 365 días (tipos B y A, respectivamente, de la clasificación de Miles 1952: 273ss, tablas I y II). Los nombres de los signos de veintena del ciclo de 260 días presentan variantes locales, pero en vista de diversas similitudes debidas al parentesco lingüístico, no es difícil identificar los signos equivalentes en distintas variantes. Todos los ciclos rituales para los que hay datos de correlación manifiestan una concordancia exacta; es decir, una determinada fecha gregoriana corresponde en todas partes a la misma fecha del ciclo de 260 días (La Farge y Byers 1931: 158s; La Farge 1934; 1947: 163ss;

³³ Según Guiteras–Holmes (1961: 32), los tzotziles de San Pedro Chenalhó siempre consultan el calendario cristiano para corroborar las fechas importantes de su propio año calendárico.

Thompson 1950: 303; Miles 1952: 280s, tabla IV). Miles (1952: 281) observa que los ciclos de 260 días fueron encontrados en poblados alejados uno del otro, lo que parece eliminar la posibilidad de que fueran sincronizados en tiempos recientes. Hay que decir que tal posibilidad quedó descartada ya cuando La Farge y Byers (1931: 175s) y La Farge (1934: 110ss) mostraron que las correlaciones etnográficamente reportadas del ciclo de 260 días con el calendario gregoriano no sólo son congruentes entre sí sino que, además, manifiestan perfecta concordancia con algunas fechas dobles –dadas en ambos calendarios– que aparecen en documentos antiguos de Guatemala, en la Crónica de Oxkutzcab de Yucatán y en la *Relación* de Landa (con la discrepancia de 1 día en este último caso; véase posibles explicaciones en: La Farge 1934: 114ss; Thompson 1950: 304; 1955: 2s; 1974: 84; Nowotny 1958: 612ss). Estos datos comprueban el sincronismo y la continuidad ininterrumpida de la cuenta de días en el área maya desde el siglo XVI. Más aún, Thompson (1950: 303) advirtió que la fecha de la toma de Tenochtitlan, registrada en varias fuentes como el 13 de agosto de 1521 y el día 1 Cóatl, está de acuerdo con la misma correlación (cf. Nowotny 1968: 95s); al observar que muchas pruebas del área maya, e incluso un calendario mixe reportado por Miller, concuerdan con la ecuación 1 Cóatl = 13 de agosto de 1521 del calendario juliano, Thompson (1955: 3) concluyó que esta correspondencia absoluta de diversos calendarios, distanciados en tiempo y espacio, hace sumamente improbable que hubiera en el México central otros calendarios con correlaciones diferentes.³⁴

Los argumentos de Thompson fueron decididamente respaldados por Caso (1967: 48), quien agregó y analizó diversos datos calendáricos del centro de México que manifiestan la conformidad con la ecuación referida y apoyan el sincronismo panmesoamericano de la cuenta de 260 días. En su detallado estudio elaboró la correlación del calendario mexica para la época de la Conquista (*ibid.*: 41ss, tablas IV–VI).

La mayoría de los calendarios que sobreviven en Guatemala, pertenecientes al tipo A de Miles (1952: 273ss, tabla I), todavía celebran el comienzo de cada año de 365 días cuando entra el nuevo portador del año (cf. Lincoln 1945; La Farge y Byers 1931: 153ss; La Farge 1947: 123, 163ss; Tedlock 1982: 99s). Puesto que el año indígena tiene en estos casos estricta e invariablemente 365 días, su inicio retrocede cada cuatro años 1 día en el calendario gregoriano. Como observa Thompson (1955: 4ss), los principios del año en distintos calendarios

³⁴ Hay que reconocer que ya La Farge (1934: 116s) sugirió que el "tzolkin intertribal" incluía el centromexicano, pero se basó en la fecha de la entrada de Cortés a Tenochtitlan, 8 Ehécatl 9 Quecholli, 8 de noviembre de 1519; sobre algunos problemas que conciernen a esta fecha, v. *ibid.*: 117; Caso 1967: 51ss; Prem 1983a: 157.

mayas documentados histórica y etnográficamente difieren, pero existe la correspondencia general entre los uinales o meses de 20 días; todas las discrepancias en la correlación de los ciclos de 365 días y de sus meses pueden explicarse en términos de la variabilidad de la colocación del periodo de 5 días y de las series de portadores del año usadas (cf. La Farge 1934: 112, 117ss; las evidencias epigráficas indican claramente al menos un cambio de portadores del año ocurrido en el área maya a finales del Clásico: Thompson 1950: 127s, 304s). Aportando diversos datos calendáricos del centro de México, Caso (1967: 73) concluye:

Significa eso, según creemos, que la correlación entre los años azteca y maya *era completa* no sólo en lo que se refiere a los días, sino a su posición en los meses, con la excepción, por supuesto, que proviene de la diferente colocación de los *huayeb* [*sic!*] (antes de *Pop*) y los *nemontemi* (antes de *Izcalli*).

Recientemente Prem (1983a; 1983b; 1991) retomó y amplió el estudio de la información calendárica del México central, analizando también diversos datos contradictorios que proporcionan las fuentes coloniales acerca de la estructura y la correlación de los calendarios nativos. Prem mostró –confirmando las sospechas expresadas ya por Nowotny (1958: 620)– que las evidencias incompatibles no reflejan el uso simultáneo de calendarios esencialmente diferentes en el centro de México, como habían pensado algunos investigadores, sino que son resultado de reconstrucciones erróneas hechas *a posteriori*, con base en conocimientos deficientes del calendario prehispánico, o por motivos de ajustarlo al calendario cristiano. Ejemplificando distintos tipos de intervenciones que resultaron en mayor o menor distorsión del calendario indígena, Prem (1991: 395) subraya que “ninguno de estos calendarios ficticios o modelo se presta como base para intentos de reconstruir o aclarar el calendario autóctono.” Asimismo analiza las interpretaciones de Caso y concluye que su correlación día por día establecida para el calendario mexica en los tiempos de la Conquista parece irrefutable, corroborando el ciclo perpetuo del *tonalpohualli*, mientras que el problema del inicio del año y de la colocación de los *nemontemi* sigue abierto; las evidencias no apoyan la hipótesis de Caso de que el primer mes del año mexica era *Izcalli*, quedando los meses *Atlcahualo* y *Tlacaxipehualiztli* como las únicas alternativas viables para el principio del año en el México central (Prem 1983a; 1991).

Las rectificaciones de Prem no afectan las conclusiones de Caso relevantes para la presente discusión. Considerando la correspondencia entre los calendarios documentados en regiones tan alejadas una de la otra como el México central y el área maya, resulta altamente probable que, en el momento de la Conquista, el ciclo de 260 días estaba sincronizado en toda Mesoamérica. Los años de 365 días comenzaban

en distintas áreas con meses diferentes, pero parece significativo que éstos estaban aproximadamente correlacionados; las discrepancias, que al parecer nunca alcanzan más de siete días, se deben a que:

- los cinco días que completaban el año de 365 días ocupaban posiciones diferentes en distintos calendarios;
- los días iniciales de los meses variaban en función de la serie de portadores del año (fechas del ciclo de 260 días) que estaba en uso y de la posición que ocupaba el portador en un mes (primero o último día) (cf. La Farge 1934: 117ss; Thompson 1955; Caso 1967: 73, 77s; Edmonson 1988: 5ss, fig. 3).

Debido a estas variaciones también eran diferentes los nombres que tenían los años en distintas variantes del calendario mesoamericano. No obstante, las características diferencias en la correlación de los meses sugieren que también el ciclo de 365 días estaba originalmente sincronizado y que, con el paso del tiempo, los meses quedaron ligeramente desfasados, a raíz de las modificaciones adoptadas de manera independiente en diversas regiones, resultando en diferencias respecto al inicio del año, los portadores y su colocación, y la posición del periodo de 5 días (cf. La Farge 1934: 121s).

En vista de lo expuesto, no parece contundente el argumento de Mora–Echeverría (1997: 157ss) de que la coincidencia de los meses en los calendarios proporcionados por Sahagún y Landa refleja la correlación fija de los años calendáricos indígenas con el año trópico.³⁵ Considerando la unidad mesoamericana del calendario, la correspondencia aproximada entre los meses mayas y mexicas en las correlaciones de Landa y Sahagún se debe simplemente a que ambos autores copiaron sus datos en aproximadamente la misma época.

A la luz de las evidencias disponibles podemos concluir que, *a partir de la Conquista, ninguno de los calendarios mesoamericanos que siguen contando los días del ciclo ritual con precisión –y que, por tanto, no fueron “congelados” en el año juliano o gregoriano– ha sufrido alguna interrupción o intercalación.*

Probablemente el más minucioso de los estudios recientes que tratan de reunir pruebas en favor del bisiestro indígena en el centro de México es el de Tena (1987). El autor analiza una gran cantidad de datos

³⁵ En realidad, la correspondencia no es exactamente tal como sostiene Mora–Echeverría (1997: 166), ya que en su esquema (*ibid.*: 158s, cuadro 1), en el que asigna al primer día de cada mes maya el numeral 0, omite el día 0 Pop, inmediatamente antes del 1 Pop que, según Landa, correspondía al 26 de julio del calendario gregoriano. Si corregimos el error e introducimos el día faltante, todos los inicios de los meses mayas, antes del 26 de julio, se desplazan por un día, por lo que el primer día del mes mexica Atlcahualo (12 de febrero, inicio del año, según Sahagún) no corresponde a la fecha maya 1 Zac (*ibid.*) sino 2 Zac.

iconográficos e históricos para sustentar la hipótesis de que el año calendárico mexica principiaba con Atlcahualo, colocándose los días *nemontemi* inmediatamente antes de este mes, y que en los años cuyo nombre tenía el signo de Técpatl se agregaba un sexto día *nemontemi*, cuyo nombre de *tonalpohualli* era igual al del día anterior. Una parte de la argumentación analiza la fecha de la entrada de Cortés a Tenochtitlan y su relación con la de la caída de la ciudad. Según la mayoría de las fuentes, los españoles llegaron a la capital mexica el 8 de noviembre de 1519, que era el noveno día del mes Quecholli indígena. Caso (1967: 53) notó que el día 8 Ehécatl que algunas fuentes relacionan con el evento cayó, de acuerdo con la ecuación 1 Cóatl = 13 de agosto de 1521 (toma de Tenochtitlan), el 9 de noviembre, mientras que el día anterior, 7 Cipactli, no aparece en ningún documento, por lo que sugirió que la discrepancia puede deberse a que "los aztecas, como otros pueblos de Mesoamérica, no contaban el día de media noche a media noche, sino de medio día a medio día"; por lo tanto, "el día 8 de noviembre pudo llamarse 7 Cipactli y 8 Ehécatl" (*ibid.*). En cambio, Tena (1987: 45s, 49s) observa, así como anteriormente Castillo (1971: 92ss), que la correlación del 8 de noviembre sólo con la fecha 8 Ehécatl es compatible con la ecuación indiscutible 1 Cóatl = 13 de agosto de 1521, si suponemos que en el lapso entre ambas fechas fue intercalado un "día bisiestro" indígena, precisamente aquel que, según su esquema de intercalaciones cuatrienales, fue añadido al final del año 2 Técpatl (1520–1521). Con base en su interpretación de los datos de correlación, Tena (1987: 85ss) concluye que el primer día del mes Atlcahualo y del año mexica caía permanentemente el 13 de febrero del calendario juliano.³⁶

Estando consciente de que Sahagún, en su *Códice Florentino*, hace comenzar el año el día 2 de febrero del calendario juliano, Tena (1987: 87) se ve obligado a reconocer que, "mientras a partir del 13 de agosto de 1521 se intercalaron oportunamente los días bisiestros del calendario juliano, no se volvió a intercalar ningún 'biquinto' de *nemontemi* en el calendario indígena", generándose así, la diferencia de 11 días entre la correlación de Sahagún y la suya. Si esta interpretación, implicando que los mexicas antes de la Conquista tuvieron un sistema de intercalaciones prácticamente idéntico al empleado en el calendario juliano, pero lo abandonaron justamente cuando éste fue introducido por los españoles, no es por sí misma poco verosímil, cabe agregar que para sostenerla tendríamos que postular *el mismo escenario para todos los pueblos mesoamericanos de cuyos calendarios confiablemente*

³⁶ La correlación perpetua anteriormente propuesta por Castillo (1971: 99ss) difiere de la de Tena únicamente en la posición del día intercalar.

*correlacionados con el europeo tenemos conocimiento; es decir, todos estos calendarios deberían haber tenido el mismo sistema cuatrienal de intercalaciones, abandonándolo en cosa de cuatro años –alrededor del año 1521–, porque de otra manera no es explicable la perfecta coincidencia de todas las variantes documentadas del ciclo de 260 días, y tampoco la correspondencia casi exacta de los meses del ciclo de 365 días (v. *supra*). Las distancias entre diversas áreas mesoamericanas con calendarios sincronizados, las diferentes velocidades con las que avanzaba la conquista política y espiritual, así como la persistencia con la que en algunas áreas se siguen contando los días y celebrando las ceremonias calendáricas de origen prehispánico, hacen sumamente improbable la idea de que se hubiera abolido, en todas partes y en un lapso tan corto, precisamente la práctica de intercalaciones.*

El estudio de Tena (1987), aunque trata de ser objetivo, basándose en un análisis detallado de las fuentes, y pese a que varias interpretaciones son sugerentes, no toma en consideración los hechos que se acaban de exponer y que son, en mi opinión, inconciliables con cualquier hipótesis que postula las intercalaciones periódicas en el calendario prehispánico. Las mismas observaciones pueden hacerse en relación con el artículo de Mora–Echeverría (1997), quien argumenta que ciertos datos en los códices y documentos coloniales apoyan la propuesta de Flores (1995) de que el año calendárico indígena tenía 365 días y 6 horas. Por consiguiente, los diversos datos que los autores citados interpretan como alusiones a uno u otro tipo de intercalaciones han de tener explicaciones diferentes. De hecho, creo que varios problemas relevantes han sido resueltos por Prem (1983a; 1983b; 1991), aunque indudablemente hay otros que todavía aguardan la solución. Uno de los datos que no han sido aclarados de manera satisfactoria es la fecha de la entrada de Cortés a Tenochtitlan. Prem (1983a: 157) rechaza la propuesta de Caso (1967: 53) de que el día se contaba de mediodía a mediodía y que la fecha 8 Ehécatl entró ya en el 8 de noviembre de 1519, y prefiere pensar que se trata de un error cometido en el cálculo retrospectivo, al omitir contar el día intercalar del año bisiesto de 1520. No obstante, cabe hacer notar que el inicio del día a la puesta del Sol o a mediodía ha sido documentado históricamente y etnográficamente en diversas partes de Mesoamérica (Córdova 1886: 212; La Farge y Byers 1931: 171; La Farge 1934: 115ss; Caso 1967: 53; Graulich 1990: 319ss), por lo que no podemos descartar la posibilidad de que también los mexicanos tuvieran la misma costumbre.

Por último, cabe referirnos a la opinión expresada por varios investigadores (*e. g.* Tichy 1981: 231ss; 1982: 78; 1991: 134ss; Galindo 1990: S26s; 1994: 129; Flores 1995: 131; Broda 1993: 261; Morante 1993; 1996; 1997: 118, 125; Mora–Echeverría 1997: 161) y basada en la correlación calendárica que da Sahagún en su *Códice Florentino*

e *Historia general*, de que la fecha 12 de febrero, señalada por un grupo de orientaciones de la familia de 17°, marcaba el inicio del año calendárico indígena. Es ilustrativo que el mismo Tena (1987), aunque también sostiene, junto con los autores citados, que el año mexica mantenía la concordancia con el año trópico, a la vez acepta que la correlación de Sahagún no se puede considerar como fija y relevante, puesto que no concuerda con la correlación firmemente establecida para la época de la Conquista.³⁷ En su detallado estudio sobre los calendarios aztecas de Sahagún, Bartl, Göbel y Prem (1989) argumentan que la correlación que aparece en el *Códice Florentino* y que hace comenzar el año mexica con el 2 (12) de febrero del calendario juliano (gregoriano) representa uno de los últimos intentos del fraile de sintetizar y conciliar los datos aparentemente contradictorios que le fueron transmitidos y que pertenecían a dos tradiciones diferentes, de las que una colocaba los *nemontemi* antes del mes Atlcahualo y la otra después (*ibid.*: 60). Según Bartl *et al.* (1989: 59ss), las distintas variantes de correlación que proporciona Sahagún en sus numerosas obras y que manifiestan, además, incoherencias internas, reflejan sus intentos de corregir los datos incompatibles, pertenecientes a las dos tradiciones, y unirlos en un solo esquema. Por otra parte, las diferencias de unos días entre las fechas del calendario juliano con las que Sahagún correlaciona los meses indígenas en sus escritos tempranos (por ejemplo, *Primeros Memoriales*) y las que aparecen en obras posteriores (*cf.* Bartl *et al.* 1989: 15ss; Tena 1987: 78) también podrían deberse a que la información sobre el *mismo* calendario fue recibida en dos momentos *distintos* y, por tanto, con datos de correlación diferentes (*cf.* Nowotny 1958: 616s; Graulich 1990: 320s). Así, si comparamos la colocación de los meses mexicas en el calendario juliano en las correlaciones de Sahagún y de Caso, observamos que las diferencias pueden entenderse precisamente en términos del desfase acumulado entre los calendarios juliano e indígena a partir de la Conquista hasta la época de Sahagún; es decir, también las correlaciones de Sahagún son congruentes con la de Caso, si consideramos el desfaseamiento del calendario mexica, aunque no la corroboran de manera directa y precisa.

Es obvio, por consiguiente, que la fecha con la que Sahagún, en sus obras sintéticas, inicia el año mexica no tiene ninguna relación causal con la fecha 12 de febrero registrada por los alineamientos.

³⁷ De hecho, la correlación permanente de Tena (1987: 104ss, tablas 2-7) es idéntica a la que reconstruye Caso (1967: 65, tabla VI) para el año 3 Calli (1521-1522), puesto que ambos se basan en ciertas fechas dobles que parecen indisputables. Es justo recalcar que Tena (1987: 58s, 88) es demasiado cuidadoso para no advertir las dificultades que genera su hipótesis en relación con los datos calendáricos de Sahagún, quien "atribuye con seguridad la práctica del día intercalar a los mexicas", pero hace "en su correlación caso omiso de toda intercalación en el calendario indígena" (*ibid.*: 88).

Tablas de Venus

Hace décadas, Palacios (1932: 23) comentó que los indígenas “usaban un año civil de 365 días, bien que percatándose de su desajuste progresivo respecto del año trópico; pero no introdujeron días intercalares para corregirlo, en atención al desarreglo que hubiese sobrevenido en el cómputo de los movimientos de Venus, que simultáneamente consideraban en su calendario.” En relación con la propuesta de Castillo (1971), Prem (1991: 393, nota 1) precisa que “la tesis tiene que refutarse porque la ecuación entre cinco revoluciones sinódicas del planeta Venus (5×584 días) y ocho años solares (8×365 días) no permite intercalar día alguno.” Examinemos con mayor detalle de qué se trata.

Al asignar al periodo sinódico de Venus la duración de 584 días (valor medio verdadero: 583.92 días), los mesoamericanos sabían –seguramente ya desde el Clásico– que cinco periodos sinódicos del planeta equivalen a ocho años de 365 días. El conocimiento de esta relación está atestiguado de la manera más explícita en la Tabla de Venus del *Códice Dresden*. La página con información introductoria es seguida por la tabla propia que consta de cinco páginas; puesto que en el renglón inferior de cada página se encuentran cuatro números cuya suma es 584 días, y considerando que los glifos de Venus aparecen a lo largo de toda la tabla, es obvio que las cinco páginas corresponden a cinco periodos venusinos, refiriéndose los cuatro números en cada página a los periodos de visibilidad e invisibilidad del planeta. Asimismo, encontramos en cada página las fechas de los ciclos de 260 y de 365 días a las que llevan estos intervalos y que corresponden a los días de la primera y la última visibilidad del lucero matutino y de la primera y la última visibilidad de la estrella vespertina. La ecuación entre cinco periodos venusinos de 584 días y ocho años de 365 días ($5 \times 584^d = 8 \times 365^d = 2,920^d$) implica que cada ocho años un mismo fenómeno observable (por ejemplo, la salida helíaca de la estrella de la mañana) caía en la misma fecha del año calendárico. Es por ello que la Tabla de Venus consta de cinco páginas: al transcurrir un ciclo de 5 periodos sinódicos (8 años), las fechas del año tabuladas en las que caían los fenómenos venusinos en este ciclo empezaban a repetirse y la tabla podía volver a usarse desde el principio. Las fechas correspondientes de la cuenta de 260 días aparecen, en la parte superior izquierda de cada página, en 13 líneas, porque tuvieron que transcurrir 13 ciclos de 5 periodos venusinos, o 104 años –lapso que representa el mínimo común múltiplo de los ciclos de 260 y de 584 días ($13 \times 5 \times 584^d = 104 \times 365^d = 146 \times 260^d = 37,960^d$)–, para que estas fechas se repitieran (Šprajc 1996b: 39, 50ss, figura 2.7, lámina 2).

Por consiguiente, la utilidad de la Tabla de Venus del *Códice Dresden* se basa en la ecuación entre 5 periodos sinódicos del planeta

y 8 años de 365 días: el lapso requerido para que determinados fenómenos venusinos volvieran a caer en las mismas fechas del año calendárico era 2,920 días ($= 5 \times 584^d = 8 \times 365^d$). Al suponer que un año calendárico tenía, en promedio, 365.25 días, ya por intercalaciones cuatrienales (Castillo 1971; Tena 1987) ya porque se agregaban 6 horas al final de cada año (Flores 1995; Mora-Echeverría 1997), un ciclo de 8 años hubiese tenido, en realidad, 2,922 días. Puesto que 5 periodos venusinos duran sólo 2,920 días, la tabla hubiera sido inútil: suponiendo que los fenómenos venusinos cayeron en las fechas indicadas en la tabla en un ciclo de 8 años, en el siguiente hubiesen ocurrido *dos días antes de las fechas tabuladas*; las diferencias habrían aumentado, desde luego, en los siguientes ciclos. Por lo tanto, la estructura de la Tabla de Venus no es explicable si postulamos que se realizaban correcciones regulares, intercalando días sin nombre o con nombres repetidos, o prolongando la duración del último día de cada año.

Cabe advertir que las fechas exactas en que pueden observarse ciertos fenómenos venusinos dependen tanto del lugar de observación y de las condiciones atmosféricas como de las capacidades y conocimientos del observador. Además, las duraciones de los periodos sinódicos del planeta y de los intervalos de su visibilidad e invisibilidad no son constantes sino varían de un periodo sinódico al otro, por lo que las fechas consecutivas en las que ocurre un mismo fenómeno (por ejemplo, la salida heliaca de la estrella matutina) no están constantemente separadas por el mismo intervalo de días, equivalente a la duración media del periodo sinódico. Debido a las variables mencionadas, las fechas en que podrán observarse ciertos fenómenos no pueden predecirse infaliblemente con mucha precisión. Sin embargo, las variaciones en la duración del periodo sinódico y de sus subdivisiones manifiestan patrones de 8 años, y son precisamente estos ciclos de 8 años, o 5 periodos sinódicos, los que debieron haber permitido el reconocimiento de la duración *media* de ciertos periodos, por ejemplo, a revolución sinódica de 584 días y el intervalo de 8 días correspondiente a la invisibilidad del planeta alrededor de la conjunción inferior. Este último es, entre los intervalos de visibilidad e invisibilidad de Venus en el *Códice Dresden*, el único que concuerda con la realidad observacional (Aveni 1992: 89, 92ss, tabla 3.2, figura 3.1); aunque se trata de la duración *media*, es evidente que las salidas heliacas después de este lapso de invisibilidad eran realmente observadas y pronosticadas, al menos en intervalos de 8 años: según el argumento contundente de Lounsbury (1983), la base real de la Tabla de Venus fue el 20 de noviembre de 934 d.C., día en el que con toda probabilidad –de acuerdo con lo que sabemos acerca de las circunstancias que permiten la visibilidad del planeta– pudo observarse la salida heliaca del lucero matu-

tino. Por consiguiente, resulta obvio que a pesar de las peculiaridades del movimiento aparente de Venus y de las imprevisibles condiciones atmosféricas, las fechas de ciertos fenómenos observables podían ser determinadas con bastante precisión, y que una de las preocupaciones de los autores y usuarios de la Tabla de Venus del *Códice Dresden* era la de mantener la concordancia de sus efemérides con los fenómenos observados. Esta relación entre las fechas tabuladas y la realidad observacional, desde luego, no hubiese sido posible al efectuarse los ajustes sistemáticos del año calendárico al año trópico. La composición de la tabla indica claramente, además, que su función era facilitar las predicciones de los eventos venusinos durante muchos ciclos de 8 años,³⁸ por lo que tampoco es aceptable la idea de que las intercalaciones se realizaran en intervalos más largos, agregando, por ejemplo, 13 días cada 52 años, como propusieron algunos autores (citados en Tena 1987: 53s).

También los fragmentos conservados del *Códice Grolier*, manuscrito maya recientemente descubierto, son páginas de una tabla de Venus basada en los mismos parámetros y principios que la tabla del *Dresden*. Incluso en los códices del grupo *Borgia*, provenientes del centro de México, encontramos tablas comparables a la del *Dresden*, tanto por su estructura como por la iconografía acompañante (Siarkiewicz 1995: 79ss; Šprajc 1996b: 68s, láminas 3-5). El conocimiento del ciclo venusino de 8 años en el centro de México es sugerido también por la fiesta de Atamalqualiztli, celebrada cada 8 años (Prem 1991: 393, nota 1; Šprajc 1996a: 38, 50).

Si consideramos que la relación de la fiesta de Atamalqualiztli con Venus no está comprobada y que la información de las llamadas "tablas de Venus" en los códices centromexicanos no es tan explícita como la de la Tabla de Venus del *Códice Dresden*, podríamos suponer que sólo el calendario maya no aplicaba intercalaciones. Tal idea es, sin embargo, insostenible en vista de la unidad panmesoamericana del sistema calendárico: si las intercalaciones se hubiesen efectuado sólo en algunas regiones, no encontraríamos el sincronismo de todos los calendarios mesoamericanos conocidos (v. *supra*).

³⁸ Al usarse la tabla durante varios ciclos de 8 años empezaron a ser perceptibles las discrepancias entre las fechas tabuladas y los días en que los fenómenos correspondientes realmente ocurrían, debido a la diferencia entre la duración media verdadera del periodo sinódico de Venus (583.92 días) y el valor usado por los mayas (584 días). Las correcciones necesarias para eliminar el error acumulado se aplicaban ocasionalmente y en intervalos diferentes, pero no menores de 90 años; además, el mecanismo de correcciones, reconstruido con base en la información que aparece en la página introductoria de la Tabla de Venus del *Códice Dresden*, es congruente con la cuenta continua de los años de 365 días e incompatible con la intercalación de días sin nombre (cf. Lounsbury 1983; Šprajc 1996b: 58ss).

Resumen

Las propuestas de Castillo (1971), Tena (1987), Flores (1995) y Mora-Echeverría (1997) difieren en detalles que conciernen a la técnica empleada para efectuar las correcciones, pero su implicación común es que el año calendárico indígena tenía, en promedio, 365.25 días, mientras que las evidencias presentadas son compatibles únicamente con la duración del año de 365 días. Debemos concluir, por tanto, que la estructura del sistema calendárico mesoamericano no incorporaba ningún mecanismo de intercalaciones o correcciones sistemáticas que hubiesen mantenido, de manera automática, la concordancia perpetua del año civil con el trópico.

El caso del calendario mesoamericano no es singular en la historia de la humanidad: también el año calendárico de los antiguos egipcios tenía invariablemente 365 días (Waerden 1974: 9s); aunque hubo dos intentos para introducir intercalaciones cuatrienales mediante decretos (en los siglos III y I a.C.), las reformas no se aplicaron en la práctica, por haber sido demasiado fuerte la tradición (Parisot s.a.: 120).

Es de suponer que también en Mesoamérica el conservadurismo en la tradición religiosa, de la que el calendario formaba parte, hacía imposible realizar reformas que hubiesen destruido la armonía numérica del sistema calendárico. Además, los sacerdotes probablemente ni siquiera tenían el interés de instaurar un calendario que mantuviera la concordancia con el año de las estaciones, puesto que, de haberlo hecho, indudablemente hubiesen perdido una buena parte de su poder y prestigio: el campesino que en la actualidad usa el calendario gregoriano no necesita consultar al párroco acerca de las fechas adecuadas para realizar sus trabajos en la milpa; en cambio, un calendario cuyas fechas no coincidían permanentemente con los mismos cambios estacionales no pudo ser un medio suficiente para regular actividades de este tipo, por lo que la asesoría de los especialistas resultaba indispensable (*cf.* Graulich 1990: 348s).

¿Ajustes irregulares del año calendárico al año trópico?

Las conclusiones del apartado anterior hacen necesario abordar el problema del significado de los rituales que se realizaban en las fiestas de los meses del año. Varios autores han advertido que las ceremonias mexicas correspondían a los cambios estacionales y actividades agrícolas en el ciclo anual (*e. g.* Castillo 1971: 76s; Carrasco 1979; Prem 1983a: 152; Aveni *et al.* 1988: 289; véase otras citas en Graulich 1990: 324s). Broda (1971; 1983; 1991a; 1991b) ha realizado los estudios más detallados al respecto; analizando la información etnohistórica so-

bre las fiestas aztecas en la época de la Conquista argumenta que los rituales de los meses estaban íntimamente relacionados con los cambios estacionales, teniendo la función de conjurar o propiciar un desenlace favorable del ciclo agrícola en sus etapas consecutivas.

También Graulich (1981; 1990; 1992) estudió extensamente las fiestas de los meses en el centro de México, incluyendo el análisis de los mitos y de los nombres de los meses, pero llegó a la conclusión contraria: las ceremonias de veintenas que se llevaban a cabo en la época del contacto, aunque llenas del simbolismo agrícola, no tenían relación con la realidad natural de los mexicas, ya que los meses del año con sus respectivos rituales estaban dislocados respecto a su posición original en el año trópico. Graulich calcula que las ceremonias de los meses del calendario que usaban los aztecas concordaban con el año agrícola en 682 d.C., pero por falta de intercalaciones se desfazaron, a partir de entonces hasta la Conquista, por más de medio año. Por tanto, las interpretaciones que para el significado de las fiestas de las veintenas mexicas proponen Graulich y Broda difieren drásticamente. Recientemente Díaz Cántora (1994: 59ss) llegó a conclusiones parecidas a las de Graulich –aunque no lo cita–, proponiendo que los nombres de los meses y las fiestas concordaban con las estaciones en la época tolteca.

No tengo conocimientos suficientes para poder evaluar las teorías de Broda y Graulich de manera exhaustiva y competente. Sin embargo, el hecho de que dos investigadores cuyas obras son de indiscutible seriedad académica lleguen a conclusiones diametralmente opuestas, usando en buena parte los mismos datos, parece indicar que las evidencias no son inequívocas y que la verdad podría estar en algún punto intermedio entre las dos posiciones extremas. Llama la atención que un dilema parecido surgió en relación con el calendario maya: mientras que Bricker (1982) argumenta, analizando el significado de los nombres de los meses en distintos idiomas mayances, que el año de 365 días fue instaurado a mediados del siglo VI a.C., cuando el primer mes Pop comenzaba en el solsticio de invierno (también Justeson 1988: 12ss, llega a una conclusión prácticamente idéntica), Bolles (1990) usa la misma especie de datos, entre otros, para apoyar su hipótesis de que el año maya mantenía una correlación fija con el año trópico. Parece prudente concluir que los nombres de los meses y el contenido de las ceremonias distribuidas a lo largo del año civil no constituyen evidencias confiables para comprobar la existencia o la ausencia de los ajustes del año formal al año trópico.³⁹

³⁹ Es ilustrativo que ni siquiera Graulich y Bricker –aunque ambos partidarios del desfase del calendario formal– coinciden en la interpretación de los datos que aducen para establecer la correlación “original” del año calendárico maya con el año trópico: véase la discusión “On the Maya Calendar” en *Current Anthropology* 23 (3), 1982, pp. 353–355.

En vista de lo discutido en el apartado anterior, es evidente que en el calendario oficial mesoamericano no se aplicaban correcciones o ajustes sistemáticos que hubieran alterado su estructura, por lo que ni los meses ni las fiestas correspondientes –si es que se realizaban siempre en el mismo día del mes, como lo sugieren las fuentes– podían conservar permanentemente la misma posición en el año trópico. Aunque es inevitable, por ende, aceptar mayor o menor grado de desfase, parece difícil, por otra parte, coincidir plenamente con la teoría de Graulich (1990), porque implica que en pocos años se hubiera inventado o puesto en orden, con respecto al año trópico, todo el complejo sistema de los ritos anuales, cuya correspondencia con los fenómenos cíclicos en la naturaleza hubiese sido importante en la época de la instauración del calendario, pero en todos los siglos por venir ya no representara ninguna preocupación para los que efectuaban las ceremonias. De ser así, tendríamos que aceptar que el ritual quedó básicamente inalterado durante más de ocho siglos, aunque no tenía ninguna función práctica, y a pesar de todas las turbulencias, migraciones y cambios políticos y culturales en general que sucedieron desde el Clásico Tardío hasta la Conquista.

Parece significativo que el mismo Graulich (1990: 352s; 1992: 22, 34), no obstante su hipótesis ortodoxa que casi no permite componendas, admite que la realidad cotidiana de los campesinos y sus ritos dictados por las necesidades prácticas influyeron en la “contaminación” de las ceremonias que formaban parte del ciclo ritual oficial y que, por consiguiente, llegaron a incluir elementos que correspondían a las condiciones impuestas por las estaciones del año. Aunque no puedo profundizar en el problema, mi impresión es que las ceremonias efectuadas a lo largo del ciclo anual estaban, en sus aspectos más importantes, vinculadas con los cambios estacionales y las actividades agrícolas correspondientes –aunque la concordancia no necesariamente era muy exacta–, pero a la vez contenían una buena dosis de elementos residuales, de los que algunos quizás fueron alterados o reinterpretados, mientras que otros simplemente permanecieron en su lugar en el año civil, aunque por haber cambiado su posición en el año trópico ya no tenían relación directa con acontecimientos reales (*cf.* Nowotny 1968: 91; Graulich 1990: 352).

Ahora bien, si reconocemos que en el centro de México durante la época de la Conquista el ciclo festivo del calendario oficial “no estaba seriamente desfasado respecto a los cambios estacionales, [...] debe haber existido algún modo de recalibrar periódicamente el sistema calendárico” (Aveni *et al.* 1988: 289). También Prem (1991: 409) advierte que “falta explicar cómo los antiguos mexicanos ajustaban de vez en cuando su año cívico–ritual al año solar o cómo evitaban la necesidad de tales ajustes calendáricos, quizás solamente mudando el

significado de las fiestas mensuales para sincronizarlas con las estaciones". Según Aveni *et al.* (1988: 289s), algunos datos en las fuentes posiblemente aluden a recalibraciones del calendario mexica. Aunque sólo podemos especular acerca de los métodos empleados, los ajustes deben haberse efectuado de manera irregular y sin alterar la estructura básica del calendario (Prem 1983a: 152).

Es posible que las fiestas de los meses fueran ocasionalmente trasladadas hacia adelante en el año formal, recuperando sus posiciones adecuadas en el año trópico (*cf.* Nowotny 1958: 621s), y que al mismo tiempo cambió el mes con el que comenzaba el año. La variabilidad que se observa en los calendarios mesoamericanos en cuanto al inicio del año civil y la colocación del periodo de 5 días pudo haber sido el resultado de este tipo de intervenciones, efectuadas en distintas regiones de manera independiente y en intervalos irregulares. También las diferentes series de portadores del año que estaban en uso podrían estar relacionadas con ajustes de esta naturaleza. Sin embargo, la correlación de los meses en los calendarios conocidos,⁴⁰ así como el ciclo de 260 días sincronizado, indican que las "reformas" nunca afectaron de manera radical la continuidad de la cuenta calendárica (La Farge 1947: 166s; Long 1946-48: 216s; Edmonson 1988: 192). Si el día que daba el nombre al año tenía que ocupar una posición significativa –el primero o el último día del año, por ejemplo–, el desplazamiento del inicio del año forzosamente resultó en la ruptura en la secuencia de portadores del año, pero parece que la colocación del portador no siempre era importante: si el año mexica principiaba con Atlcahualo o Tlacaxipehualiztli, el portador del año no ocupaba una posición que parezca significativa (Prem 1991: 409).

Si las calibraciones calendáricas se hubiesen implementado, por motivos agrícolas, con regularidad y suficiente frecuencia –por ejemplo, cada medio siglo–, los rituales del año de 365 días podrían haber servido para fines prácticos, es decir, para garantizar la debida alternancia de los cambios estacionales relevantes para el ciclo de cultivo, suponiendo que el desfase de unos días acumulado en pocas décadas no necesariamente afectaba la eficacia de los ritos. Sin embargo, los datos disponibles sobre las diferencias entre los calendarios mesoamericanos no apoyan tal suposición, ya que sugieren, más bien, que

⁴⁰ Un dato elocuente que ejemplifica la correspondencia panmesoamericana de los meses del año calendárico es la fecha 1 Tacaxepual correlacionada en el *Calendario cakchiquel* con el 31 de enero de 1685 (La Farge, 1934: 111s): en este año el primer día del mes mexica Tlacaxipehualiztli, de cuyo nombre evidentemente deriva el del mes cakchiquel, hubiera caído el 2 de febrero, considerando el desfase acumulado a partir del año 1519, cuando el 1 de Tlacaxipehualiztli correspondió al 6 de marzo (del calendario juliano), según la correlación de Caso (1967: 58, tabla IV). La diferencia de dos días se debe al uso de distintos portadores del año en los calendarios mexica y cakchiquel.

los "ajustes" no se hacían simultáneamente y de la misma forma en todas partes, y tampoco con mucha frecuencia, por lo que no pueden entenderse como mecanismos que mantuvieran, de manera sistemática y convencionalmente establecida, la correspondencia entre los años civil y trópico. Seguramente, había diferencias regionales en el grado de concordancia de las ceremonias de los meses con los cambios estacionales, dependiendo del lapso transcurrido a partir de la última recalibración del calendario. Más aun, ni siquiera podemos tener la certeza de que el motivo de las intervenciones que resultaron en las distintas variantes del calendario mesoamericano fuera, en efecto, el de mantener la concordancia del ciclo de las fiestas calendáricas con el año de las estaciones; al menos este motivo no se puede generalizar, si recordamos, por ejemplo, que en el calendario maya, atestiguado epigráficamente, nunca cambiaron el mes inicial del año y la posición de los *uayeb*.

Parece, entonces, que las ceremonias asociadas con los meses del año civil no tenían una relación inmediata y funcional con la agricultura; posiblemente formaban parte del culto estatal, vagamente (o por su origen) relacionado con el año de las estaciones, pero no directamente relevante para las necesidades prácticas y para la programación de quehaceres concretos. Si fue así, no cabe duda que, aparte de los rituales del año calendárico, había otros cuyo objetivo era asegurar un desenlace favorable del ciclo agrícola (cf. Nowotny 1958: 622; 1968: 98; Broda 1983) y que, por tanto, deben haberse efectuado en las fechas determinadas con base en observaciones astronómicas. Recordemos que las fechas más frecuentemente señaladas por los alineamientos sugieren precisamente la existencia de un ciclo agrícola ritual (v. *supra*, "Relación entre las fechas registradas por los alineamientos y el ciclo agrícola" y "Alineamientos de la familia de 17°"). Asimismo parece significativo que en algunas comunidades indígenas que conservan las formas menos distorsionadas del calendario prehispánico, el año de 365 días tiene poca importancia para la regulación de los trabajos agrícolas; *es el ciclo ritual de 260 días el que sirve para estos fines, en combinación con las observaciones astronómicas* (cf. Lincoln 1945; Long 1946-48; Girard 1948; 1949; 1962; Tedlock 1982; 1985; 1991; Edmonson 1988: 214). Éste es un indicio adicional de que el año calendárico tampoco en la época prehispánica llegó a servir como un instrumento confiable y suficiente para la programación de las actividades en el ciclo anual, por lo que las observaciones astronómicas nunca dejaron de ser necesarias.⁴¹

⁴¹ Según Parisot (s.a.: 120), el año agrícola en el antiguo Egipto era regulado mediante la observación de las salidas heliacas de Sirio, mientras que los rituales asociados con el año de 365 días pertenecían a la liturgia oficial en la que la relación con las estaciones era secundaria.

Ahora bien, si las fiestas de los meses del calendario mexicana tenían, en la época de la Conquista, una estrecha relación con las respectivas estaciones del año y labores agrícolas, como argumenta Broda (1971; 1983; 1991b), es posible que el calendario fuera recalibrado en un momento no muy distante de la llegada de los españoles (cf. Aveni *et al.* 1988: 289s). Asimismo, y considerando las interpretaciones discrepantes de Graulich (1990) y Díaz Cántora (1994: 59ss), podemos suponer que los cronistas, en sus descripciones de las festividades, revolvieron la información sobre las ceremonias de los meses del calendario oficial con la que se refería a los rituales agrícolas "funcionales": parece significativo que, según las fuentes, aparte de los festejos que culminaban el último día de cada mes, había rituales que se realizaban en otras fechas, algunos por motivos específicamente relacionados con la agricultura (Nowotny 1958: 622; 1968: 98; Broda 1970: 198). Los datos de los alineamientos sugieren que los ritos agrícolas se hacían siempre en las mismas fechas del *año trópico*, pero es posible que, en cierta medida, llegaron a fusionarse con las ceremonias del año calendárico, cuyas funciones eran complejas y menos relevantes para la agricultura. Tal vez fueron precisamente los procesos de esta índole los que dieron como resultado la correspondencia de ciertos aspectos de las ceremonias calendáricas con el año de las estaciones, por una parte, y la supervivencia de elementos "anacrónicos", por la otra, contribuyendo a la dificultad de interpretar de manera unívoca toda la información que proporcionan los cronistas al respecto.

Uso y función de los calendarios observacionales

Los calendarios observacionales indicados por los alineamientos deben haberse empleado precisamente a causa de las "deficiencias" del calendario oficial, pero a la vez estaban íntimamente relacionados con el cómputo calendárico. Los histogramas en las figuras 12-15 indican que entre los intervalos que separaban las fechas señaladas por alineamientos predominaban los múltiplos de 13 y de 20 días; la evidente relación de estos periodos con la cuenta de 260 días sugiere que fue precisamente este ciclo el que tenía un papel fundamental en el manejo de los calendarios observacionales.

Muchas de las fechas registradas por alineamientos se encuentran agrupadas (figuras 8-11). Las concentraciones más evidentes de fechas, que corresponden a los alineamientos de la familia de 17°, pueden relacionarse, según se ha argumentado arriba ("Relación entre las fechas registradas por los alineamientos y el ciclo agrícola" y "Alineamientos de la familia 17°"), con un ciclo agrícola ritual, establecido tanto por la relación de las fechas con los cambios estacionales importantes como

por los intervalos significativos que las separan y que deben haber sido responsables de su "ritualización". Es probable que también algunas de las demás fechas frecuentemente señaladas por alineamientos marcaran momentos canónicamente importantes en el ciclo agrícola ceremonial de ciertos grupos o entidades políticas, variando tal vez en función de la idiosincrasia cultural y de las condiciones ambientales concretas.

Otras fechas registradas por alineamientos se encuentran relativamente esparcidas a lo largo del año (figuras 8-11), sugiriendo que no tenían un significado especial que se debiera a su posición en el año trópico. Sin embargo, como lo muestran los calendarios observacionales que se han podido reconstruir para sitios particulares (capítulo 5), también las fechas que no parecen haber sido importantes por sí mismas frecuentemente forman parte de esquemas observacionales compuestos por intervalos significativos; es más que probable, entonces, que sirvieran como "señales de advertencia" o "referencias de control" en los calendarios observacionales. Las analogías etnográficas del Suroeste norteamericano son, de nuevo, iluminadoras. Según afirma Zeilik (1985a: S3; 1991: 546ss; McCluskey 1990), el aspecto anticipatorio de las observaciones del Sol es el rasgo más importante de la tarea del observador: por una parte, la fecha en que se efectuará un ritual debe determinarse de antemano; por la otra, las observaciones en la fecha exacta pueden ser obstaculizadas por las nubes.

Podemos concluir que no todos los alineamientos tenían la función de señalar fechas significativas en términos de la agricultura y el ritual; muchos han de haber posibilitado el registro de fechas que *precedían* los momentos importantes, ya que de esta manera pudieron planearse las labores y las ceremonias pertinentes con debida anticipación. Contando con varios alineamientos que marcaban las fechas de referencia, de alguna manera redundantes, el sacerdote redujo el peligro de que las condiciones climáticas adversas le impidieran las observaciones necesarias para determinar las fechas más relevantes (*cf.* Zeilik 1985a: S17s, S21). El alcance de las predicciones, desde luego, dependía de los conocimientos acerca de la relación entre el calendario formal y el año trópico. Se ha sugerido, por ejemplo, que el desfase del año calendárico respecto al trópico fue registrado por las llamadas fechas determinantes en las inscripciones mayas (Thompson 1950: 204ss, 317ss; Aveni 1991a: 194ss), e incluso que se conocía la ecuación entre 1507 años trópicos y 1508 años calendáricos o 29 Ruedas Calendáricas (Edmonson 1988: 111ss); aunque las evidencias al respecto son todo menos contundentes, no cabe duda que los especialistas mesoamericanos, al emplear calendarios observacionales tan precisos como lo parecen indicar los alineamientos, conocían la relación entre los años trópico y calendárico con bastante exactitud.

Los intervalos que separaban los eventos solares marcados por los alineamientos de un sitio eran predominantemente múltiplos de trece y veintenas y, por tanto, manejables mediante el calendario formal: los días claves pudieron predecirse con facilidad, con base en el registro de las fechas en que se observaron los fenómenos a lo largo de ciertos alineamientos. Los sacerdotes–calendaristas en las comunidades de los altos de Guatemala todavía conocen muy bien la mecánica calendárica del ciclo de 260 días, aunque no usan registros escritos (Tedlock 1982; 1991; 1992), y no cabe duda que los especialistas de tiempo completo en la época prehispánica tenían conocimientos mucho más sofisticados. Algunos intervalos son particularmente fáciles de manejar: por ejemplo, el intervalo de 40 días lleva a una fecha que tiene el mismo signo de veintena que la fecha de partida ($40 = 2 \times 20$), mientras que el numeral avanza por 1 ($40 = 3 \times 13 + 1$); el intervalo de 39 días, en cambio, separa dos fechas con el mismo numeral ($39 = 3 \times 13$) y con los signos de veintena que difieren por una posición en la secuencia de los 20 signos ($39 = 2 \times 20 - 1$). La Farge y Byers (1931: 158) reportan que los jacaltecos de Guatemala designan los periodos de 40 días como *yoc habil* ("pies" o "pasos del año"; cf. Thompson 1950: 248), seguramente porque las fechas consecutivas en intervalos de 40 días conservan el mismo signo de veintena, mientras que los números de trecena avanzan por 1, formando una secuencia continua. Ayudas mnemotécnicas de este tipo deben haberse usado también en la época prehispánica, cuando los sacerdotes, además, contaban con la posibilidad de llevar registros escritos. ¿No será que algunas tablas de múltiplos e intervalos, tan comunes en los códices (Thompson 1950: 252ss; Caso 1967: 31ss; Siarkiewicz 1995; Aveni *et al.* 1995; 1996), servían precisamente para facilitar el manejo de calendarios observacionales y la predicción de las fechas relevantes?

Hoy en día resulta difícil evaluar o comprender de manera adecuada la importancia que deben haber tenido las observaciones astronómicas para la vida práctica en la época prehispánica: casi todas las comunidades indígenas actuales usan el calendario cristiano, cuyos santos y fiestas marcan de manera constante las fechas en que se deben realizar ciertas labores y ceremonias asociadas. No obstante el comentario de Thompson (1974: 94s) de que los mayas modernos saben cuándo hacer la roza y quema –al aumentar la humedad– y, por tanto, no tienen la necesidad de determinar las fechas con base en el calendario o fenómenos astronómicos (cf. Aveni y Hartung 1986: 8), parece que la realidad no es tan sencilla y que los cambios estacionales en la naturaleza no son indicadores suficientemente exactos y confiables de los momentos en que conviene emprender ciertas actividades: los quichés de Momostenango, por ejemplo, siguen regulando su ciclo

agrícola con base en la observación de los astros (Tedlock 1991), y podríamos mencionar otros casos más (Girard 1948; 1949; 1962; Lincoln 1945; Remington 1980). También el siguiente dato, obtenido entre los mayas de Quintana Roo, pone en duda la asección de Thompson referida arriba:

El agricultor, por su parte, ha de procurar que la quema se lleve a cabo antes de que lleguen las primeras lluvias, pues, de lo contrario, quedaría imposibilitado para hacerlo, perdiendo así la ocasión de usar el terreno talado. Para preservarse de este peligro, el milpero suele acudir a alguno de los dos escribas que hay en el cacicazgo, el cual, usando un almanaque impreso en Mérida, le puede anunciar la clase de tiempo que ha de hacer en cada uno de los meses venideros. (Villa Rojas 1978: 315s)

Hablando sobre la agricultura contemporánea en Chalcatzingo y sus implicaciones para la época prehispánica, Bugé (1987: 418) reflexiona sobre la importancia de la programación de trabajos:

Given the fact that farmers are poor predictors of the onset of the rains, individual scheduling decisions would tend to reduce overall production and lead to a diffuse pattern of activities. If, on the other hand, scheduling decisions were vested in a few individuals with esoteric knowledge of calendrics, predictability would be increased, crop losses reduced, and activities synchronized. Calendric regulation of the agricultural cycle would therefore provide the local elite with a powerful means of social control, a means whose accuracy was demonstrable and reinforced by ritual.

En vista de la falta de concordancia permanente entre los años calendárico y trópico, la regulación de las actividades agrícolas debe haberse basado, desde luego, en observaciones astronómicas. Aunque la determinación de los momentos exactos en los que convenía emprender ciertos trabajos estaba indudablemente sujeta a diversos factores –por ejemplo, a las condiciones de tiempo, la fase de la Luna y los augurios de los días en el ciclo divinadorio–, recordemos que tanto los alineamientos como los datos etnográficos sugieren la existencia de un ciclo agrícola ceremonial (*cf.* Guiteras–Holmes 1961: 35; Tedlock 1991; Zeilik 1985a: S21); si la finalidad de los rituales era asegurar la debida sucesión de los cambios estacionales y, por ende, un buen desenlace del ciclo agrícola (*cf.* Broda 1983: 152), es de suponer que las fechas correspondientes tuvieron que determinarse con precisión y, además, con la anticipación requerida para realizar los trabajos preparativos. Los calendarios observacionales reconstruidos parecen reflejar las preocupaciones de esta índole.

Mientras que la función práctica de los calendarios observacionales puede relacionarse con su aspecto *anticipatorio*, es de imaginar que los alineamientos que señalaban las fechas más importantes servían para efectuar observaciones *confirmatorias* (*cf.* Zeilik 1985a; 1989;

1991).⁴² Posiblemente fueron ante todo las orientaciones arquitectónicas las que servían para este tipo de observaciones: los templos, que con sus orientaciones reproducían las direcciones sagradas, recreando de esta manera el orden cósmico, y particularmente los juegos de luz y sombra, que pudieron observarse en los edificios y que probablemente eran concebidos como "hierofanías solares",⁴³ reconfirmaban la validez de la cosmovisión vigente, corroboraban las predicciones de los sacerdotes y, al mismo tiempo, reforzaban la ideología del estrato en el poder (*cf.* Broda 1982b: 99ss; Iwaniszewski 1989: 30s).

⁴² Partiendo de los datos etnográficos del Suroeste de los Estados Unidos de América, Zeilik (1991: 553) sugirió que también en Mesoamérica se buscaran los calendarios de horizonte, su relación con la agricultura y las técnicas para predecir las fechas importantes. El presente estudio confirma sus sospechas de que las prácticas observacionales en Mesoamérica eran parecidas a las documentadas en el Suroeste norteamericano, aunque más sofisticadas (*cf.* Broda 1993: 259).

⁴³ Sobre el concepto de *hierofanía* ("manifestación de lo sagrado") véase Eliade 1972: 25ss.

5 . Alineamientos en los sitios arqueológicos del centro de México: datos y comentarios

Introducción

En este capítulo se presentan datos detallados y comentarios sobre los alineamientos en cada uno de los sitios en que fueron realizadas las mediciones, cuyos resultados constituyen la base de los análisis e interpretaciones expuestos en este estudio. Los sitios están agrupados en orden cronológico. La presentación de los datos y comentarios sobre cada sitio es uniforme; a continuación se describen los rubros o secciones en los que fue organizada la información.

Nombre del sitio

El nombre propio, conocido entre los lugareños y/o usado en la bibliografía, se presenta junto con el nombre del estado en el que se localiza el sitio. Al no existir un nombre tradicional del sitio, se emplea la designación o clave que le fue atribuida por algún investigador, cuyo nombre aparece entre paréntesis –por ejemplo: Tx–TF–4 (Parsons)– y cuya(s) obra(s) pertinente(s) se cita(n) en el texto que sigue.

Ubicación

Se dan algunas referencias breves y generales acerca de la localización del sitio (todas las distancias se dan en línea recta) seguidas por las coordenadas geográficas, que definen con precisión la ubicación del lugar; además de la longitud (λ) y la latitud (φ) geográficas –en todos los casos se trata, desde luego, de la longitud al oeste del meridiano de Greenwich y de la latitud norte– se indica la altura sobre el nivel del mar (*asnm*). Estos datos, válidos para el centro del sitio o en casos de sitios más extensos para la estructura señalada entre paréntesis, fueron tomados de las cartas topográficas del INEGI, de escala 1: 50,000, por lo que el margen de error estimado puede ser de hasta unos $\pm 2''$ en longitud y latitud (es decir, probablemente en ningún

caso rebasa 60 m), y hasta unos ± 20 m en la elevación sobre el nivel del mar.

Datos básicos sobre el sitio

En este rubro se resumen los más relevantes datos arqueológicos e históricos sobre el sitio en general y las estructuras medidas en particular. La bibliografía citada no pretende ser exhaustiva; normalmente se citan las obras más importantes y recientes, en las que pueden hallarse otras referencias bibliográficas.

Orientaciones

Los datos sobre las orientaciones de las estructuras se presentan en una tabla con varias columnas. En la primera aparecen los nombres de las estructuras, empleándose para cada estructura su nombre más común o el que le fue asignado en la bibliografía citada; si el nombre no fue establecido con anterioridad, se usa una breve designación o descripción que permite identificar la estructura dentro del sitio, por ejemplo: "única", "estr. sur", "pirámide" etcétera.

Los azimuts anotados en la segunda columna (A) representan valores medios de los azimuts este-oeste y norte-sur medidos a lo largo de diversas líneas (muros, taludes, paramentos) físicamente conservadas en la estructura, añadiéndose los márgenes de error estimados con base en las divergencias de los azimuts medidos. Hay que advertir, sin embargo, que no a todas las líneas medidas se les ha atribuido el mismo peso: los azimuts más consistentes y los que corresponden a los alineamientos evidentemente menos perturbados por procesos de deterioro e intervenciones recientes han sido considerados como los más relevantes. Para las líneas este-oeste de cada estructura se cita, en la mayoría de los casos, tanto el azimut medio hacia el este como el que, siendo 180° más grande, define la dirección opuesta de la misma orientación –es decir, hacia el oeste–, ya que los dos valores se relacionan con distintos fenómenos astronómicos (unos observables en el horizonte oriente y otros en el poniente), a los que corresponden diferentes alturas del horizonte y declinaciones astronómicas, anotadas en las siguientes dos columnas. En algunos casos aparece un solo azimut –hacia el este o el oeste–, lo que significa que la dirección inversa de la orientación no era conveniente para registrar eventos astronómicos, debido a la inmediata cercanía de la línea del horizonte. Como promedio de los azimuts norte-sur se indica un solo valor, puesto que el eventual potencial astronómico de los ejes

norte-sur de las estructuras (poco probable, a la luz de los argumentos presentados en el capítulo 2) no se ha examinado (véase capítulo 3, "Orientaciones arquitectónicas").

En la tercera columna se encuentran las alturas del horizonte (h) correspondientes a los azimuts de la columna anterior; es decir, la altura que corresponde al azimut hacia el este/oeste, anotado en la misma línea de la columna anterior, se refiere al horizonte oriente/poniente. Dependiendo del margen de error del azimut, también se señala la amplitud del posible error de la altura del horizonte. Las alturas de horizonte que han sido calculadas con base en cartas topográficas –es decir, las que por alguna causa no se pudieron medir en el campo (véase capítulo 3, "Procedimientos de cálculo")– están marcadas con el signo \oplus . No se han medido ni calculado las elevaciones del horizonte a lo largo de los azimuts norte-sur, considerando que su relación con fenómenos astronómicos no se ha intentado explorar (véase capítulo 3, "Orientaciones arquitectónicas").

Las declinaciones astronómicas (δ), que aparecen en la cuarta columna y que permiten determinar los fenómenos astronómicos posiblemente relacionados con los alineamientos, fueron calculadas con base en los azimuts y alturas del horizonte correspondientes (véase capítulo 3). Como consecuencia de los posibles errores en los azimuts y alturas del horizonte se indican también los márgenes de error de las declinaciones.

En la quinta columna se señalan los eventos astronómicos observables en el horizonte con los que pueden relacionarse las orientaciones correspondientes. En casi todos los casos se trata de fechas que corresponden a las declinaciones del Sol, equivalentes a las que están anotadas en la columna anterior y que valen para el centro del disco solar sobre el horizonte (véase capítulo 3, "Procedimientos de cálculo"); las fechas, por tanto, son las de salida/puesta del centro del disco solar a lo largo de los azimuts hacia el este/oeste correspondientes. Los datos de algunos sitios sugieren que la posición central del Sol sobre el horizonte no siempre fue la más relevante (véase capítulo 4, "Técnicas de observación"), pero estos detalles y sus implicaciones se discuten en los comentarios a los sitios. Todas las fechas son gregorianas. Los márgenes de tolerancia, en días, derivan de los márgenes de error de declinación señalados en la columna anterior.¹ Todas

¹ En realidad, para todas las fechas debería considerarse la tolerancia de ± 1 día ya que, debido al sistema de intercalaciones, empleado en el calendario gregoriano para mantenerlo en concordancia con el año trópico, el mismo evento –la salida/puesta del Sol a lo largo del mismo alineamiento– no necesariamente cada año ocurre en la misma fecha. Las fechas de los eventos exhiben patrones de 4 años, aunque también éstos cambian paulatinamente a través del tiempo.

las fechas, salvo las marcadas con el asterisco, son válidas para la época en la que –según los fechamientos arqueológicos– fueron construidas las estructuras referidas y que se menciona en el comentario.² El asterisco (*) que en algunas tablas acompaña el encabezado *Fechas* indica que las fechas en la columna correspondiente fueron determinadas con base en las posiciones del Sol en la actualidad: se trata de orientaciones con márgenes de error relativamente grandes, por lo que el cálculo de fechas para la época relevante no tendría sentido.

Muchas estructuras medidas están orientadas hacia algún cerro prominente en el horizonte local, por lo que en varias tablas aparece como última la columna con el encabezado *Alineamiento hacia*. La dirección hacia la prominencia a la que apunta algún eje de la estructura, y cuyo nombre se indica en esta columna, equivale al azimut de orientación anotado en la misma línea de la segunda columna. Como se ha mencionado arriba, el azimut medio norte-sur de una estructura es señalado por un solo valor, normalmente por el azimut hacia el norte; sin embargo, si las líneas norte-sur de la estructura apuntan a un cerro hacia el sur, se indica el azimut hacia el sur. Los nombres de las montañas –tanto en este rubro como en los que siguen– son los que aparecen en las cartas topográficas del INEGI, aunque entre los lugareños pueden existir otros nombres. Para “cerro” y “volcán” se usan las abreviaturas *C.* y *V.*, respectivamente; si la abreviatura *C.* es seguida por el signo de interrogación, significa que el nombre del monte no se ha podido determinar.

Horizonte

En este rubro se presentan datos relevantes para las consideraciones acerca de los calendarios de horizonte que pudieron haber sido empleados en los sitios. En las tablas se señalan los nombres de los rasgos prominentes del horizonte local (*Prominencia*), y los azimuts (*A*), alturas (*h*), declinaciones (δ) y fechas de salida/puesta del Sol corres-

La fecha que se indica para un evento es la que predomina(ba) en un periodo de cuatro años, pero estas determinaciones son a veces necesariamente arbitrarias, ya que el Sol, en un periodo de 4 años, puede salir/ponerse a lo largo de un alineamiento dos veces en una fecha y otras dos en la fecha vecina (cf. capítulo 3, “Procedimientos de cálculo”).

² Estas fechas fueron determinadas con base en las tablas de Tuckerman (1962; 1964), empleándose el método descrito en el capítulo 3. Debido a las variaciones seculares en la duración de las estaciones, así como a los cambios en la oblicuidad de la eclíptica, las mismas declinaciones del Sol no necesariamente en cualquier época corresponden a las mismas fechas del año trópico (gregoriano). Esto no quiere decir, sin embargo, que cualquier fecha sea válida *exclusivamente* para el periodo señalado; comúnmente una determinada declinación corresponde a la misma fecha durante periodos prolongados.

pendientes. Si el azimut y la altura del cerro han sido calculados con base en cartas topográficas (porque por alguna razón no pudieron ser medidos en el campo; véase capítulo 3, "Procedimientos de cálculo"), aparece junto con el nombre de la prominencia el símbolo \oplus . Todas las fechas son válidas para la época en la que se edificó la estructura a la que se refieren los datos sobre el horizonte. Puesto que la finalidad de estos datos ha sido crear la base para reconstruir los posibles esquemas del calendario de horizonte, se incluyen únicamente las prominencias que están dentro del ángulo de desplazamiento anual del Sol por el horizonte. No se incluyen los cerros cuyos contornos no forman parte de la línea del horizonte local (*cf.* capítulo 3, "Rasgos del horizonte local").

En estas tablas no se mencionan los cerros a los que apuntan las estructuras: si la orientación de la estructura a la que se refieren los datos sobre el horizonte coincide con la dirección hacia algún cerro en el horizonte oriente o poniente, los datos para esta prominencia (azimut, altura, declinación, fechas) son idénticos a los que se citan para la estructura, en la tabla del rubro *Orientaciones*, por lo que no es necesario repetirlos; los cálculos de intervalos (*infra*) y los análisis de los posibles esquemas de calendarios observacionales toman en cuenta tanto los datos sobre el horizonte como las orientaciones arquitectónicas, por lo que el eventual papel de los cerros a los que están orientadas las estructuras está implícito en estas consideraciones. La selección de los rasgos considerados como "prominentes" ha sido justificada en el capítulo 3, "Rasgos del horizonte local".

En varios casos no aparecen datos sobre ambos horizontes, lo que significa que el horizonte omitido (este u oeste) no es relevante por estar demasiado cerca o porque no cuenta con rasgos que puedan considerarse prominentes.

Intervalos

En esta sección se presenta una tabla con los intervalos mínimos, en días, entre las fechas registradas por los alineamientos del sitio, tanto por la estructura o las estructuras contemporáneas como por los rasgos prominentes del horizonte oriente y/o poniente. Para cada intervalo anotado en la primera columna se señala, en la misma línea de la segunda columna, el(los) alineamiento(s) que registra(n) las fechas que delimitan el intervalo y que aparecen citadas en las tablas de los rubros *Orientaciones* y *Horizonte*. Las referencias sobre los alineamientos incluyen la dirección del registro –E o W, salida o puesta del Sol– y nombres abreviados de las estructuras y las prominencias del horizonte. Por ejemplo, la indicación "E - E estr." significa que el intervalo

correspondiente es señalado por las dos fechas que marca la única estructura medida del sitio en el horizonte oriente, mientras que "E - W estr." denota que el intervalo correspondiente es señalado por las fechas más cercanas que registra la estructura en ambos horizontes; si el sitio cuenta con varias estructuras cuyas orientaciones han sido determinadas, se cita el nombre o una designación más completa de cada estructura, por ejemplo: "pirámide", "Estr. VI", etcétera; otro ejemplo: la referencia "E Tláloc - W estr." indica que las fechas que delimitan el intervalo son marcadas por el cerro Tláloc en el horizonte este y por la estructura en el oeste.

Los intervalos anotados representan las distancias más cortas, en días, de cada una a cada una de las posiciones del Sol en el horizonte registradas en el sitio, tanto por elementos arquitectónicos como por las prominencias del horizonte. Aunque los intervalos entre las fechas señaladas pueden ser, en el transcurso de un año, hasta 365 días, solamente se presentan los mínimos, ya que cada intervalo citado envuelve también su complemento a los 365 días: el intervalo de 105 días, por ejemplo, implica también la presencia del de 260 días ($105 + 260 = 365$), aunque éste no se encuentre explícitamente mencionado. No se indican intervalos menores de 3 días, ya que no es probable que fueran intencionales.

Hay que hacer notar, además, que *dos* alineamientos producen en un año el mismo intervalo *dos veces*: por ejemplo, dos alineamientos que corresponden a las fechas 8 y 12 de febrero, a la vez marcan las fechas 3 de noviembre y 30 de octubre, siendo el intervalo entre las fechas de cada par el mismo. Puesto que uno de los dos intervalos de este tipo necesariamente implica la existencia del otro, no se pueden considerar *ambos* como intencionales, por lo que en las tablas aparecen unidos; al duplicarlos, su importancia resultaría exagerada en comparación con los intervalos que produce un solo alineamiento y que ocurren una sola vez al año (por ejemplo entre las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, señaladas por *un solo* alineamiento). Cabe advertir, además, que estos intervalos "dobles" no siempre son exactamente iguales la primera y la segunda vez que ocurren en un año, lo que se debe a las duraciones desiguales de las estaciones; en las tablas se citan ambos valores en la misma línea, separados por una coma (si son iguales, aparece un solo valor), pero en los diagramas y análisis se han considerado valores medios (capítulo 4, "Intervalos entre las fechas registradas por los alineamientos").

De los intervalos que produce cada orientación arquitectónica sólo se citan los más cortos: cada orientación solar registra cuatro fechas (salvo las solsticiales), dos en el oriente y dos en el poniente, pero únicamente se presentan los intervalos entre las fechas sucesivas. Por ejemplo, si la estructura registra las fechas 30 de octubre y 12 de

febrero en el oriente, y 30 de abril y 13 de agosto en el poniente, no se menciona el intervalo comprendido entre el 30 de octubre y el 30 de abril (saltando la fecha 12 de febrero), y tampoco el intervalo entre el 12 de febrero y el 13 de agosto (saltando el 30 de abril), ya que los intervalos de este tipo se aproximan, *en cualquier orientación*, a 182 días –mitad del año–, por lo que, al ser incluidos, su alta frecuencia en las tablas no reflejaría su importancia real; aunque alguno de ellos pudo haber sido logrado intencionalmente (las duraciones exactas de estos intervalos dependen de las alturas del horizonte), no es posible comprobarlo, puesto que la característica inherente de cada orientación solar es que las cuatro fechas registradas (suponiendo que la orientación “funcionaba” en ambas direcciones) conforman dos pares de fechas señaladas en horizontes opuestos y separadas por aproximadamente medio año.

Discusión

En este rubro se presentan los comentarios sobre el probable significado de los alineamientos en el sitio.

Preclásico

Cuicuilco, D.F.

Ubicación

En el sector sur de la Ciudad de México, en el área al sur del cruce del Anillo Periférico con la Avenida Insurgentes Sur. $\lambda = 99^{\circ}10'53''$; $\varphi = 19^{\circ}18'03''$; asnm = 2290 m (pirámide redonda).

Datos básicos sobre el sitio

Acerca de la cronología y la importancia regional de Cuicuilco en diferentes periodos sigue habiendo muchas incertidumbres (Sanders *et al.* 1979: 76s; Parsons 1989: 173ss). Parece que los inicios del asentamiento se remontan al Preclásico Temprano y que las primeras construcciones ceremoniales datan del Preclásico Medio (Sanders *et al.* 1979: 76). Durante el Preclásico Tardío o, según el sistema cronológico de Sanders *et al.* (1979: 93, tabla 5.1), en el Periodo Intermedio Primero, Fase 2 (ca. 650-300 a.C.), Cuicuilco llega a ser un importante centro regional, probablemente el más grande en la cuenca de México



Figura 16. Rampa pequeña saliendo de la calzada de acceso poniente (rampa grande) de la pirámide circular de Cuiculco; vista hacia el poniente.



Figura 17. Salida del Sol sobre el "pecho" del Iztaccfhuatl, observada en lo alto de la pirámide circular de Cuiculco el 24 de octubre de 1997.

(*ibid.*: 97s), alcanzando su apogeo en la Fase 3 (ca. 300-100 a.C.), cuando se construye la gran parte de la arquitectura cívico-ceremonial (*ibid.*: 99). Según Müller (1990: 9), el lugar fue abandonado en el Protoclásico “debido a la caída de la ceniza volcánica del Xitle. Cuando, mucho más tarde, la lava del Xitle llegó a Cuicuilco, éste estaba en ruinas y deshabitado.” De manera similar, Sanders *et al.* (1979: 106s) sugieren que hubo dos erupciones; de las que la primera, hacia finales de la Fase 3 del Periodo Intermedio Primero, redujo la productividad de la región y ocasionó la decadencia del sitio, mientras que la segunda, a finales de la Fase 5 (ca. 100-300 d.C.), transformó el área en un paisaje rocoso y yermo. Estas aseveraciones requieren, hoy en día, algunas enmiendas.

De acuerdo con los estudios más recientes, el Xitle es un volcán monogenético; hizo erupción una sola vez, en los primeros siglos d.C., y fue de corta duración, tal vez de unos 25 años (Córdova *et al.* 1994: 592ss; Barba Pingarrón 1995: 3s, 66).³ Por consiguiente, las capas de la ceniza volcánica que se observan en la estratigrafía de la pirámide redonda –el monumento principal del sitio– cubriendo la última fase del primer periodo de su construcción (López Camacho 1991: 38, 41s fig. 4), han de relacionarse con la actividad de alguno de los demás volcanes de la Sierra de Chichinautzin (Córdova *et al.* 1994: 594; Barba P. 1995: 66ss). Estos acontecimientos pudieron haber contribuido a la decadencia y el abandono temporal del lugar, evidenciado en la estratigrafía de la estructura circular (López Camacho 1991: 38ss, fig. 4); la actividad constructiva fue reanudada un tiempo después, cuando se añadieron las últimas superposiciones del edificio (*ibid.*). Algunas circunstancias detectadas arqueológicamente indican que la gran parte del asentamiento fue abandonada considerablemente antes de la erupción del Xitle, que tuvo como consecuencia la formación del Pedregal (Heizer y Bennyhoff 1972: 102s; Córdova *et al.* 1994: 592s); sin embargo, según las evidencias que menciona Pérez Campa (*s.a.*), los trabajos de construcción en la pirámide circular continuaron durante el tiempo de la caída de cenizas y fueron detenidos apenas con el flujo de la lava.

La estructura principal del sitio es el basamento escalonado de planta circular, ubicado al oriente de la avenida Insurgentes Sur (Marquina 1964: 46-55), en el área llamada Cuicuilco A. En los lados oriente y poniente del edificio se encontraron restos de dos rampas de acceso (Cummings 1933: 26ss), mientras que las excavaciones en la parte

³ Mientras que Heizer y Bennyhoff (1972: 102s) y Córdova *et al.* (1994: 592s) colocan la erupción del Xitle cerca del año 400 d.C., los fechamientos de radiocarbono más recientes sugieren una época más temprana, hacia los inicios del primer milenio (Pastrana 1997: 4, 11; Pérez Campa 1998: 125).

central de la pirámide descubrieron varios altares superpuestos (*ibid.*; Noguera 1939a; 1939b; Pérez Campa 1998: 126). Al oriente de la pirámide redonda se encuentra la Estructura E, un basamento parcialmente explorado y restaurado, de planta aproximadamente rectangular y con una escalinata de acceso del lado oriente (Müller 1990: 253s, fotos 1-3; Schávelzon 1983: 88, foto 54). Al poniente de la avenida Insurgentes, en los terrenos del parque deportivo de la Villa Olímpica, se conservan restos de otros basamentos piramidales de planta rectangular, situados en el área denominada Cuicuilco B (Schávelzon 1983: 90s, fotos 56 y 57).

Según Sanders *et al.* (1979: 76s, 99ss) y Parsons (1989: 171ss), la arquitectura monumental de Cuicuilco pertenece en su mayoría al Preclásico Tardío y a la primera parte del Preclásico Terminal. Sin embargo, y a pesar de diversos trabajos de excavación y restauración realizados en el área (*cf.* Schávelzon 1983; Müller 1990; Navarrete 1991; Pérez Campa 1998; *s.a.*), los detalles de la posición cronológica de las estructuras cuyos restos se conservan de ambos lados de la avenida Insurgentes son poco claros. Sobre las exploraciones en la Villa Olímpica no se ha publicado “prácticamente nada” (Schávelzon 1983: 23, nota 13); las estructuras de esta sección del sitio son, en términos generales, contemporáneas de la pirámide redonda (*ibid.*: 90s, fotos 56 y 57), pero ésta exhibe diversas etapas constructivas (Cummings 1933; López Camacho 1991). Heizer y Bennyhoff (1972: 98) ubicaron las fases más tempranas del basamento circular entre los años 800 y 600 a.C., pero este fechamiento no ha sido plenamente aceptado (López Camacho 1991: 45s). Si la caída de la ceniza volcánica que cubrió las fases tempranas de la pirámide (*ibid.*: 38, 41s, fig. 4) ocurrió hacia finales de la Fase 3 del Periodo Intermedio Primero, como mencionan Sanders *et al.* (1979: 106), entonces las últimas superposiciones encima de las capas de ceniza no son anteriores al año 100 a.C. Puesto que la rampa de acceso poniente parece pertenecer a este segundo periodo de la pirámide (Cummings 1933: 28; López Camacho 1991: 36), es probable que también las estructuras de la Villa Olímpica no sean más tempranas, ya que sus orientaciones corresponden a la que manifiesta la rampa poniente de la estructura redonda y que, por estar incorporada en el templo principal, debió ser la orientación rectora de la ciudad de esa época (*v. infra, Orientaciones*). En apoyo de esta reconstrucción cronológica cabe agregar que Heizer y Bennyhoff (1972: 100s) encontraron, junto con otros indicios de una ruptura que ocurrió en la tradición de Cuicuilco en el siglo II a.C. (su fase Cuicuilco IV), evidencias de la destrucción de algunos edificios ceremoniales, y que el resurgimiento de la tradición en el siglo I-a.C. (fase Cuicuilco VA) fue acompañado –según estos autores (*ibid.*)– por la construcción de las primeras plataformas rectangulares en Cuicuilco B y de la

plataforma elevada, orientada hacia el poniente, de la pirámide en Cuiculco A.

Al excavar la Estructura E, Müller (1990: 253s, fotos 1-3) encontró una ofrenda con material teotihuacano, por lo que fechó el edificio en el Clásico Temprano (ca. 150-300 d.C.). Sin embargo, la ofrenda fue encontrada en una concavidad de la lava (*ibid.*: 253), en tanto que la estructura estaba debajo del manto de lava, por lo que es probable que pertenezca a un periodo anterior al Clásico (agradezco la información a Mario Pérez Campa, junio de 1997).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.1 son válidas para finales del siglo II a.C.

Tabla 5.1

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN CUICUILCO

Estructura	A	h	δ	Fechas
pirámide circular altares	64°40' ± 2°	⊕ 0°47' ± 10'	23°59' ± 2°	jun 22 ?
	244°40' ± 2°	⊕ 5°31' ± 15'	-21°46' ± 2°	dic 21 ?
rampa poniente	92°12' ± 30'	⊕ 1°07' ± 5'	-1°48' ± 30'	mar 16, sep 27 ± 1 ^d
	272°12' ± 30'	4°45' ± 5'	3°36' ± 30'	mar 29, sep 13 ± 1 ^d
Estructura E	86°14' ± 30'	⊕ 0°59' ± 5'	3°47' ± 30'	mar 30, sep 13
	266°14' ± 30'	⊕ 5°34' ± 10'	-1°44' ± 35'	mar 16, sep 27

Antes de iniciarse las excavaciones de los últimos años se encontraban restaurados, en la parte superior de la estructura circular, dos de los cuatro altares superpuestos que fueron excavados por Cummings (1933) y Noguera (1939a; 1939b). Los azimuts de los ejes longitudinales este-oeste de los altares inferior y superior son 64°40' ± 2° y 71° ± 2°, respectivamente; estos valores concuerdan con las desviaciones de aproximadamente 26° y 18° al norte del oriente determinadas por Ponce de León (1982: 60, nota 31), pero las plantas ovaladas de ambos altares impiden establecer sus orientaciones con precisión. Cummings (1933: 36) asigna tanto al altar superior, construido de cantos rodados, como al inferior, que fue hecho de barro, la desviación de 35° al norte del este. Aunque en dos lugares (*ibid.*: 26, 36) menciona como referencia el "este verdadero", podemos deducir que en realidad se trata de rumbos magnéticos: aplicando la corrección de 9°, valor que corresponde aproximadamente a la declinación magnética

en el México central de los años veinte de este siglo (Cañón 1989: 6, cartas 7 y 8) –época de las exploraciones de Cummings–, obtenemos la desviación de unos 26° al norte del este, casi igual a la que exhibe el altar inferior ($A = 64^\circ 40' \pm 2^\circ$).⁴ El hecho de que las orientaciones de los dos altares superiores difieren puede ser una de las consecuencias de las intervenciones posteriores a la excavación de Cummings (*cf.* Navarrete 1991: 70s), particularmente de la “errónea reconstrucción que Eduardo Noguera realizó del altar superior, en 1939” (Schávelzon 1983: 20). Según se desprende del reporte de Cummings (1933: 34-38, fotos en las páginas 30, 31 y 33), la forma original del altar fue diferente de la que le dio Noguera (Schávelzon 1983: 22, nota 9). Cummings (1933: 26, 36) atribuye la misma desviación de 35° al norte del este a tres de los cuatro altares excavados; la desviación de 45° al norte del este relacionada con el segundo altar de arcilla (*ibid.*: 36) es la única aberrante, por lo que podría tratarse de un error de medición. En efecto, las exploraciones realizadas en 1996 revelaron que todos los altares superpuestos (ocho en total) tenían la misma orientación general (Hernando Gómez Rueda, comunicación personal, abril de 1997), aproximadamente igual a la que fue medida en el segundo altar desde arriba y que aparece en la tabla 5.1 ($A = 64^\circ 40' \pm 2^\circ$). La orientación puede relacionarse con las puestas del Sol en los solsticios de invierno o, aun con mayor probabilidad, con las salidas del Sol en los solsticios de verano, tanto por ser más exacta la declinación correspondiente al azimut hacia el este (véase tabla 5.1) como por el hecho de que los solsticios estivales son registrados por otras orientaciones preclásicas.

Cabe recordar que todos los altares pertenecen al primer periodo de construcción de la pirámide, anterior al abandono evidenciado por la espesa capa de ceniza volcánica (López Camacho 1991: 42, figura 4; *cf.* Heizer y Bennyhoff 1972: 100). En este primer periodo se accedía a la parte superior por la rampa cuyos restos se observan en el lado oriente de la estructura (Cummings 1933: 28); actualmente se encuentran tan destruidos que no es posible determinar la orientación original de este elemento arquitectónico. El aspecto de la estructura cambia en el segundo periodo de construcción, al que pertenece la rampa poniente de acceso (López Camacho 1991: 36). Es posible que la orientación indicada por la rampa fuera adoptada apenas en este periodo, manifestándose no sólo en la pirámide redonda sino también en las estructuras de la Villa Olímpica (*v. infra*).

El azimut de la rampa poniente en la tabla 5.1 corresponde al alineamiento indicado por la “pequeña rampa” que aflora de la parte me-

⁴ En vista de los argumentos expuestos, también ha de ser magnética la desviación “ligera-mente al sur del oeste” de la rampa poniente (Cummings 1933: 28).

día de la rampa de acceso (figura 16; Schávelzon 1983: 71, foto 37).⁵ Agustín García V. determinó para la orientación de la pirámide el azimut $87^{\circ}43'$ (Noguera 1939b), pero hay que advertir que la línea medida no representa el eje este-oeste de la estructura, indicado por la rampa poniente: según se observa en el croquis anexado (*ibid.*), los dos puntos que definen la recta medida parecen estar localizados en medio de las rampas de acceso ubicadas en los lados oriente y poniente, pero la rampa o escalinata oriente no se encuentra en el lugar diametralmente opuesto a la rampa poniente sino ligeramente hacia el norte, por lo que la línea definida por la ubicación de las dos rampas tiene un azimut menor del que le corresponde a la rampa poniente (evidentemente la rampa oriente tenía una orientación diferente).⁶ Por las mismas razones es cuestionable también la desviación de $0^{\circ}30'$ al norte del oriente asignada al eje que señalan las rampas por Ponce de León (1982: 32, 60, nota 31), quien afirma que este alineamiento coincide con la dirección hacia el cerro Papayo al oriente (*v. infra*, tabla 5.2). Por otra parte, Aveni midió sólo algunas líneas norte-sur en las rampas de acceso, obteniendo azimuts muy divergentes: $7^{\circ}38'$, $5^{\circ}42'$ y $1^{\circ}43'$ (Aveni y Gibbs 1976: 512, tabla 1; Aveni 1991a: 268, 353).

El hecho de que la pirámide redonda ha sufrido intervenciones y modificaciones de las que no hay nada publicado (*cf.* Schávelzon 1982: 18, nota 14; 1983: 20; Navarrete 1991: 69ss) resta credibilidad a cualquier juicio sobre su(s) orientación(es) original(es). No obstante, si tiene razón Schávelzon (1982; 1983: 16ss) quien, al examinar la información primaria sobre las excavaciones realizadas por Cummings (1933), argumenta que la calidad de sus trabajos fue mucho mejor de lo que han afirmado sus críticos (*e. g.* Marquina 1964: 47ss),⁷ es probable que el azimut citado en la tabla arriba no diste mucho de la orientación intencionada de las fases tardías del edificio, a las que pertenece la rampa poniente. En apoyo a esta suposición cabe mencionar que los edificios de la Villa Olímpica, al otro lado de la avenida Insurgentes, poseen aproximadamente la misma orientación. Aunque es difícil establecer el grado de las modificaciones que sufrieron estas estructu-

⁵ La pequeña rampa o caballete es un elemento constructivo original, excavado por Cummings (Mario Pérez Campa, comunicación personal, junio de 1997).

⁶ Cabe señalar que las rampas oriente y poniente no estaban en uso simultáneamente. Con base en indicios estratigráficos, Pastrana (1997: 8) concluye que la rampa oriente de la pirámide circular "estaba en funcionamiento hasta antes de la deposición de ceniza y lava"; en efecto, esta rampa no llega hasta la plataforma más alta (tardía) del edificio.

⁷ Schávelzon (1982: 13) comenta que Byron Cummings, "pese a haber hecho uno de los trabajos más minuciosos de la arqueología mexicana, fue brutalmente calumniado, a tal grado que se tergiversó su obra, transformándola en uno de los peores ejemplos de la historia de la arqueología." También Haurly (1975), colaborador de Cummings en las excavaciones de Cuicuilco, defendió su trabajo y rechazó las críticas. Mario Pérez Campa, director de las investigaciones arqueológicas que se han estado realizando durante los últimos años, coincide con estas opiniones (comunicación personal, junio de 1997).

ras durante los trabajos de excavación y restauración, sobre los que no hay publicaciones (Schávelzon 1983: 23, nota 13), los muros de un aposento perteneciente al conjunto arquitectónico suroeste de la Villa Olímpica parecen ser más confiables, ya que conservan restos de estuco: es significativo que los azimuts de orientación de esta estructura sean $92^{\circ}25' \pm 15'$ y $2^{\circ}40' \pm 30'$. En vista de estos datos resulta lógico suponer que las orientaciones de la arquitectura cívico-ceremonial de Cuicuilco fueron, en la época tardía, dictadas por la de la pirámide redonda, el templo principal de la ciudad; recordemos que la traza urbana de Teotihuacan, sucesor inmediato de Cuicuilco en detentar el poder regional en la cuenca de México, representa un caso parecido y, además, que han sido observadas similitudes en la configuración urbana de ambos centros (Palerm y Wolf 1972: 104s; Sanders *et al.* 1979: 76). Por consiguiente, las orientaciones en la Villa Olímpica –particularmente la de la estructura mencionada al suroeste– apoyan la orientación determinada para la rampa poniente de la pirámide circular.

El dato sobre la orientación de la Estructura E corresponde al eje de la escalinata. Aunque no es posible evaluar el grado de alteraciones que sufrió el edificio durante los trabajos de excavación y restauración, es posible que la orientación que actualmente manifiesta la escalinata sea cercana a la que tenía el edificio originalmente, ya que de alguna manera reproduce o repite el alineamiento incorporado en la rampa poniente de la pirámide circular: las declinaciones y fechas de registro oriente/poniente de esta última son prácticamente idénticas a las de registro poniente/oriente de la Estructura E (véase tabla 5.1). En vista de esta redundancia, los intervalos entre las fechas registradas por la Estructura E no se han tomado en consideración en la tabla 5.3.

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.2 son válidas para finales del siglo II a.C. y para el observador situado en la pirámide circular. El azimut del Iztaccíhuatl corresponde al centro de la meseta superior del “pecho” (figura 17).

Tabla 5.2.

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE CUICUILCO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Tláloc	75°56'	1°51'	13°48'	abr 27, ago 17
C. Telapón	80°55'	1°51'	9°06'	abr 13, ago 30
C. Papayo	89°10'	1°20'	1°08'	mar 23, sep 20
V. Iztaccíhuatl	103°25'	2°38'	-11°49'	feb 17, oct 23

El cerro de la Estrella ($A = 63^{\circ}58'$; $h = 0^{\circ}49'$; $\delta = 24^{\circ}39'$) no marcaba las salidas del Sol en los solsticios de verano, como afirma Malmström (1978: 112, tabla 1). Explorando el calendario de horizonte de Cuicuilco, Broda (1993: 278ss, figs. 9.10 y 9.11, tabla 9.1) relaciona ciertas fechas con cerros prominentes del horizonte oriental, reconociendo que las correspondencias son aproximadas; en efecto, las diferencias entre las fechas citadas (*ibid.*: tabla 9.1) y las que realmente señalan los cerros mencionados alcanzan varios días, con la excepción del cerro Papayo (*cf.* tabla 5.2). Las fechas que cita Tichy (1991: 174) son algo más exactas. Broda (1993: 276s, fig. 9.8), citando a Ponce de León, también menciona que el Sol en el solsticio de invierno sale, observando desde Cuicuilco, sobre la ladera norte del Popocatepetl, donde se localiza el sitio posclásico Collado de Nexpayantla, y agrega que diversos santuarios que se ubican en las montañas, y cuya antigüedad no es muy clara, pudieron haber servido como marcadores calendáricos.

Tabla 5.3

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN CUICUILCO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
6, 7	W rampa - E Papayo	58, 59	W altares - E Iztaccíhuatl
7	E rampa - E Papayo	69, 67	E Tláloc - E Iztaccíhuatl
13, 14	E - W rampa	70, 69	E altares - E Telapón
14, 13	E Tláloc - E Telapón	91, 90	E altares - E Papayo
15, 14	W rampa - E Telapón	92	W altares - E Papayo
21	E Telapón - E Papayo	112	E - E Tláloc
27, 26	E rampa - E Iztaccíhuatl	113	W altares - E Telapón
28	E rampa - E Telapón	117	E - E Iztaccíhuatl
29, 27	W rampa - E Tláloc	125, 123	E altares - E Iztaccíhuatl
34, 33	E Papayo - E Iztaccíhuatl	127, 126	W altares - E Tláloc
35, 34	E Tláloc - E Papayo	139	E - E Telapón
40	W rampa - E Iztaccíhuatl	168	W - W rampa
42, 41	E rampa - E Tláloc	170	E - E rampa
55, 54	E Telapón - E Iztaccíhuatl	181	E - E Papayo
56	E altares - E Tláloc	182	E - W altares

Intervalos

En la Tabla 5.3 no se presentan intervalos que separen las fechas señaladas por los altares y la rampa poniente de la pirámide redonda, ya que los dos elementos constructivos no estaban en uso simultáneamente. Los intervalos separen fechas que valen para el siglo II a.C.; aunque los altares son más antiguos, no se han determinado fechas

que en su época correspondían a las prominencias del horizonte, ya que, por una parte, la posición cronológica de los altares no es clara y, por la otra, las diferencias serían, en todo caso, mínimas.

Discusión

Puesto que la orientación de los altares de la pirámide circular es solsticial, llama la atención que el cerro Papayo registraba las salidas del Sol en los días de cuarto del año (Ponce de León 1982: 32, 60, nota 33; Broda 1993: 278, fig. 9.9); parece que los constructores de las etapas tempranas de la pirámide tenían el propósito de marcar con alineamientos las fechas que, de manera "natural", dividían el año en cuatro partes de aproximadamente igual duración. Es posible, por tanto, que el alineamiento hacia el cerro Papayo fuera determinante en la selección del lugar para la construcción del templo.

Sin embargo, también el volcán Iztaccíhuatl pudo haber sido relevante: como se observa en la Tabla 5.3, el intervalo corto que separa las fechas de salida del Sol sobre el "pecho" del Iztaccíhuatl (figura 17) es 117 días, es decir, 9 trecenas. Más aún, parece que la orientación tardía de la pirámide, manifiesta en la rampa poniente, fue establecida precisamente en relación con la función calendárica del Iztaccíhuatl, y que los arquitectos tenían la intención de formar un calendario observacional compuesto por trecenas y sus múltiplos: los intervalos de aproximadamente una trecena separan las fechas de registro oriente y poniente de la estructura (16 y 29 de marzo, y 13 y 27 de septiembre), las salidas del Sol marcadas por el Iztaccíhuatl y por el edificio (17 de febrero y 16 de marzo, y 27 de septiembre y 23 de octubre) están separadas por intervalos de aproximadamente 2 trecenas, mientras que el intervalo de aproximadamente 13 trecenas separa dos puestas del Sol consecutivas en el eje de la pirámide (29 de marzo y 13 de septiembre).

Como se observa, no todos los intervalos son múltiplos exactos de trecenas. Es posible que en la época de Cuicuilco todavía no se lograba la precisión que caracteriza a los calendarios observacionales indiciados en sitios más tardíos. También hay que subrayar que las fechas y, por tanto, los intervalos que componían el esquema observacional de Cuicuilco no se pueden reconstruir con precisión, ya que dependen de la orientación exacta de la estructura, de la época en la que se hacían las observaciones y de la posición del Sol respecto al horizonte (centro del disco solar, limbo superior o limbo inferior sobre el horizonte) que era relevante para determinar las fechas correspondientes a alineamientos. Parece significativo, no obstante, que el intervalo corto entre las fechas de salida del Sol sobre el Iztaccíhuatl era la mayoría de las veces 117

días o 9 trecenas, mientras que las puestas del Sol en el eje de la pirámide, indicado por la rampa poniente, tendían a estar separadas por el intervalo de 169 días o 13 trecenas, si para determinar las fechas se observaba el limbo superior del Sol sobre el horizonte y a lo largo de los alineamientos (el primero o el último rayo solar); recordemos que la observación de esta posición del disco solar respecto del horizonte es indicada también por los alineamientos en otros sitios preclásicos (véase capítulo 4, "Técnicas de observación").

Por otra parte, no podemos tener la seguridad de que todas las fechas mencionadas fueran importantes: es posible, por ejemplo, que no se observaran las salidas del Sol en el eje de la pirámide y que el propósito fuera lograr el intervalo de 40 días (2 veintenas) entre las fechas de registro poniente del edificio y las salidas del Sol sobre el Iztaccíhuatl (17 de febrero y 29 de marzo, y 13 de septiembre y 23 de octubre). La posibilidad de que las orientaciones tuvieran la finalidad de registrar solamente las fechas 29 de marzo y 13 de septiembre parece ser apoyada por la disposición y por las orientaciones respectivas de la etapa tardía del basamento circular y de la Estructura E. Las fechas registradas en el horizonte *poniente* por la pirámide redonda, que en esta época tenía su rampa de acceso hacia el *poniente*, eran aparentemente las mismas que señalaba en el horizonte *oriente* la Estructura E, situada inmediatamente al *oriente* de la pirámide y, además, orientada con su escalinata hacia el *oriente* (cf. tabla 5.1). Cabe notar que estas fechas también eran marcadas por los edificios preclásicos de Xochitécatl (E1, E2 y E4-sub)⁸ y por la Estructura 1 del sitio posclásico de Teopanzolco (véase apartados correspondientes en este capítulo). Aunque la ubicación del acceso *no necesariamente* indica la dirección en que la orientación de un edificio era astronómicamente funcional (cf. *supra*, capítulo 4, "Declinaciones y fechas correspondientes a los alineamientos"), quizá no sea casual que los templos principales de ambos sitios (Estructura E1 de Xochitécatl y Estructura 1 de Teopanzolco), registrando las *puestas* del Sol el 29 de marzo y el 14 de septiembre, están orientados con sus escalinatas de acceso hacia el *poniente*. Las circunstancias mencionadas apoyan la idea sugerida arriba sobre la importancia especial de este par de fechas,

⁸ La pregunta acerca de si estos alineamientos aparecen primero en Cuiculco o en Xochitécatl no se puede resolver hasta que se establezcan y fechen confiablemente las secuencias arquitectónicas de ambos sitios. Sin embargo, "un distintivo complejo cerámico [...], tal vez llegando de Puebla hacia el sureste", observado por Heizer y Bennyhoff (1972: 101) en la fase Cuiculco IV (ca. 200-100 a.C.), podría indicar influencias de esa área y, posiblemente, la prioridad cronológica de estas orientaciones en las cuencas de Puebla y Tlaxcala.

Chalcatzingo, Morelos

Ubicación

A unos 25 km al sureste de la ciudad de Cuautla, al sur del pueblo de Chalcatzingo. $\lambda = 98^{\circ}46'10''$; $\phi = 18^{\circ}40'33''$; asnm = 1360 m (Plaza Central).

Datos básicos sobre el sitio

La ocupación del sitio comienza en el Preclásico Temprano, pero las estructuras, cuyos restos se conservan al pie del cerro de La Cantera –compuesto por el cerro Delgado al norte y el cerro Ancho (o cerro Chalcatzingo) al sur–, fueron construidas casi en su totalidad durante el Preclásico Medio, particularmente en la llamada fase Cantera (700-500 a.C.), cuando el sitio alcanzó su apogeo, volviéndose un importante centro regional. También los relieves, que se encuentran grabados en las rocas de la ladera poniente del cerro Ancho y por los que el sitio es particularmente conocido, probablemente datan de este periodo. La decadencia del asentamiento preclásico sobrevino en el Preclásico Tardío (Cyphers y Grove 1987; Prindiville y Grove 1987; Hirth 1987; Grove 1987).⁹

Varias estructuras han sido exploradas, pero actualmente las orientaciones pueden determinarse para dos, que se encuentran expuestas *in situ*: la estructura con el llamado Altar (Monumento III-4, según la nomenclatura de Jorge Angulo, o Monumento 22, según la numeración de David Grove) en la Terraza 25; y la Estructura 1 con la estela conocida como El Cazador (Monumento IV-7, según Angulo, o 27, según Grove) en la Terraza 6 (Grove y Angulo 1987; Angulo 1979; 1987).

El Monumento III-4, localizado en la sección norte del sitio, se parece a los altares olmecas de San Lorenzo y La Venta; sin embargo, mientras que éstos son monolíticos, el Altar de Chalcatzingo, que parece estar adosado al muro sur de un patio rectangular delimitado por muros de poca altura y sólo parcialmente conservados, se compone de varios bloques de piedra que forman sus tres caras, teniendo relleno de tierra como núcleo. En su frente, que mira hacia el norte, se observa en relieve el rostro estilizado del monstruo de la tierra. Al ser expuesto durante las excavaciones, el relieve frontal del Altar apa-

⁹ El sitio tenía ocupación importante también durante el Clásico; las orientaciones de las estructuras que datan de este periodo se discuten más adelante en la sección "Clásico", Chalcatzingo, Morelos".

reció incompleto; la parte faltante del mosaico fue descubierta posteriormente en un bloque de piedra desplazado de su posición original, indicando que el monumento había sido al menos una vez reconstruido o, tal vez, mutilado y reensamblado por razones rituales. Aunque la forma final del Altar data de la fase Cantera (700-500 a.C.), varios datos estratigráficos sugieren que su versión original pudo haber sido construida en etapas tardías de la fase Barranca (1100-700 a.C.), lo que resulta probable también a la luz del fechamiento de los altares análogos de la costa del Golfo, que pertenecen al Preclásico Temprano (ca. 1200-900 a.C.). Asociados con el Altar fueron encontrados varios entierros, con y sin ajuar mortuario. Si consideramos que tanto los altares olmecas del Golfo como el de Chalcatzingo pudieron haber servido en realidad como troncos, cabe señalar que algunos objetos de evidente importancia ritual, incluidos en ofrendas funerarias, efectivamente sugieren la relación del monumento con individuos de alto rango social (Fash 1987; Grove y Angulo 1987: 127; Angulo 1987: 150). El hecho de que algunos de estos entierros así como una estructura subyacente datan de la fase Barranca, podría indicar que la importancia "sagrada" de la localidad tenía una larga tradición (Fash 1987: 94).

El Monumento IV-7 se localiza en el extremo este del sitio, al pie del cerro Delgado; se trata de fragmentos de una estela cuya parte inferior fue encontrada *in situ*, frente a los muros poniente de una estructura escalonada de la fase Cantera. El relieve en la estela, mirando hacia el poniente, representa a un personaje que lleva a un animal, tal vez a un venado, por lo que el monumento llegó a ser conocido como El Cazador (Grove y Angulo 1987: 129s, fig. 9.25; Angulo 1987: 151s, fig. 10.22).

Orientaciones

Las fechas citadas en la tabla 5.4 son válidas para principios del siglo VI a.C.

La orientación del Altar fue determinada con base en la medición a lo largo de los bloques de su cara norte, en la que se encuentra grabado el relieve. El margen de error estimado es grande, debido a que la línea medida es relativamente corta (aproximadamente 5 m) y, además, no necesariamente la más relevante: las líneas de los muros laterales que forman la orilla sur del patio a la que está adosado el Altar, no son exactamente paralelas una a otra y tampoco al frente del Altar (Fash 1987: fig. 7.1). Si la orientación del Altar fue intencional, es posible que las líneas este-oeste más relevantes fueran incorporadas en algunos elementos arquitectónicos actualmente desaparecidos, que hubiesen permitido verificar, mediante las observaciones, la referencia astronómica de

la orientación con mayor facilidad que con la cara del Altar. Por otra parte, cabe recordar que el Altar y la estructura asociada sufrieron varias modificaciones. En la fase Cantera el Altar fue al menos una vez desmantelado y reensamblado; puesto que en esta intervención no se restituyó la composición original del relieve –probablemente a propósito (cf. Fash 1987: 82, 93; Angulo 1987: 150)–, es posible que tampoco se respetó la orientación exacta del primer altar. La orientación norte-sur de la construcción no se ha intentado establecer, por ser muy cortas y poco confiables las líneas norte-sur conservadas.

Tabla 5.4

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN CHALCATZINGO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
Altar	93°48' ± 1°	31°30' ± 1°	6°32' ± 1°10'	abr 7, sep 7 ± 4 ^d
	273°48' ± 1°	1°45' ± 30'	4°04' ± 1°	mar 31, sep 13 ± 3 ^d
T-6 Estr. 1	4°51' ± 1°	30° ± 3°	5°12' ± 2°	abr 3, sep 10 ± 6 ^d
	? 94°51' ± 1°	1°18' ± 20'	4°55' ± 1°	abr 2, sep 10 ± 3 ^d
	?274°51' ± 1°			

En cambio, en la Estructura 1 de la Terraza 6, donde se ubica la estela El Cazador (Monumento IV-7), son casi inexistentes los muros este-oeste, por lo que sólo se han medido los paramentos norte-sur de las plataformas superpuestas. Pero la estela, localizada al pie del muro inferior, mira hacia el poniente; de hecho, todas las estelas de Chalcatzingo, al ser descubiertas, estaban orientadas con sus caras hacia el oriente o el poniente (Prindiville y Grove 1987: 78), indicando la importancia predominante de estos dos rumbos. Es por esta razón que se incluye, en la tabla 5.4, la orientación este-oeste de la Estructura 1 de la Terraza 6, aunque no se ha podido determinar con base en mediciones de las líneas este-oeste, por lo que los azimuts hacia el este y el oeste citados en la tabla están marcados con signos de interrogación; puesto que corresponden simplemente a la perpendicular al azimut medio norte-sur, y debido a que también los azimuts de los paramentos norte-sur presentan variaciones, los márgenes de error estimados para la orientación este-oeste y para los datos correspondientes son bastante grandes.

Es posible que la Estructura 1 de la Terraza 6 fuera residencia de un gobernante, que tal vez está retratado en la estela asociada (Prindiville y Grove 1987: 65). Por otra parte, Angulo (1987: 151s) arguye que el personaje representado en la estela lleva a un venado, y que este animal se asociaba con el Sol y la caza, no solamente entre los cazadores y recolectores sino también entre los agricultores mesoamericanos:

"Many agriculturalists regard the deer as master and protector of crops and fertility, and they invoke its spirit at every turn of the agricultural cycle, from the clearing of the forest to the first fruits of harvest time. Among the Huichol every agricultural endeavor is preceded by a ceremonial deer hunt" (Angulo 1987: 152). Al relacionar la estela El Cazador con el culto de la fertilidad, en el que tenía un papel importante el venado, Angulo (*ibid.*) agrega: "Ceremonies were most likely celebrated on special dates, chosen by the position of the sun, defining the beginning and end of a given period of the agricultural cycle." En vista de la probable orientación solar de la estructura asociada con la estela, podemos observar que las fechas que registra son, cuando menos, compatibles con esta interpretación.

Cabe mencionar que Prindiville y Grove (1987: 76ss, tabla 6.2), en su artículo sobre el asentamiento y su arquitectura, presentan datos acerca de las orientaciones de muchas estructuras exploradas que, en su mayoría, no están expuestas en la actualidad. Desafortunadamente, hay que advertir que la utilidad de estos datos es, por varias razones, muy limitada. En primer lugar, todas las orientaciones se expresan con rumbos redondeados al medio grado; como afirman los autores mismos (*ibid.*: 76), los datos fueron tomados con brújula y probablemente deben considerarse con un margen de error de $\pm 1^\circ$. Además, aunque las orientaciones se refieren al norte astronómico, no sabemos con qué valor de declinación magnética fueron corregidos los rumbos medidos con la brújula, por lo que tampoco podemos detectar el origen de los errores que son, al menos en algunos casos, evidentes. Por ejemplo, para la orientación del Juego de Pelota, que data del Clásico, Prindiville y Grove (1987: 77, tabla 6.2) proporcionan el rumbo N87½W; comparando este valor con el azimut medio de 95°25' (N84°35'W), obtenido con base en mis mediciones con teodolito (*v. infra*, "Clásico: Chalcaltzingo, Morelos"), observamos la diferencia de casi 3°, pese a que la orientación del Juego de Pelota –por las características y el estado de conservación del edificio– puede establecerse con mayor precisión que la de cualquier otra estructura actualmente expuesta en el sitio, definitivamente con un margen de error menor a $\pm 1^\circ$. Las orientaciones del Altar y de la Estructura 1 de la Terraza 6 son, según los autores citados (*ibid.*), N87½W y N3½E, respectivamente, equivaliendo a los azimuts 92½° y 93½°; ambos valores son más de 1° *menores* de los que se citan en la tabla de arriba, lo que podría deberse a un error sistemático, aunque por falta de datos no es posible detectar su tamaño y eventual consistencia.¹⁰ Tanto los errores mencionados como la ausencia de las alturas

¹⁰ De hecho, la consistencia en el tamaño de estos errores es poco probable: recordemos que la orientación del Juego de Pelota que aparece en el artículo citado manifiesta un error en el mismo sentido, pero considerablemente más grande.

del horizonte correspondientes a las orientaciones reducen la utilidad de los datos de Prindiville y Grove para las consideraciones arqueoastronómicas; no obstante, es significativa su observación de que las orientaciones de las estructuras de la fase Cantera son remarcablemente consistentes, sugiriendo que fueron intencionales (*ibid.*: 76).

Horizonte

En las tablas 5.5 y 5.6 se presentan datos sobre el horizonte para cada estructura por separado; las fechas son válidas para principios del siglo VI a.C.

Tabla 5.5
DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE CHALCATZINGO,
OBSERVANDO EN EL ALTAR

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Cuachi	272°46'	1°59'	3°10'	mar 29, sep 15
C. Diolochi	279°52'	1°02'	9°34'	abr 15, ago 29

Tabla 5.6
DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE CHALCATZINGO,
OBSERVANDO EN LA ESTRUCTURA 1 DE LA TERRAZA 6

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Santa Cruz	244°50'	0°51'	-23°35'	dic 21 ?
C. Cuachi	273°26'	1°55'	3°47'	mar 30, sep 13
C. Diolochi	280°31'	0°58'	10°09'	abr 17, ago 28

Intervalos

En las tablas 5.7 y 5.8 se presentan los intervalos señalados por los alineamientos para cada estructura por separado.

Discusión

Cabe notar que el cerro Santa Cruz, observado desde algún punto hacia el norte de la Estructura 1 de la Terraza 6, hubiese marcado las puestas del Sol en los solsticios de invierno con mayor precisión, ya que las declinaciones extremas del Sol en el primer milenio a. C. eran de aproximadamente $\pm 23^{\circ}45'$ ($\pm 4'$, dependiendo de la época exacta). Puesto que el cerro Santa Cruz se localiza a escasos 3.5 km de distancia, hubiera sido necesario desplazarse tan sólo unos metros hacia el norte del edificio, para poder observar las puestas solsticiales del Sol exactamente en la dirección del cerro. Quizá no sea una coincidencia que hacia la orilla de la Terraza 6, a 16 m al norte de la estela El Cazador ubicada frente a la Estructura 1, fueron encontrados los Monumentos IV-5 (o 25) y IV-6 (o 26), un altar cilíndrico y la base de una estela (Grove y Angulo 1987: 128s, figs. 9.23 y 9.24; Angulo 1987: 151). También parece significativo que el fragmento de la estela se hallaba junto al lado *suroeste* del altar (Grove y Angulo 1987: 129; Grove y Cyphers 1987: 34s, fig. 4.16): es posible que esta disposición de ambos monumentos incorporara la dirección hacia las puestas del Sol en los solsticios de invierno, marcadas por el cerro en el horizonte suroeste, pero la idea no se puede comprobar, ya que después de las excavaciones los dos objetos fueron removidos de su posición original.

Algunos intervalos llaman la atención, porque se aproximan a múltiplos de 13 o de 20 días (tablas 5.7 y 5.8). Podemos hacer notar que, observando desde la Plaza Central o Terraza 1, el cerro Diolochi ($A = 281^{\circ}03'$; $h = 0^{\circ}52'$; $\delta = 10^{\circ}37'$) señalaba las puestas del Sol en las fechas 18 de abril y 26 de agosto, separadas por 130 días (10 trecenas); parece significativo que la Estructura 4 de la Plaza Central, la más grande de Chalcatzingo, probablemente fue la construcción pública más importante del sitio preclásico durante toda su historia (Prindiville y Grove 1987: 63). Las distancias entre las dos fechas marcadas por el cerro Diolochi observado desde ese punto y el solsticio de invierno son de 117-118 días (=9 trecenas). Sin embargo, las puestas solsticiales del Sol observadas desde la Plaza Central no coincidían con la dirección hacia el cerro Santa Cruz ($A = 245^{\circ}25'$; $h = 0^{\circ}42'$; $\delta = -23^{\circ}06'$). Podemos suponer que las fechas del calendario de horizonte fueron determinadas desde distintos puntos de observación. La presencia de importantes vestigios de actividad cívica y ceremonial en los dos lugares de observación sugeridos apoya la hipótesis.

Tabla 5.7

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN CHALCATZINGO,
OBSERVANDO EN EL ALTAR

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
7, 6	E - W Altar
8, 9	E Altar - W Diolochi
9, 8	E Altar - W Cuachi
15	W Altar - W Diolochi
17	W Cuachi - W Diolochi
136	W - W Diolochi
153	E - E Altar
166	W - W Altar
170	W - W Cuachi

Tabla 5.8

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN CHALCATZINGO,
OBSERVANDO EN LA ESTRUCTURA 1 DE LA TERRAZA 6

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
4, 3	E Estr. 1 - W Cuachi
14, 13	E Estr. 1 - W Diolochi
15, 13	W Estr. 1 - W Diolochi
18, 16	W Cuachi - W Diolochi
99	W Cuachi - W Santa Cruz
102	W Estr. 1 - W Santa Cruz
103, 102	E Estr. 1 - W Santa Cruz
117, 115	W Santa Cruz - W Diolochi
133	W - W Diolochi
160	E - E Estr. 1
161	W - W Estr. 1
167	W - W Cuachi

El significado de las orientaciones arquitectónicas es más difícil de esclarecer, debido a la escasez de datos confiables; en vista del amplio margen de error que caracteriza las dos orientaciones determinadas en el campo, no es posible establecer las fechas exactas registradas por ambas estructuras. Si realmente fueron orientadas hacia las posiciones del Sol en el horizonte, y si los periodos de 13 días y sus múltiplos fueron importantes –como lo parecen indicar los datos sobre el horizonte–, podemos conjeturar que las dos orientaciones señalaban las puestas del Sol 13 días antes/después de las puestas sobre el cerro Diolochi, observadas desde cada una de las estructuras.

Xochitécatl, Tlaxcala

Ubicación

En la parte alta del Cerro Xochitécatl, al norte del poblado San Miguel Xochitecatitla y a unos 15 km al suroeste de la ciudad de Tlaxcala. $\lambda = 98^{\circ}20'57''$; $\phi = 19^{\circ}14'38''$; asnm = 2380 m (Pirámide de las Flores).

Datos básicos sobre el sitio

El sitio fue parcialmente explorado por Spranz (1970), quien encontró material del Preclásico y Clásico Tardío. Las intensas investigaciones recientes, iniciadas en 1993 en el marco del Proyecto Especial Xochitécatl, han confirmado que el sitio alcanzó su auge durante el Preclásico Tardío y, posteriormente, durante el Clásico Tardío y Terminal, cuando estaba unido con el sitio vecino de Cacaxtla. La mayoría de los edificios que actualmente se encuentran restaurados fueron construidos en el Preclásico: las estructuras E1 (Pirámide de las Flores), E2 (Edificio de la Serpiente) y E3 (Edificio de la Espiral). Las primeras etapas constructivas de las estructuras E1, E2 y E3 fueron edificadas en el Preclásico Medio, mientras que la subestructura del edificio epiclásico E4 (Basamento de los Volcanes) pertenece al Preclásico Tardío (Serra y Beutelspacher 1994; Serra y Palavicini 1996). La estructura más grande del sitio es la E1, pirámide escalonada construida en varias etapas; frente a su escalinata de acceso que da al poniente fueron encontradas dos grandes pilas monolíticas.

Orientaciones

Las fechas citadas en la tabla 5.9 son válidas para principios del siglo III a.C.

Los taludes de los cuerpos escalonados de la Estructura E1 se encuentran actualmente bastante deformados, por lo que es imposible determinar con precisión el azimut original de cada uno de ellos. Sin embargo, el azimut de la orientación intencionada en la dirección este-oeste debe haber sido muy cercano al valor que se cita en la tabla 5.9 y que representa el promedio de los azimuts medidos a lo largo de los taludes norte y sur más confiables (algunos con restos de estuco): es indicativo que la Estructura E2 y las partes expuestas de la subestructura E4 manifiestan aproximadamente la misma orientación que la E1. La escalinata de la E1, tal como ha sido restaurada y como se observa

en la actualidad, parece estar ligeramente desviada respecto a la estructura, dando la impresión de que el azimut de su eje de simetría es algo mayor del que le corresponde al eje este-oeste de la estructura. Sin embargo, es probable que la orientación original de la escalinata –aunque difícil de determinar, puesto que no se conservan sus alfardas– coincidiera con la del resto del edificio: actualmente se observan partes de dos escalinatas sobrepuestas, pero sólo la orilla norte de la superior parece ser original, por lo que es significativo que su azimut es semejante al que aparece en la tabla 5.9 y que ha sido determinado con base en los taludes de la pirámide. Cabe agregar que los peldaños de esta etapa, recubiertos de barro y conservados sólo en una franja a lo largo de la orilla norte de la escalinata, son aproximadamente perpendiculares a su eje, en tanto que muchos de los escalones de la etapa inferior, construidos con bloques de piedra, tienen azimuts notablemente mayores de los que manifiestan los escalones de barro, contribuyendo a la impresión de que la escalinata está desviada respecto al edificio al que está adosada.

Tabla 5.9

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN XOCHITÉCATL

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
E1	93°08' ± 1° 273°08' ± 1° 5°00' ± 2°	3°12' ± 15' 1°55' ± 10'	-1°57' ± 1° 3°31' ± 1°	mar 16, sep 28 ± 2 ^d mar 29, sep 14 ± 2 ^d

Aunque Serra y Lazcano (1997: 97) no proporcionan el azimut de orientación de la Estructura E1, su afirmación de que la orientación corresponde a la salida del Sol el 29 de septiembre prácticamente coincide con mis resultados (*cf.* tabla 5.9).

Horizonte

Los datos sobre el horizonte en las tabla 5.10 y 5.11 valen para el observador situado sobre la Estructura E1 (Pirámide de las Flores); las fechas son válidas para principios del siglo III a.C. El azimut del Iztaccíhuatl corresponde al centro de la parte más alta ("pecho"), que es relativamente plana y cuyos bordes tienen los azimuts 256°04' y 256°55'.

Tabla 5.10

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE XOCHITÉCATL

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Cuatlapanga	69°49'	0°54'	19°13'	may 17, jul 29
V. La Malinche	92°36'	3°22'	-1°24'	mar 17, sep 26

Tabla 5.11

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE XOCHITÉCATL

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
V. Iztaccíhuatl	256°30'	4°59'	-11°03'	feb 19, oct 21
C. Papayo	280°45'	1°46'	10°39'	abr 18, ago 26
C. Telapón	289°46'	2°09'	19°17'	may 17, jul 29

Serra y Lazcano (1997: 97) mencionan que la Pirámide de las Flores está orientada hacia el volcán La Malinche, pero se refieren al "punto que representa la boca del perfil femenino" conformado por la silueta del volcán, mientras que el azimut en la tabla 5.10 corresponde a la cumbre más alta.

Los cerros Cuatlapanga y Telapón marcan con bastante exactitud las salidas y las puestas del Sol, respectivamente, en los días de su paso por el zenit del lugar. La cumbre del cerro Tláloc no señalaba las puestas del Sol en los solsticios de verano, como afirma Tichy (1991: 179, mapa 4), ya que su azimut y altura son 295°59' y 2°10', respectivamente, correspondiendo a la declinación de 25°08'; este valor excede el de la declinación solsticial del Sol en el Preclásico Tardío por casi 1.5° (= 3 diámetros del disco solar).

Intervalos

Véase tabla 5.12.

Discusión

Llama la atención que la Estructura E1 señalaba las mismas fechas que la pirámide circular de Cuicuilco (véase capítulo 5 "Cuicuilco, D.F.").

Es posible que el intervalo entre las fechas registradas por el Iztaccíhuatl era 120 días (6 veintenas). Podemos suponer que la fecha en febrero, cuando el Sol se mueve hacia el norte, era definida como

el primer día en que el último rayo del Sol pudo observarse encima de la meseta del "pecho", mientras que en octubre, cuando el Sol se desplaza hacia el sur, la fecha relevante era el día en que el limbo superior del disco solar era visible sobre el "pecho" por última vez; en otras palabras, las dos fechas correspondían al primer día en febrero y al último en octubre en que el Sol tenía la declinación igual a o mayor de $-11^{\circ}33'$, que es el valor requerido para que el limbo superior del disco solar esté alineado con el borde sur (izquierdo) del "pecho" ($A = 256^{\circ}04'$; $h = 4^{\circ}59'$). En este caso las fechas señaladas por el Iztaccíhuatl hubieran sido 18-19 de febrero y 21-22 de octubre, separadas siempre por el intervalo de 120 días. Sin embargo, si para determinar las fechas se observaba el limbo superior del Sol a lo largo de los alineamientos, las fechas señaladas por el cerro Papayo habrían tendido a ser 17 de abril y 26 de agosto, separadas por el intervalo de 131 días. Aunque no podemos descartar la posibilidad de que las fechas correspondientes a distintos alineamientos eran registradas por diferentes posiciones del Sol respecto al horizonte, también es posible que uno u otro alineamiento no fuera usado para fines del calendario observacional.

Tabla 5.12

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN XOCHITÉCATL

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
12	W estr. - E La Malinche	61, 59	E La Malinche - W Telapón
13, 14	E - W estr.	61, 59	E Cuatlapanga - E La Malinche
20, 19	W estr. - W Papayo	62, 61	E estr. - E Cuatlapanga
25, 23	E estr. - W Iztaccíhuatl	62, 61	E estr. - W Telapón
26, 25	E La Malinche - W Iztaccíhuatl	73	E - E Cuatlapanga
29, 28	E Cuatlapanga - W Papayo	73	W - W Telapón
29, 28	W Papayo - W Telapón	87, 84	E Cuatlapanga - W Iztaccíhuatl
32, 31	E La Malinche - W Papayo	87, 84	W Iztaccíhuatl - W Telapón
33	E estr. - W Papayo	121	W - W Iztaccíhuatl
38, 37	W estr. - W Iztaccíhuatl	130	W - W Papayo
49, 47	W estr. - E Cuatlapanga	169	W - W estr.
49, 47	W estr. - W Telapón	169	E - E estr.
58, 56	W Iztaccíhuatl - W Papayo	172	E - E La Malinche

El posible esquema del calendario observacional se presenta en la tabla 5.13, leyéndose las fechas y los intervalos en el sentido contrario al de las manecillas de reloj (primera columna de fechas hacia abajo, la segunda hacia arriba, etcétera). El esquema incluye las fechas e intervalos "ideales" que pudieran haberse empleado, pero hay que tomar en consideración las advertencias expresadas en el párrafo anterior.

Tabla 5.13

POSIBLE ESQUEMA DEL CALENDARIO OBSERVACIONAL DE XOCHITÉCATL

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
		120		
W Iztaccíhuatl	feb 18			oct 21
E estr.	mar 16	26	23	sep 28
W estr.	mar 29	13	14	sep 14
W Papayo	abr 18	20	19	ago 26
		130		

Tx-TF-4 (Parsons), México

Ubicación

En la parte alta del cerro Teponaxtle, al noroeste del poblado Tepetlaoxtoc y a 10 km al nornordeste de Texcoco. $\lambda = 98^{\circ}50'18''$; $\varphi = 19^{\circ}35'35''$; asnm = 2 450 m ("fortaleza").

Datos básicos sobre el sitio

Parsons (1971: 38-41, 317s, figs. 2-4, láminas 19-21) divide el sitio en tres áreas. En la parte más alta del cerro se conservan restos de diversos muros, cuya disposición sugiere que se trata de un complejo de carácter defensivo, por lo que Parsons (*ibid.*) lo llama "la fortaleza". El recinto ceremonial, ubicado en la planicie al sureste de la "fortaleza", constaba de varios montículos arreglados alrededor de una plaza (*ibid.*: fig. 3). Al visitar el lugar, en noviembre de 1994, pude identificar el tlatal 188, que flanqueaba la plaza por su costado norte, y algunas terrazas o partes de muros de contención hacia el sur; las demás construcciones han sido destruidas, al parecer en un momento relativamente reciente. En las faldas sur del cerro permanecen vestigios del área habitacional. En el conjunto ceremonial fue encontrada únicamente la cerámica del Formativo Terminal, pero ésta predomina también en otras áreas (Parsons 1971: 317s). En las faldas noreste del cerro, a menos de 100 m del recinto ceremonial, se conservan restos de petroglifos grabados en la roca madre, entre los que se destaca una cruz con círculos concéntricos (Parsons 1971: 100, fig. 15, lámina 36b; Aveni y Hartung 1982: 36s, fig. 10). El sitio ha sido clasificado como un centro relativamente grande de tipo Tezoyuca, perteneciente al Periodo Intermedio Primero, Fase 3 (ca. 300-100 a.C.; Sanders *et al.* 1979: 98-105, mapa 12).

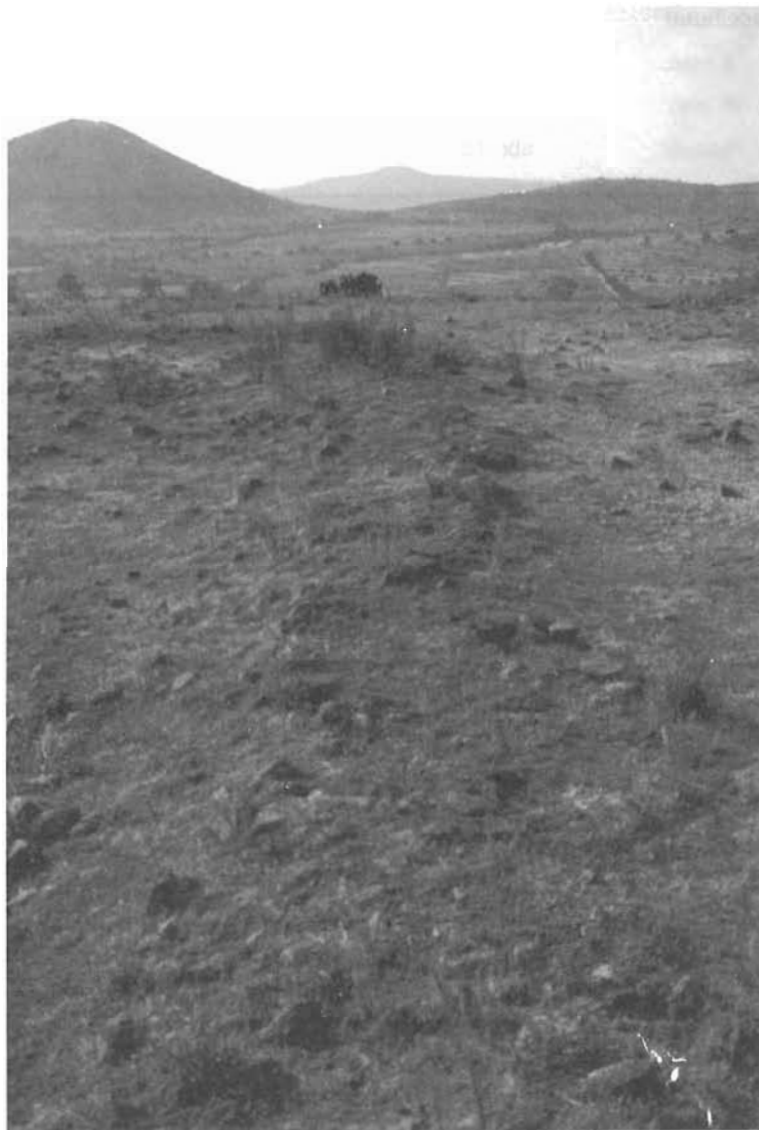


Figura 18. Sitio Tx-TF-4; vista hacia el poniente a lo largo de los restos de un muro de la "fortaleza", alineado hacia el cerro Chiconautla.

Orientaciones

Las fechas citadas en la Tabla 5.14 son válidas para principios del siglo III a.C.

Tabla 5.14

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL SITIO TX-TF-4

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
tlatel 188	115°10' ± 30'	2°00' ± 10'	-22°57' ± 30'	dic 21 ?	
y otras	295°10' ± 30'	0°29' ± 5'	23°40' ± 30'	jun 22 ?	C. Chiconautla
	25°10' ± 30'				

Los resultados de las mediciones efectuadas en el recinto ceremonial, en la parte noreste del montículo 188, donde se localizaron restos de una esquina, así como a lo largo de algunos muros de la llamada "fortaleza" y del área habitacional, sugieren que las estructuras de los tres conjuntos poseían la misma orientación. Como se observa en la tabla 5.14, la orientación de las estructuras corresponde con mayor precisión a las puestas del Sol en los solsticios de verano que a las salidas del Sol en los solsticios de invierno (las declinaciones extremas del Sol en el siglo III a.C. eran alrededor de ±23°44'); también la coincidencia de los alineamientos con el cerro Chiconautla al poniente (físicamente observable, sobre todo a lo largo de los muros de la "fortaleza": figura 18) sugiere que las estructuras señalaban las puestas del Sol en los solsticios de verano.

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.15 y 5.16 valen para principios del siglo III a.C. Los márgenes de error agregados en los datos sobre el cerro Azteca se deben a que la amplia plataforma construida en la cima del cerro en el Posclásico Tardío (v. *infra*, "Poclásico", "Tx-A-20 (Parsons), México") impide determinar con precisión el azimut que tenía la cumbre natural anteriormente (*i.e.* en el Preclásico).

Tabla 5.15

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL SITIO TX-TF-4

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Tlamacas	111°16'	2°42'	-19°04'	ene 25, nov 15

Tabla 5.16

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL SITIO TX-TF-4

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Azteca	263°50' ± 10'	3°04'	-4°50' ± 10'	mar 8, oct 4 ± 1 ^d
Pico Tres Padres	270°20'	1°00'	0°33'	mar 22, sep 21
C. Tezontlale	283°01'	2°26'	13°01'	abr 24, ago 19

Intervalos

Véase tabla 5.17.

Tabla 5.17

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL SITIO TX-TF-4

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
14, 13	W Azteca - W Tres Padres	91	E estr. - W Tres Padres
33	W Tres Padres - W Tezontlale	92, 91	W estr. - W Tres Padres
35, 36	E estr. - E Tlamacas	106, 104	W estr. - W Azteca
42	E Tlamacas - W Azteca	117	W - W Tezontlale
47, 46	W Azteca - W Tezontlale	124	E estr. - W Tezontlale
56, 55	E Tlamacas - W Tres Padres	148, 146	W estr. - E Tlamacas
59, 58	W estr. - W Tezontlale	155	W - W Azteca
71	E - E Tlamacas	182	E - W estr.
77, 78	E estr. - W Azteca	182	W - W Tres Padres
89, 88	E Tlamacas - W Tezontlale		

Discusión

Las mediciones del horizonte fueron realizadas desde la parte más alta del cerro, donde se ubica la "fortaleza", pero cabe señalar que el recinto ceremonial, actualmente muy destruido, se localizaba a unos 60-80 m al sureste. Al observar desde allí, los azimuts de los cerros del horizonte oeste aumentan ligeramente, y es probable que el cerro Azteca marcaba las puestas del Sol en las fechas 9 de marzo y 4 de octubre, separadas por el intervalo de 156 días (= 12 trecenas). Estas fechas caen, además, 105/104 días (aproximadamente 8 trecenas) antes/después del solsticio de verano, señalado por las estructuras. El pico Tres Padres está tan lejos que, al desplazarse el observador entre las dos partes del sitio, las fechas registradas hubiesen sido las mis-

mas -22 de marzo y 21 de septiembre-, cayendo 13 días después/ antes de las señaladas por el Cerro Azteca y 92/91 días (aproximadamente 7 treceñas) antes/después del solsticio de verano. Al moverse el observador desde la "fortaleza" hasta el recinto ceremonial, el azimut del cerro Chiconautla aumenta apenas unos minutos, debido a su ubicación en el noroeste y a la dirección del desplazamiento hacia el sureste; puesto que el azimut desde la "fortaleza" hacia el centro del cráter del Chiconautla es $295^{\circ}10'$, correspondiendo a la declinación de $23^{\circ}40'$, es posible que, observando desde algún punto en el recinto ceremonial (de donde la línea visual hacia el cerro pasa inmediatamente al sur de la elevación sobre la que se encuentra la "fortaleza"), el cerro Chiconautla -al que, recordemos, están orientadas las estructuras- marcaba las puestas solsticiales del Sol aun con mayor precisión, ya que la declinación correspondiente, ligeramente aumentada a raíz del incremento en el azimut, podría resultar más cercana a los valores de la declinación extrema del Sol en la época en que, según los fechamientos arqueológicos, floreció el sitio ($\pm 23^{\circ}44'$, alrededor del año 300 a.C.).

Un dato curioso es que el petroglifo en forma de cruz y círculo, ubicado en la ladera noreste del cerro Teponaxtle -a unos 150 m al este de la parte más alta, donde se ubica la "fortaleza"- apunta con uno de sus ejes hacia el cerro Tlamacas en el oriente, pero el significado astronómico de esta dirección no es evidente. Por otra parte, Aveni y Hartung (1982: 37) observan que el petroglifo se ubica casi exactamente al sur de la Pirámide del Sol de Teotihuacan.

Tx-TF-6 (Parsons), México

Ubicación

A lo largo de la cresta y al sur de la cumbre del cerro Tetepayo, al norte del poblado Tepetlaoxtoc y a 11 km al noreste de Texcoco. $\lambda = 98^{\circ}48'43''$; $\varphi = 19^{\circ}35'18''$; asnm = 2 420 m.

Datos básicos sobre el sitio

Diversos muros, cuyos restos se conservan en la superficie, parecen haber conformado un complejo sistema de plataformas, cuartos y pasillos dispuestos al norte y al sur de un montículo central (tlatel 462 de Parsons 1971: 41s, fig. 5). La cerámica encontrada en la superficie fue clasificada por Parsons (1971: 42) como formativa terminal, con la excepción de algunos fragmentos aztecas. Se trata de un pequeño centro cívico-ceremonial de tipo Tezoyuca, perteneciente al Pe-

riodo Intermedio Primero, Fase 3 (ca. 300-100 a.C.), según la cronología de Sanders *et al.* (1979: 98-105, mapa 12).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.18 valen para principios del siglo III a.C.

Los conjuntos al norte y al sur del montículo central tienen orientaciones diferentes. La orientación del montículo central (tlatel 462) no se ha podido determinar. Las declinaciones correspondientes a la orientación del conjunto sur sugieren que éste señalaba las puestas del Sol en el solsticio de verano.

Tabla 5.18

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL SITIO TX-TF-6

Estructura	A	h	δ	Fechas
conjunto norte	106°30' ± 30'	3°00' ± 10'	-14°31' ± 35'	feb 10, oct 31 ± 2 ^d
	286°30' ± 30'	⊕ 0°15' ± 10'	15°28' ± 35'	may 2, ago 11 ± 2 ^d
	16°30' ± 30'			
conjunto sur	115°00' ± 30'	2°55' ± 10'	-22°26' ± 35'	dic 21 ? ± 5 ^d
	295°00' ± 30'	⊕ 0°15' ± 10'	23°25' ± 35'	jun 22 ?

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.19 y 5.20 valen para principios del siglo III a.C. Los márgenes de error agregados en los datos sobre el cerro Azteca (tabla 5.20) se deben a que la amplia plataforma construida en la cima del cerro durante el Posclásico Tardío (*v. infra*, "Posclásico", "Tx-A-20 (Parsons), México") impide determinar con precisión el azimut que tenía la cumbre natural anteriormente (*i.e.* en el Preclásico). El azimut del cerro Chiconautla corresponde al centro de la parte plana superior (cráter).

Tabla 5.19

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL SITIO TX-TF-6

Prominencia	A	h	δ	Fechas
C. Tlamacas	113°43'	3°29'	-21°02'	ene 16, nov 24

Tabla 5.20

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL SITIO TX-TF-6

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Azteca	271°37' ± 10'	1°53'	2°05' ± 10'	mar 26, sep 17 ± 1 ^d
C. Tezontlale	281°58'	1°35'	11°43'	abr 21, ago 23
C. Chiconautla	292°53'	0°27'	21°31'	may 28, jul 18

Intervalos

Los intervalos de 53 y 51 días que separan las salidas del Sol señaladas por el cerro Tlamacas y las puestas que marca el cerro Chiconautla llaman la atención (tabla 5.21), ya que los datos sobre el horizonte y los intervalos presentados en las tablas valen para el observador situado en el tlstel 462 (*cf.* Parsons 1971: fig. 5), mientras que, observando desde algún punto situado a tan sólo unos 30 m hacia el norte, es decir, en el área del conjunto norte del sitio, ambos intervalos hubiesen sido de exactamente 52 días (= 4 trecenas). Los intervalos de 52 días podrían haber sido logrados también si se hubiese observado desde el tlstel 462, si las fechas eran registradas por el limbo superior del disco solar, es decir, por el primer rayo del Sol alineado con la cumbre del cerro Tlamacas y el último rayo alineado con el centro del cráter del cerro Chiconautla.

Tabla 5.21

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL SITIO TX-TF-6

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
11, 12	W conj. N - W Tezontlale	81	E - W conj. N
25, 24	E conj. N - E Tlamacas	88, 87	W conj. S - W Azteca
25, 26	W conj. S - W Chiconautla	95, 93	E Tlamacas - W Tezontlale
26, 24	W conj. N - W Chiconautla	95	E conj. S - W Azteca
26, 25	W Azteca - W Tezontlale	101	W - W conj. N
26, 27	E conj. S - E Tlamacas	102	E - E conj. N
37, 36	W Tezontlale - W Chiconautla	106, 105	W conj. N - E Tlamacas
37	W conj. N - W Azteca	107, 105	E conj. N - W Chiconautla
44	E conj. N - W Azteca	121, 120	E conj. S - W Tezontlale
51, 50	W conj. N - W conj. S	124	W - W Tezontlale
51	E conj. N - E conj. S	132, 129	E Tlamacas - W Chiconautla
51	W - W Chiconautla	132, 131	E conj. N - W conj. S
53	E - E Tlamacas	132	W conj. N - E conj. S
62	W conj. S - W Tezontlale	157, 155	W conj. S - E Tlamacas
63, 61	W Azteca - W Chiconautla	158, 156	E conj. S - W Chiconautla
69, 68	E Tlamacas - W Azteca	175	W - W Azteca
70, 69	E conj. N - W Tezontlale	182	E - W conj. S

Tabla 5.22

POSIBLE ESQUEMA DEL CALENDARIO OBSERVACIONAL DEL SITIO TX-TF-6

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
E conj. S	dic 21	26	26	dic 21
E Tlamacas	ene 16	26	26	nov 25
E conj. N	feb 11	79	78	oct 30
W conj. N	may 1	26	26	ago 13
W Chiconautla	may 27	26	26	jul 18
W conj. S	jun 22			jun 22

Discusión

Si el azimut de orientación del conjunto norte fue de alrededor de 20' menor, la estructura ideal del calendario observacional, compuesto por treceñas y sus múltiplos, pudo haber sido la que se presenta en la tabla 5.22, leyéndose las fechas y los intervalos en el sentido contrario al de las manecillas de reloj.

Tx-TF-10 (Parsons), México

Ubicación

En la parte alta del cerro de las Cuevas, aproximadamente a 1 km al este del poblado Papalotla y a 7 km al noreste de Texcoco. $\lambda = 98^{\circ}50'35''$; $\phi = 19^{\circ}33'54''$; asnm = 2 320 m.

Datos básicos sobre el sitio

Según Parsons (1971: 43, fig. 6, 318s), toda la cerámica de superficie encontrada en el recinto cívico-ceremonial, que se compone de varios montículos alrededor de una plaza, pertenece al Formativo Terminal, con la excepción de algunos tiestos aztecas encontrados sobre el montículo 123, en el extremo oeste de la plaza. Parsons (*ibid.*) menciona que algunos fragmentos procedentes del montículo 119, en el costado este de la plaza, podrían ser de la cerámica Tzacualli; proba-

blemente por esta razón es que el sitio, clasificado como pequeño recinto ceremonial, aparece en la obra de Sanders *et al.* (1979: 105-108, mapa 13) como perteneciente al Periodo Intermedio Primero, Fase 4 (100 a.C.-100 d.C.).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.23 son válidas para principios del siglo III a.C.

Tabla 5.23

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL SITIO TX-TF-10

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
tlatel 119	106°40' ±?	⊕ 2°20' ±?	-14°56' ±?	feb 8, nov 1 ±?
	286°40' ±?	⊕ 0°20' ±?	15°40' ±?	may 3, ago 11 ±?
	17°15' ±1°			

Parsons (1971: 43, fig. 6, 318s) registra la existencia de muros expuestos, pero de estos sólo algunos se conservan hasta la actualidad; la desaparición de algunos se debe al evidente saqueo (p. e. en el montículo 120). Las partes de los muros útiles para las mediciones fueron localizadas en los lados sur y este del montículo 119 (donde fue encontrada la presunta cerámica Tzacualli), en el extremo oriente del conjunto, por lo que ésta es la única estructura cuya orientación se estableció con cierta seguridad.

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.24 y 5.25 son válidas para principios del siglo III a.C.

Tabla 5.24

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL SITIO TX-TF-10

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
⊕ C. Tlamacas	99°14'	3°18'	-7°38'	mar 1, oct 12
⊕ C. Chicocujío	110°17'	3°02'	-18°02'	ene 29, nov 12

Tabla 5.25

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL SITIO TX-TF-10

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
⊕ Pico Tres Padres	276°13'	1°14'	6°10'	abr 5, sep 7

Intervalos

Véase tabla 5.26.

Tabla 5.26

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL SITIO TX-TF-10

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
10, 11	E estr. - E Chicocuajío	78	E - E Chicocuajío
21, 20	E estr. - E Tlamacas	84, 82	E - W estr.
28, 27	W estr. - W Tres Padres	94, 93	W estr. - E Chicocuajío
31	E Tlamacas - E Chicocuajío	99	E - E estr.
35	E Tlamacas - W Tres Padres	100	W - W estr.
56, 55	E estr. - W Tres Padres	140	E - E Tlamacas
63, 62	W estr. - E Tlamacas	155	W - W Tres Padres
66	E Chicocuajío - W Tres Padres		

TF-26-90 (Sanders et al.), México

Ubicación

En la cumbre del cerro al sureste del poblado San Lucas Tepango, en el límite sur del valle de Teotihuacan. $\lambda = 98^{\circ}51'15''$; $\varphi = 19^{\circ}38'36''$; asnm = 2450 m.

Datos básicos sobre el sitio

Según Sanders *et al.* (1975: 153s, fig. 89, láminas 120b, 121-123; 1979: 98-105, mapa 12), las estructuras cuyos restos se conservan encima del cerro formaban parte de un recinto cívico-ceremonial de tipo Tezoyuca, perteneciente al Periodo Intermedio Primero, Fase 3 (300-100 a.C.).

Tabla 5.27

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL SITIO TF-26-90

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas*</i>
estructura	116°15' ±?	10°00' ± 30'	-20°38' ±?	ene 18, nov 25 ±?
en la cumbre	296°15' ±?	⊕ 0°00' ± 15'	24°27' ±?	jun 22 ?

Tabla 5.28

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL SITIO TF-26-90

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
⊕ C. Colorado (Tipayo)	75°38'	1°27'	13°55'	abr 28, ago 17

Tabla 5.29

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL SITIO TF-26-90

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
⊕ Pico Tres Padres	258°50'	1°01'	-10°16'	feb 22, oct 19
⊕ C. Chiconautla	274°02'	0°37'	3°53'	mar 30, sep 13

Orientaciones

El resto de un muro este-oeste fue descubierto en la parte sur del montículo encima del cerro. El azimut medido es poco confiable (tabla 5.27), por estar basado en una sola y relativamente corta hilera de piedras. Es probable que la orientación señalara las puestas del Sol en el solsticio de verano.

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.28 y 5.29 son válidas para principios del siglo III a.C.

Intervalos

Véase tabla 5.30.

Tabla 5.30

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL SITIO TF-26-90

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
29, 27	E Colorado - W Chiconautla	84, 83	W estr. - W Chiconautla
35, 37	E estr. - W Tres Padres	100	E estr. - E Colorado
36	W Tres Padres - W Chiconautla	111	E - E Colorado
54	E - E estr.	120, 119	W estr. - W Tres Padres
55, 56	W estr. - E Colorado	126	W - W Tres Padres
65, 63	E Colorado - W Tres Padres	155, 156	E - W estr.
71, 73	E estr. - W Chiconautla	167	W - W Chiconautla

Tlapacoya, México

Ubicación

Al sureste de la Ciudad de México, en el poblado Tlapacoya, al norte del cerro El Elefante. $\lambda = 98^{\circ}54'45''$; $\phi = 19^{\circ}18'04''$; asnm = 2245 m (pirámide).

Datos básicos sobre el sitio

Como parte de los restos de un importante centro regional floreciente en los periodos Preclásico Tardío y Terminal (sitios Ix-LF-2 e Ix-TF-4 de Blanton 1972: 46-48, 58s), que corresponden al Periodo Intermedio Primero, Fases 2, 3 y 4, de Sanders *et al.* (1979: 97-108, mapas 11-13), se encuentra al pie del cerro El Elefante una estructura piramidal que fue explorada por R. Piña Chan (Barba de Piña Chan 1956). Las escalinatas de acceso están del lado oriente. Blanton (1972: 47s) concluye que, con base en los datos publicados sobre el contenido de las tumbas excavadas en la estructura, no es posible determinar si sus tres etapas constructivas pertenecen sólo al Formativo Terminal o también al Formativo Tardío. Barba de Piña Chan (1956: 101), fechando toda la cerámica encontrada en el relleno de la pirámide en el Preclásico Superior, no distinguió el material tardío del terminal, ya que –como observa Blanton (1972: 46s)– su estudio fue publicado antes de haberse definido la fase terminal del Preclásico. Según Barba (1956: 160), la pirámide de Tlapacoya se parece más que a las construcciones del Preclásico Superior –como las de Cuicuilco y Cerro del Tepalcate–, a la Pirámide del Sol de Teotihuacan y a los edificios de Kaminaljuyú. Tanto estas análogas arquitectónicas como una buena parte de la cerámica

encontrada en las tumbas (Blanton 1972: 47s) sugieren que la estructura fue construida en el Preclásico Terminal, lo que en realidad concuerda con la opinión de que Tlapacoya adquirió importancia “en la última parte del preclásico superior” (Barba de Piña Chan 1956: 161; 1980: 181). Si tomamos en consideración las observaciones de Barba de Piña Chan (1980: 181ss) de que la etapa más floreciente de Tlapacoya se correlaciona con Monte Albán II, Teotihuacan I y II y la fase Miraflores de Kaminaljuyú, es posible, incluso, que la pirámide pertenezca al periodo Intermedio Primero, Fase 4 (100 a.C.-100 d.C.) de Sanders *et al.* (1979: 105-108), aunque el sitio no aparece en el mapa correspondiente (*ibid.*: mapa 13).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.31 son válidas para finales del siglo II a.C.

Parece que la estructura señalaba las salidas del Sol en los solsticios de verano, aunque es imposible establecer de manera confiable la orientación original. La línea del horizonte poniente, formada por la ladera este del promontorio noroeste del cerro El Elefante, se encuentra en la inmediata cercanía, teniendo alturas de más de 20°, por lo que es sumamente improbable que la pirámide fuese orientada hacia algún fenómeno astronómico en esta dirección: la declinación correspondiente al azimut de orientación hacia el oeste varía al desplazarse el observador tan sólo unos metros. Este hecho, aunado a la incertidumbre de la orientación exacta de la estructura, hacen que sea enteramente especulativo el intento de reconstruir la posible fecha de su registro solar poniente.

Tabla 5.31

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE TLAPACOYA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
Pirámide	66°50' ± 1° 159° ± 1°	4°14' ± 15'	23°12' ± 1°	jun 22 ?	C. El Elefante, cumbre NE

La falta de perpendicularidad de las líneas norte-sur respecto a las este-oeste quizá se deba al deseo de los constructores de alinear la fachada del edificio hacia el promontorio noreste del cercano cerro El Elefante (figura 19). Posiblemente también fue intencional y significativa la colocación de la pirámide frente a una pequeña y rocosa elevación que, situada inmediatamente al poniente de la estructura, aflora de las faldas del cerro El Elefante.

Ponce de León (1982: 32) menciona que el eje de la pirámide está desviado 20.5° al norte del oriente, apuntando al cerro Telapón. Tichy (1991: 174) retoma este dato, pero en otro lugar (*ibid.*: 220) asigna a la estructura el azimut de 68° , es decir, la desviación de 22° al norte del oriente, determinada –según se afirma en el encabezado de su tabla 12-3 (*ibid.*)– con base en las mediciones corregidas con brújula y en cartas y fotos aéreas. Estas inconsistencias reflejan la dificultad de establecer la orientación original del edificio, ya que son bastante irregulares las plantas de sus cuerpos superpuestos (los planos y dibujos reconstructivos de Barba de Piña Chan 1956, están idealizados y no corresponden a la realidad). A pesar de estos problemas, son evidentemente erróneas las orientaciones de 43° al este del norte magnético y 52° al este del norte verdadero, proporcionadas por Barba de Piña Chan (1956: 158) y Blanton (1972: 47), respectivamente, ya que se encuentran fuera de los más amplios márgenes de error posibles.

Mis propias mediciones a lo largo de los paramentos y taludes originales, marcados debidamente en la estructura restaurada, revelan que la desviación de 20.5° al norte del oriente determinada por Ponce de León (1982: 32) corresponde a la perpendicular las caras oriente de la primera etapa constructiva, es decir, de las dos plataformas inferiores (*cf.* Barba de Piña Chan 1956: plano 6), en tanto que los paramentos este-oeste del edificio están desviados notablemente más hacia el norte del oriente, con la excepción de los taludes sur de la plataforma inferior (figura 20); las líneas a lo largo de éstos, prolongadas hacia el oriente, cruzan el horizonte al sur de la cúspide del cerro Telapón, mientras que los demás alineamientos este-oeste –como puede comprobarse en el sitio, observando desde la elevación al poniente de la pirámide– pasan *al norte* del Telapón y, por tanto, tienen azimuts menores que la dirección hacia la cumbre de esta montaña (véase tabla 5.32). Para poder determinar el valor medio, citado en la tabla 5.31 como el azimut más probable de la orientación este-oeste de la estructura, tomé en consideración todas las líneas confiables este-oeste de las tres épocas constructivas del edificio, salvo las de los taludes de la plataforma inferior de la primera época, ya que éstas son las únicas que exhiben notables desviaciones respecto de las demás. Pienso que esta exclusión es justificable, puesto que ambos paramentos problemáticos pertenecen a la plataforma más baja, cuya orientación seguramente no tenía tanta relevancia como las de las secciones más elevadas de la pirámide, y pudo haber sido construida con menor cuidado. En efecto, los taludes norte y sur de la plataforma inferior de la primera etapa constructiva difieren en sus azimuts por unos 3° , en tanto que los demás paramentos este-oeste son relativamente paralelos entre sí (figura 20).

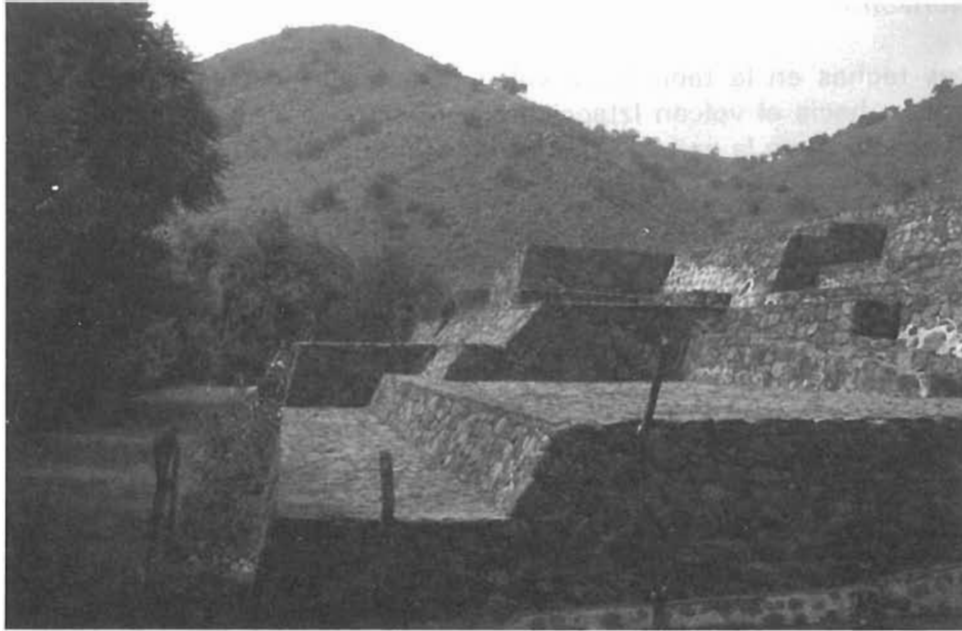


Figura 19. Pirámide de Tlapacoya; vista hacia el sureste a lo largo de un paramento alineado hacia un promontorio del cerro El Elefante.

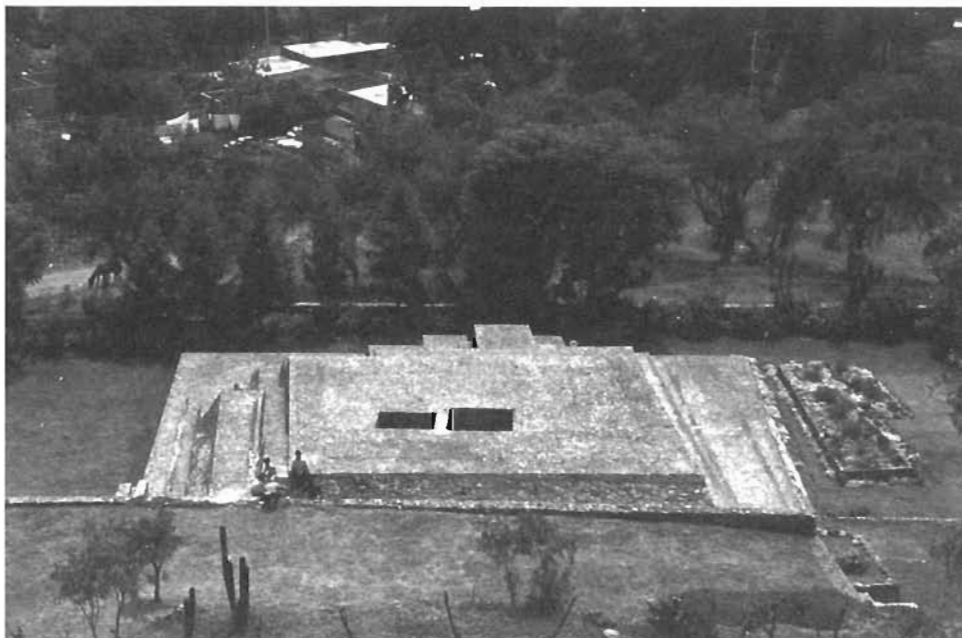


Figura 20. Pirámide de Tlapacoya; vista hacia el noreste.

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.32 valen para finales del siglo II a.C.; el azimut hacia el volcán Iztaccíhuatl, en el "pecho", corresponde a la dirección hacia la parte central de la meseta superior.

Tabla 5.32

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE TLAPACOYA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Telapón	69°14'	4°42'	21°06'	may 26, jul 20
C. Papayo	88°20'	3°28'	2°40'	mar 27, sep 16
V. Iztaccíhuatl, "cabeza"	114°16'	5°06'	-20°58'	ene 16, nov 24
V. Iztaccíhuatl, "pecho"	115°35'	5°14'	-22°07'	ene 10, nov 30

Intervalos

Véase tabla 5.33.

Tabla 5.33

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TLAPACOYA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
6	E Iztaccíhuatl "pecho" - E Iztaccíhuatl "cabeza"
27, 28	E estr. - E Telapón
41	E - E Iztaccíhuatl "pecho"
53	E - E Iztaccíhuatl "cabeza"
55	E - E Telapón
60, 58	E Telapón - E Papayo
70, 69	E Papayo - E Iztaccíhuatl "cabeza"
76, 75	E Papayo - E Iztaccíhuatl "pecho"
87, 86	E estr. - E Papayo
130, 127	E Telapón - E Iztaccíhuatl "cabeza"
136, 133	E Telapón - E Iztaccíhuatl "pecho"
157, 155	E estr. - E Iztaccíhuatl "cabeza"
163, 161	E estr. - E Iztaccíhuatl "pecho"
173	E - E Papayo

Discusión

La dirección hacia el volcán Iztaccíhuatl no es solsticial, como afirman Malmström (1978: 112, tabla 1; 1997: 90), Ponce de León (1982: plano 1) y Tichy (1991: 174, mapa 3). En la actualidad, el Sol sale en el solsticio de invierno al sur del "pecho" del Iztaccíhuatl; en los últimos siglos a.C. su alejamiento extremo fue aun mayor.

Tichy (1991: 174) menciona que la pirámide de Tlapacoya, orientada hacia el cerro Telapón, marcaba salidas del Sol en los días de su paso zenital. En estos días la declinación del Sol es igual a la latitud del lugar de observación, pero en la tabla 5.32 se observa que la declinación del Telapón es casi 2° mayor que la latitud de Tlapacoya.

El esquema del eventual calendario observacional no es aparente. Varios intervalos se aproximan a múltiplos de 13 o de 20 días (tabla 5.33), pero es de suponer que no todos fueron logrados intencionalmente. Si se observaba el primer rayo del Sol –limbo superior del disco solar– a lo largo de los alineamientos, el intervalo corto entre las salidas del Sol sobre la “cabeza” del Iztaccíhuatl hubiera tendido a ser 52 días (4 trecenas), mientras que los mismos eventos sobre el “pecho” del volcán hubieran sido separados por 39 días (3 trecenas).

Clásico

Teotihuacan, México

Ubicación

Inmediatamente al oriente del poblado actual de San Juan Teotihuacan y a 42 km al noreste del centro de la Ciudad de México. $\lambda = 98^{\circ}50'36''$; $\varphi = 19^{\circ}41'30''$; asnm = 2 356 m (Pirámide del Sol, cúspide).

Datos básicos sobre el sitio

El florecimiento de Teotihuacan, la ciudad prehispánica más grande de Mesoamérica, pertenece al periodo entre los siglos primero y octavo d.C., aunque el primer asentamiento es algo más temprano. En la época del auge de la ciudad, el área urbana densamente poblada rebasaba la superficie de 20 km². Los conjuntos arquitectónicos principales del área cívico-ceremonial, ubicados a lo largo de la Calzada de los Muertos que –con más de 3 km de longitud– constituye el eje norte-sur de la urbe, son dominados por la Pirámide del Sol, la Pirámide de la Luna y la Ciudadela. Las dos pirámides más grandes del sitio fueron construidas en la fase Tzacualli (1-150 d.C.), pero sufrieron ampliaciones y modificaciones en épocas posteriores. La Pirámide del Sol al parecer posee una subestructura que posiblemente data de la fase Patlachique (150-1 a.C.). El cuadrángulo de la Ciudadela fue erigido en las fases Miccaotli (150-200 d.C.) y Tlamimilolpa

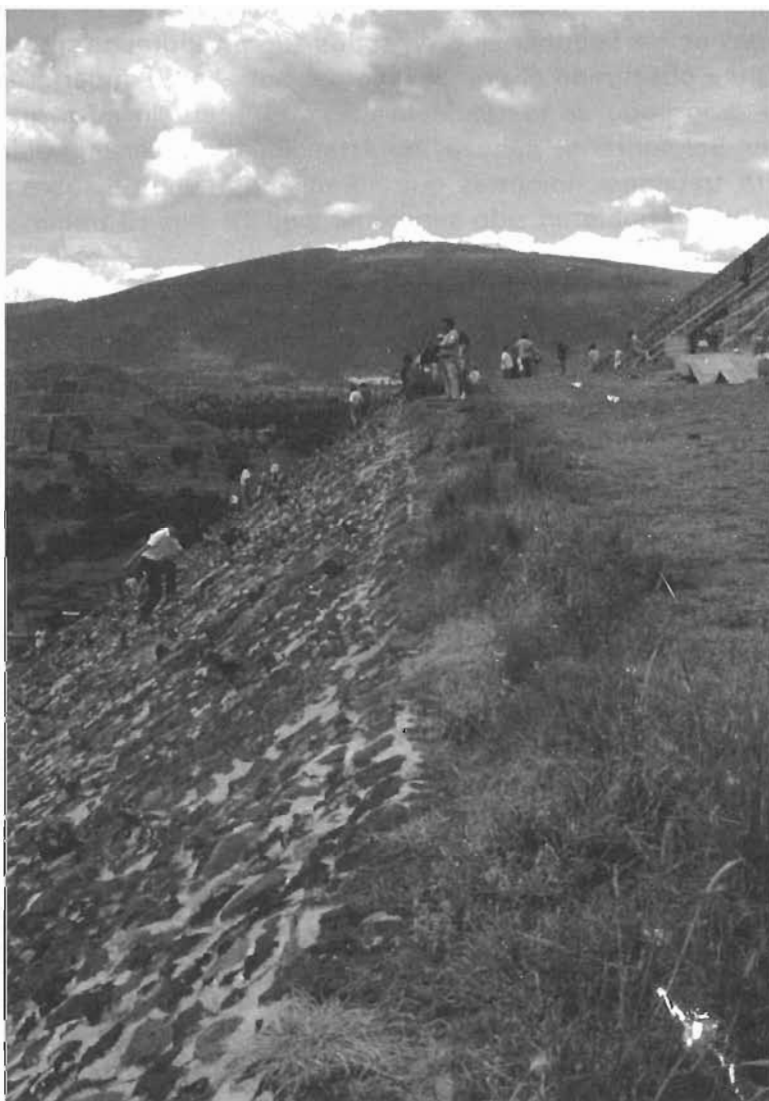


Figura 21. Pirámide del Sol de Teotihuacan; vista hacia el norte a lo largo de un talud poniente alineado hacia el cerro Gordo.

(200-450 d.C.),¹¹ pero la subestructura del Templo de Quetzalcóatl, edificio principal del conjunto, podría ser más temprana, perteneciendo tal vez a la fase Tzacualli (Marquina 1964: 56-115; Millon *et al.* 1965; Millon 1973: 51ss; Cabrera 1991; Rattray 1991; Cowgill 1992; Sugiyama 1993: 104; Manzanilla 1993; 1995; Angulo 1997).

Los trabajos de mapeo realizados por René Millon y sus colaboradores (Millon 1973; Millon *et al.* 1973) revelaron que, según los pocos datos disponibles, el asentamiento de la fase Patlachique, ubicado en la porción noroeste de la ciudad posterior, tenía orientaciones diferentes de las que caracterizan a la traza urbana a partir de la fase Tzacualli (Millon 1973: 51), cuando la ciudad adopta en todos sus sectores la misma orientación general (con variaciones menores que se discuten abajo, en el rubro *Orientaciones*). Al citar ejemplos de planeación urbana en la antigua China y en las civilizaciones andinas, Millon (1973: 42) opina que Teotihuacan debió ser planificado, aunque no necesariamente de acuerdo con un plan maestro elaborado en tiempos tempranos de la historia de la ciudad. Por otra parte, Sugiyama (1993) concluye que la disposición de los edificios y conjuntos arquitectónicos puede explicarse precisamente como resultado de un plan maestro, ya que las dimensiones, distancias y proporciones detectadas reflejan el uso de la unidad de medida de longitud de aproximadamente 83 cm, aplicada en múltiplos que equivalen a números significativos del sistema calendárico mesoamericano (52, 73, 260, 584, etcétera). En este contexto cabe agregar que también los elementos decorativos del Templo de Quetzalcóatl y el número de individuos encontrados en los entierros relacionados con la construcción y dedicación del edificio manifiestan su asociación con el simbolismo calendárico (Marquina 1964: 88; López Austin *et al.* 1991; Morante 1996: 198ss).

Orientaciones

Las fechas citadas en la tabla 5.34 son válidas para finales del siglo II d.C., época en la que probablemente se estaban construyendo partes de la Ciudadela (Templo de Quetzalcóatl) y la Pirámide del Sol alcanzó la altura y el volumen que se observan en la actualidad. Las alturas del horizonte, las declinaciones y las fechas correspondientes a la orientación de la Pirámide del Sol son válidas para el observador situado en su cumbre; los datos para la Ciudadela valen para el observador sobre el Templo Viejo de Quetzalcóatl.

¹¹ Rattray (1991) argumenta que la fase Miccaotli debe extenderse hasta el año 250 d.C. y que la fase Tlamimilolpa corresponde al lapso entre 250 y 350 d.C.

Como mencionan Millon (1973: 17, 37) y Dow (1967: 326), la misma orientación general de Teotihuacan ha sido encontrada en todas las porciones de la urbe, incluso en complejos suburbanos situados en las laderas de los cerros circunvecinos. En realidad, hay dos grupos de orientaciones que se manifiestan en diferentes porciones de la traza urbana. Las orientaciones de un grupo parecen seguir la orientación de la Calzada de los Muertos, en tanto que las del otro grupo tienden a aproximarse a la orientación de la Ciudadela. Según Dow (1967: 327), la Pirámide del Sol, la Calzada de los Muertos y la mayoría de los edificios en la parte central de la ciudad manifiestan la desviación de $15^{\circ}25'$ de los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas de reloj; en otros complejos arquitectónicos las líneas norte-sur exhiben azimuts cerca de $15^{\circ}25'$, mientras que las líneas este-oeste están desviadas unos $16^{\circ}30'$ al sur del oriente.

Tabla 5.34

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN TEOTIHUACAN

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
Pirámide del Sol	$105^{\circ}45' \pm 1^{\circ}$ $285^{\circ}45' \pm 1^{\circ}$ $15^{\circ}28' \pm 15'$	$2^{\circ}01' \pm 5'$ $0^{\circ}22' \pm 10'$	$-14^{\circ}11' \pm 1^{\circ}$ $14^{\circ}48' \pm 1^{\circ}$	feb 10, oct 30 $\pm 3^d$ abr 30, ago 13 $\pm 3^d$	C. Gordo
La Ciudadela	$106^{\circ}26' \pm 15'$ $286^{\circ}26' \pm 15'$ $15^{\circ}28' \pm 15'$	$2^{\circ}11' \pm 2'$ $0^{\circ}34' \pm 2'$	$-14^{\circ}45' \pm 15'$ $15^{\circ}31' \pm 15'$	feb 9, nov 1 $\pm 1^d$ may 2, ago 11 $\pm 1^d$	C. Gordo

De acuerdo con el argumento presentado más adelante, las desviaciones cercanas a los 15.5° fueron dictadas por la orientación de la Pirámide del Sol, construida en la fase Tzacualli como el templo principal de la creciente ciudad (*cf.* Marquina 1964: 62; Morante 1996: 92). Los taludes de la Pirámide del Sol en su estado actual son bastante irregulares, por lo que no es posible determinar la orientación original de la estructura con exactitud. Sin embargo, la impresión que se obtiene al inspeccionar las fotografías aéreas es que los taludes son básicamente paralelos y perpendiculares a la Calzada de los Muertos. Los azimuts de orientación de la Pirámide del Sol que aparecen en la tabla 5.34 se basan en los que proporciona Morante (1996: 95). El azimut norte-sur corresponde al de la Calzada de los Muertos, para la que Dow (1967: 327; Millon 1973: 13) determinó la desviación de $15^{\circ}25'$, en tanto que Alfonso Rangel (Millon 1973: 13) y Aveni (1980: 23; 1991a: 253, 355) obtuvieron el azimut $15^{\circ}28'$, valor que retoma Tichy (1991: 96, 219, tabla 12-3) y que coincide con el resultado de las mediciones de Morante (1996: 95) y más. El azimut este-oeste no

es exactamente perpendicular a la Calzada de los Muertos, lo que concuerda con las observaciones de Millon (1973: 53):

The only hard evidence for the exact orientation of a structure whose orientation presumably dates to the Tzacualli phase is provided by the Pyramid of the Sun. Measurements of the Sun Pyramid taken during the course of our survey show that it is oriented 15°25' east of north in its north-south dimension and approximately the same orientation south of east in its east-west dimension. A number of readings were taken on the south side of the pyramid where original construction is exposed, and some of these readings approached 16° south of east. There is, then, some evidence suggesting that the angle produced by the intersection of the west and south sides of the pyramid is slightly more than 90°, but it is clearly not 91°30' as are the comparable angles in the Ciudadela.

Podemos concluir que la desviación de la Pirámide del Sol –en cuyos motivos nos ocuparemos más adelante– no alcanza los 17° al sur del este, valor citado por Marquina (1964: 61s) y Ponce de León (1982: 35; 1991: 422).

Hay que agregar que la Pirámide del Sol está orientada hacia la cumbre del cerro Gordo al norte (Hartung 1977: 270; 1979: 90; Hartung y Aveni 1991: 23; Morante 1996: 94), como se puede observar particularmente a lo largo de los taludes poniente, de los que algunos conservan partes del estuco (figura 21). Por tanto, la Pirámide del Sol es la que incorpora el alineamiento hacia el cerro Gordo, y no la Calzada de los Muertos, como mencionaron algunos autores a quienes corrige Tobriner (1972: 104s), haciendo notar que la calzada está alineada hacia el área a la izquierda de la cúspide del cerro. El hecho de que la dirección hacia el cerro Gordo, cuyo simbolismo acuático fue estudiado por Tobriner (1972), está incorporada en la orientación de la Pirámide del Sol apoya la idea de que ésta fue la estructura rectora de las orientaciones desviadas aproximadamente 15.5° de los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas de reloj. Incluso la Pirámide de la Luna, aunque reproduce la orientación de la Calzada de los Muertos (Morante 1996: 99) en cuyo extremo norte se ubica, parece contener también un alineamiento hacia el cerro Gordo: la escalinata que conduce a los cuerpos superiores está desviada unos 2°, en el sentido de las manecillas de reloj, respecto al eje norte-sur de la pirámide y de la escalinata de la plataforma adosada (*cf.* Millon *et al.* 1973: planos 18 y 19), apuntando aproximadamente al cerro Gordo, cuyo azimut desde la Pirámide de la Luna es 17°02'.¹² Por otra parte, la Calzada de los Muertos parece incorporar otro alineamiento “geomántico” (Angulo 1997: 224): el eje de la calzada, prolongado

¹² También Morante (1996: 99s) detectó en la Pirámide de la Luna algunas desviaciones respecto a la orientación de la Calzada de los Muertos.

hacia el sur, pasa casi exactamente por la cumbre del cerro Tezontlale, cuyo azimut desde la Pirámide de la Luna es $195^{\circ}04'$.

Las orientaciones del otro grupo, es decir, las desviaciones cercanas a los $16^{\circ}30'$ al sur del oriente, parecen haber sido dictadas por el eje este-oeste de la Ciudadela que, según afirman algunos investigadores (Millon 1973: 54s; Sugiyama 1993: 104), llegó a ser el centro de las actividades cívico-ceremoniales en las fases Miccaotli y Tlamimilolpa. Los azimuts de orientación de la Ciudadela citados en la tabla 5.34 se basan en mis mediciones a lo largo de los paramentos del Templo de Quetzalcóatl y de su plataforma adosada, así como de la llamada Gran Plataforma que circunda la plaza interior. El azimut este-oeste¹³ es muy parecido al de 106.3° establecido por Morante (1996: 215) para el eje central, y prácticamente igual a la desviación de $16^{\circ}30'$ al sur del este asignada por Dow (1967: 326), Millon (1973: 52), Aveni y Gibbs (1976: 512, tabla 1) y Aveni (1991a: 355) a la Avenida Este-Oeste. Cabe notar que el azimut de $106^{\circ}55'$ atribuido a la Ciudadela por Dow (1967: 328) fue determinado, según afirma el mismo autor, con base en la medición a lo largo de un solo muro; el valor fue retomado por Aveni y Gibbs (1976: 512, tabla 1), Aveni (1991a: 355), Ponce de León (1982: 61, nota 36) y Tichy (1991: 219, tabla 12-3). El alineamiento hacia el Cerro Gordo puede observarse a lo largo de los paramentos norte-sur del Templo de Quetzalcóatl y de su plataforma adosada. Ya Hartung y Aveni (1991: 25, figs. 2-4) observaron que "la línea visual cerro Gordo-Pirámide del Sol prolongada hacia el sur pasa por el centro de la Ciudadela."

Millon (1973: 53) supone que durante la fase Tzacualli la orientación básica de 15.5° al este del norte pudo haber estado en uso general, determinando la orientación de la Pirámide del Sol, la Calzada de los Muertos y tal vez también de las Avenidas Este y Oeste que parten de la Ciudadela. "If so, it may be that East Avenue was originally oriented at a right angle to the "Street of the Dead", and that only later, perhaps when it was extended its full length to the east, was it given its distinctive orientation of $16^{\circ}30'$ south of east" (Millon 1973: 53).

Si las desviaciones de aproximadamente $16^{\circ}30'$ son, en efecto, más tardías que las orientaciones que obedecen a la Pirámide del Sol, es posible que la Avenida Oeste conservara la orientación antigua, ya que parece ser perpendicular a la Calzada de los Muertos (Millon 1973: 52). En esta relación cabe señalar que Angulo (1997: 187ss, fig. 12) rechaza la idea de que la Calzada de los Muertos que, según argumen-

¹³ El valor establecido ($106^{\circ}26'/286^{\circ}26'$) representa el promedio de los azimuts medidos a lo largo de los paramentos interiores norte ($106^{\circ}25'$; $106^{\circ}38'$) y sur ($106^{\circ}28'$; $106^{\circ}27'$) de la Gran Plataforma, el tablero inferior sur del Templo Viejo de Quetzalcóatl ($106^{\circ}29'$) y algunos tableros de la plataforma adosada ($106^{\circ}02'$; $106^{\circ}14'$; $106^{\circ}22'$; $106^{\circ}47'$).

ta, fue construida apenas después de la fase Miccaotli, haya dictado la orientación de la traza urbana, y atribuye esta función a dos avenidas este-oeste que existían en la fase Tzacualli: la llamada Calzada del Sol, que partía de la Pirámide del Sol hacia el poniente, y una avenida paralela que conectaba la Ciudadela con un templo al poniente, presumiblemente localizado cerca de la actual parroquia de San Juan Teotihuacan. No obstante, el estado actual de los restos arquitectónicos hace sumamente difícil o imposible determinar de manera confiable la orientación de ambas avenidas; más aun, la existencia de las Avenidas Este y Oeste como calles mayores es, según Sugiyama (1993: 110), todavía discutible.

En vista de las incertidumbres de esta índole, parece difícil evaluar la conclusión de Drewitt (1987: 393ss) de que todas las calles este-oeste de la ciudad siguen la orientación de la Ciudadela, estando desviadas unos $88\frac{3}{4}^{\circ}$ al oeste del "norte teotihuacano" marcado por la Calzada de los Muertos; si esta afirmación, que está en desacuerdo con las observaciones de otros autores referidas arriba –inclusive la mención de Dow (1967: 327) acerca de la prevaleciente desviación de 15.5° en el centro de la ciudad–, en realidad se basa en datos confiables, es posible que la orientación de la Ciudadela efectivamente llegó a ser dominante en la ciudad en épocas tardías. Por el momento no parece posible establecer si las dos orientaciones teotihuacanas fueron aplicadas en distintas partes de la ciudad simultáneamente o surgieron en momentos distintos: si consideramos que la desviación de unos 16.5° obedece a la orientación de la Ciudadela, que al parecer no pertenece a la época del diseño inicial de la traza urbana, es obvio que el dilema podrá resolverse cuando dispongamos de datos confiables acerca del fechamiento y de la orientación exacta de la etapa más temprana del Templo Viejo de Quetzalcóatl.¹⁴

Drewitt (1987: 396s) encontró la desviación de $1\frac{1}{4}^{\circ}$ del ángulo recto en la intersección de los ejes arquitectónicos en varios sitios, por lo que concluyó que el sistema axial con esta peculiaridad tenía una larga tradición y amplia distribución en Mesoamérica. Mis datos sobre la orientación de las estructuras en el centro de México no confirman su generalización en cuanto a la uniformidad y omnipresencia de estas desviaciones. Es posible que las conclusiones de Drewitt sólo reflejen el hecho de que, así como en Teotihuacan, en varios sitios encontramos los dos grupos de orientaciones de la familia de 17° .

¹⁴ En el Templo Viejo de Quetzalcóatl, los restos del tablero sur del cuerpo inferior constituyen la única línea este-oeste cuya orientación puede determinarse con exactitud; su azimut ($106^{\circ}29'$) sugiere que la desviación de ca. $16^{\circ}30'$ estaba en uso por lo menos desde la fase Miccaotli, cuando empezó a construirse este edificio (Cabrera, 1991: 35s), pero desconocemos la orientación de su subestructura.

Horizonte

Los datos en las tablas 5.35 y 5.36 valen para el observador en lo alto de la Pirámide del Sol.¹⁵ El azimut de cada uno de los dos cerros corresponde al centro de la parte relativamente plana superior; el ancho angular de la parte alta del cerro Colorado (o Tipayo) es 34', casi igual al diámetro del disco solar, en tanto que la meseta del Pico Tres Padres es algo más ancha (42'). Las fechas son válidas para el primer siglo d.C.¹⁶

Tabla 5.35

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE TEOTIHUACAN

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Colorado (Tipayo)	89°30'	1°55'	1°02'	mar 23, sep 20

Tabla 5.36

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE TEOTIHUACAN

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
Pico Tres Padres	249°08'	1°05'	-19°19'	ene 23, nov 16

Intervalos

Véase tabla 5.37.

¹⁵ Morante (1996: 84ss, figs. 3.2-3.4) discute los posibles puntos significativos de los horizontes este y oeste vistos no sólo desde la Pirámide del Sol sino también desde la Pirámide de la Luna y la Ciudadela.

¹⁶ Las fechas en la tabla 5.34 valen para finales del siglo II d.C., época de construcción del Templo de Quetzalcóatl y, posiblemente, de las ampliaciones de la Pirámide del Sol que resultaron en la orientación que manifiesta la estructura en la actualidad. En cambio, las fechas en las tablas 5.35 y 5.36, correspondientes a los rasgos del horizonte, han sido determinadas para el primer siglo d.C., cuando se construyó la Pirámide del Sol, es decir, el edificio que consideramos como lugar de observaciones, probablemente elegido respecto a la función astronómica de las prominencias del horizonte; sin embargo, los dos cerros marcaban también al final del segundo siglo las mismas fechas, por lo que los intervalos que se presentan en la tabla 5.37 son válidos también para esta época.

Tabla 5.37

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TEOTIHUACAN

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
17, 15	E Ciudadela - W Tres Padres	81, 80	E Pir. Sol - W Ciudadela
18, 17	E Pir. Sol - W Tres Padres	82	E - W Ciudadela
38	W Pir. Sol - E Colorado	97, 95	W Pir. Sol - W Tres Padres
40	W Ciudadela - E Colorado	99, 97	W Ciudadela - W Tres Padres
41, 40	E Pir. Sol - E Colorado	100	E - E Ciudadela
42	E Ciudadela - E Colorado	101	W - W Ciudadela
59, 57	E Colorado - W Tres Padres	103	E - E Pir. Sol
68	W - W Tres Padres	105	W - W Pir. Sol
79, 78	E - W Pir. Sol	181	E - E Colorado
80	W Pir. Sol - E Ciudadela		

Discusión

Diversos investigadores han procurado dilucidar el origen y el significado de las orientaciones teotihuacanas (véase resúmenes en: Aveni 1991a: 252ss; Galindo 1994: 123ss). Marquina y Ruiz (1932), Palacios (1932) y Marquina (1964: 61s) difundieron la idea, popular durante décadas, de que las orientaciones alrededor de 17° al norte del poniente, manifiestas también en Teotihuacan, señalaban las puestas del Sol en los días de su tránsito zenital. Marquina (1964: 62) admite que la correspondencia no es muy exacta; de hecho, la diferencia azimutal entre las orientaciones y la dirección hacia el fenómeno referido es, en la latitud de Teotihuacan, más de 3°; al considerar que el diámetro del disco solar equivale a aproximadamente ½°, resulta que la discrepancia es muy grande aun a simple vista, por lo que la hipótesis es insostenible. Es posible que las puestas del Sol en los días de su paso por el zenit fueran señaladas por la plataforma adosada de la Pirámide del Sol, ya que su desviación de alrededor de 20°50' al norte del poniente (según mis mediciones) efectivamente, como puntualiza Marquina (1964: 62), corresponde al fenómeno con mayor exactitud. Dow (1967: 332), que asigna a la plataforma adosada la orientación de 21° al norte del poniente, coincide con Marquina y agrega que la notable desviación de la estructura respecto de la Pirámide del Sol debió ser deliberada. En cambio, Morante (1996: 98s) obtiene una orientación algo diferente y rechaza la idea. Hay que advertir que, según Millon (1973: fig. 21a), la plataforma adosada sesgada es simplemente resultado de la reconstrucción errónea de Batres y que las mediciones de la estructura original excavada por Acosta revelaron que ésta tenía la misma orientación que la pirámide. Cualquiera que sea la verdad, es un hecho que la orientación de la plataforma adosada, tal como la vemos

en la actualidad, es aberrante en Teotihuacan. Por ello, y en vista de las incertidumbres mencionadas, la orientación de la plataforma adosada no se toma en consideración en los análisis del presente estudio.

Al asignar a la Pirámide del Sol la desviación de 17° al norte del oeste, Bastien (1995: 223) menciona que se trata de la "dirección muy aproximada a la del ocaso solar durante los días del paso por el cenit", pero se inclina a pensar que fue, más bien, una estrella la responsable de la orientación, probablemente Aldebarán. Esta posibilidad, sin embargo, debe descartarse, ya que Aldebarán (α Tauri), cuya declinación en la época de construcción de la Pirámide del Sol era entre 10° y 11° (Hawkins 1968: 68), se ponía unos 4° al sur de la dirección señalada por la pirámide.

En el artículo que representa el primer estudio minucioso sobre la orientación de Teotihuacan, Dow (1967: 326) argumenta que la traza urbana no pudo ser orientada de acuerdo con la topografía natural, ya que los mismos alineamientos fueron usados en todos los sectores de la ciudad, incluso en las laderas de los cerros, independientemente del curso de las curvas de nivel y de los ríos; más aun, el río de San Juan fue canalizado para que su cauce concordara con la cuadrícula urbana. Dow (1967: 328ss) hace notar que la orientación este-oeste de la Ciudadela ($106^\circ 55'$, según su medición) corresponde a los puntos de salida y puesta de varias estrellas, y sugiere que la referencia estelar hacia el este pudo ser Sirio, la más brillante de las estrellas, y hacia el oeste las Pléyades, asterismo cuya salida heliaca, cerca del año 150 d.C., coincidió con el primer paso anual del Sol por el zenit. Para la orientación norte-sur de Teotihuacan, marcada por la Calzada de los Muertos, el autor no encuentra más que correspondencias muy aproximadas con los puntos de salida y puesta de algunas estrellas. Con el propósito de verificar si las referencias estelares fueron consideradas en la construcción de edificios particulares, Dow (1967: 330ss) comparó las orientaciones conocidas en distintos sectores de la ciudad y provenientes de épocas diferentes: de ser correcta la suposición, las orientaciones manifestarían variaciones sistemáticas, en función de las diferentes alturas del horizonte en distintos puntos de observación, así como de los cambios seculares en los azimuts de salida y puesta, debidos a la precesión de los equinoccios. Al descubrir, en la Plaza de la Luna, alineamientos norte-sur prácticamente idénticos a los medidos en la Ciudadela, concluyó que a lo largo de la Calzada de los Muertos probablemente no se usó una referencia estelar hacia el norte para orientar cada estructura, ya que en tal caso los azimuts en el extremo norte de la calzada deberían ser consistentemente más grandes que en su extremo sur, debido a la altura considerablemente mayor del horizonte (cerro Gordo). Asimismo, midió orientaciones pertenecientes a distintas etapas constructivas de un solo conjunto arquitectóni-

co (Zacuala) para verificar si manifiestan variaciones compatibles con los efectos de la precesión. Al detectar variaciones considerables pero no sistemáticas, Dow concluyó que las Pléyades –la más exacta y, por tanto, la más probable de las posibles referencias estelares– no fueron empleadas para orientar cada edificio sucesivo, aunque pudieron originalmente haber dictado la orientación general de la traza urbana, a la que se ajustaban las construcciones particulares. Cuando examinó la posible relación de la orientación de la Ciudadela con el Sol, Dow (1967: 332s) calculó que las fechas de salida y puesta del Sol correspondientes al azimut que determinó ($106^{\circ}55'$) son 8 de febrero, 4 de mayo, 7 de agosto y 3 de noviembre, que dividen el año en cuatro partes de aproximadamente igual duración, y sugirió que estos periodos pudieron haber servido como estaciones rudimentarias, tal vez relacionadas con el cómputo calendárico de los teotihuacanos.

La más influyente de las hipótesis de Dow ha sido la que relaciona la orientación de Teotihuacan con las Pléyades, cuya importancia en Mesoamérica es bien conocida (Broda 1982a; Aveni y Gibbs 1976: 516s; Aveni 1975: 169s; 1991a: 256). En vista de los argumentos generales que se han expuesto en el capítulo 2, parece que las orientaciones estelares no fueron comunes en la arquitectura mesoamericana. Concretamente, sabemos que las orientaciones con valores azimutales comparables a los que encontramos en Teotihuacan (la llamada familia de 17°) persisten en Mesoamérica hasta la Conquista, es decir, durante unos 15 siglos. Recordemos que debido a la precesión, el azimut de ocaso de las Pléyades cambia cerca de $\frac{1}{2}^{\circ}$ en un siglo, en tanto que la salida heliaca de este asterismo –particularmente significativa en los primeros siglos d.C., cuando más o menos coincidía con el primer paso anual del Sol por el zenit, anunciando la llegada de las lluvias– avanza 1 día en menos de un siglo (Aveni 1991a: 119ss, 128ss, cuadros 9 y 10). Por consiguiente, al relacionar la orientación de Teotihuacan con las Pléyades, debemos postular que todas las orientaciones posteriores de este grupo fueron imitaciones no funcionales de la orientación teotihuacana, incorporadas en la arquitectura por medio de otros astros que debieron servir como referencias auxiliares (Aveni 1975: 170; 1991a: 269). La idea parece difícil de aceptar, si consideramos no sólo las dificultades técnicas que hubiese implicado la transferencia de estos alineamientos a diversos lugares, sino también la coerción ideológica necesaria para difundir y conservar –durante siglos y a pesar de los cambios históricos, políticos y religiosos– una costumbre obsoleta que ya no tenía ninguna relación con los eventos observables y con la vida práctica.

También hay que agregar que las interpretaciones de Dow no aclaran la existencia de *dos* orientaciones –parecidas pero diferentes– en la traza urbana de Teotihuacan. Una solución a este problema fue

propuesta por Chiu y Morrison (1980), quienes relacionaron la peculiaridad de la cuadrícula teotihuacana con la ubicación de los petroglifos punteados en forma de cruces y círculos concéntricos, los llamados marcadores o cruces punteadas. Como ya notó Dow (1967: 327), dos de estos marcadores –uno ubicado en el Grupo Viking, cerca de la esquina suroeste de la Pirámide del Sol (TEO 1), y el otro en el cerro Colorado, al poniente de la ciudad (TEO 5)–¹⁷ forman el alineamiento casi exactamente perpendicular a la Calzada de los Muertos, por lo que Chiu y Morrison (1980: S55) concluyen que fueron usados para determinar el eje norte-sur de la traza urbana. Puesto que el alineamiento corresponde a la puesta del Sol el 12 de agosto, los autores citan el argumento de Malmström (1978) acerca de la importancia de esta fecha, que cae 52 días después del solsticio de verano y que corresponde tanto al segundo paso anual del Sol por el zenit en la latitud de 15° como a la fecha base de la Cuenta Larga maya (en el año 3114 a.C.). Asimismo, Chiu y Morrison (1980: S57ss) sugieren que otro marcador (TEO 6), localizado cerca de la cumbre del cerro Gordo, al norte de la ciudad (*cf.* Aveni 1991a: 253ss), señalaba el punto de donde podía observarse la puesta del Sol el día 12 de agosto sobre el cerro Xalpan; al calcular los valores de 286.25° y 196.5° para los azimuts desde el TEO 6 en el cerro Gordo hacia el cerro Xalpan y hacia el TEO 1, respectivamente, argumentan que la localización del TEO 1 fue determinada mediante la perpendicular a la dirección desde el TEO 6 hacia el cerro Xalpan, y que el eje este-oeste de la ciudad fue establecido, de nuevo, trazando la perpendicular respecto al alineamiento entre los dos marcadores. Chiu y Morrison (1980: S58) arguyen que era más fácil determinar las líneas perpendiculares que las paralelas.

La hipótesis de Chiu y Morrison presenta varios problemas. En primer lugar, si las puestas del Sol en las fechas 12 de agosto eran importantes y se observaban desde el TEO 1 –es decir, en el valle–, ¿por qué los alineamientos este-oeste de la traza urbana no adoptaron esta orientación en lugar de la que no era funcional en el valle sino en el cerro Gordo? Asimismo, tenemos que recordar que la coexistencia de las dos orientaciones “teotihuacanas” en un solo sitio no es una singularidad de Teotihuacan, explicable como resultado de procedimientos topográficos peculiares. Más aun, los marcadores que parecían relevantes datan, según lo muestran Ruggles y Saunders (1984), de épocas posteriores a la fase Tzacualli, periodo en que fue diseñada la traza urbana. Y finalmente, la ubicación exacta del TEO 6 y, por tanto, también el azimut hacia el TEO 1 resultaron ser diferentes de lo que suponían Chiu y Morrison,

¹⁷ El Cerro Colorado referido aquí no es idéntico al mencionado en la tabla 5.35 y ubicado al oriente de Teotihuacan.

por lo que la localización de ambos marcadores no puede explicar las dos orientaciones teotihuacanas (Peterson y Chiu 1987).

Por otra parte, en tiempos recientes han sido encontradas tantas cruces punteadas en el área teotihuacana que resulta difícil asignarles la función de marcadores geodésicos o astronómicos (Morante 1996: 134ss); aunque no es imposible que algunos sirvieran para estos fines, sus funciones principales deben haber sido otras. Evidentemente no existe una sola explicación que pueda aclarar el significado de todos los diseños de este tipo (Aveni 1989b; 1991a: 253ss; Iwaniszewski 1991; 1993; Morante 1996: 153ss), por lo que no se toman en consideración en el presente estudio.

Respecto a la hipótesis de Malmström (1978: 114s; 1997: 100ss), cabe señalar que las orientaciones de diversos edificios mesoamericanos, incluyendo la Pirámide del Sol en Teotihuacan, efectivamente corresponden a las puestas del Sol el 13 de agosto, pero no hay pruebas de que estos alineamientos conmemoraran la fecha base de la Cuenta Larga maya y los días del paso zenital del Sol en la latitud de 15° . De hecho, las orientaciones de este grupo por sí mismas –aun suponiendo que fuera relevante únicamente su registro solar poniente– no permiten atribuir particular importancia exclusivamente a la fecha 13 de agosto, ya que también señalan las puestas del Sol el 30 de abril. Por otra parte, Malmström (*ibid.*) asume tanto para la Calzada de los Muertos como para el eje este-oeste de la ciudad la misma desviación de 15.5° respecto a los rumbos cardinales, por lo que sus interpretaciones no tocan el problema de la evidente presencia de *dos* grupos de orientaciones en la traza urbana de Teotihuacan.

Otra hipótesis que relaciona la desviación teotihuacana de $15^{\circ}25'$ con las posiciones del Sol en el horizonte en determinadas fechas es la de Drucker (1977). Alrededor del inicio de nuestra era, la orientación de la Pirámide del Sol correspondía, según este autor, a las salidas del Sol los días 9 de febrero y 2 de noviembre y a las puestas del Sol en las fechas 12 de agosto y 29 de abril, si se hacían las observaciones desde el centro de la base de la pirámide, antes de su construcción. Drucker sugiere que se trata de un calendario observacional compuesto por periodos de 20 días, en el que las fechas 12 de agosto y 29 de abril correspondían a los últimos días de dos de estos periodos. Describe un posible método para observar el movimiento del Sol mediante un gnomon, y propone que el periodo de 180 días, desde el 22 de septiembre (equinoccio otoñal) hasta el 20 de marzo (equinoccio vernal), constituía el “intervalo núcleo” de este calendario. Puesto que las fechas 9 de febrero y 2 de noviembre, señaladas por las salidas del Sol, no caen en los días finales de los hipotéticos periodos de 20 días, Drucker especula que éstas fueron incorporadas en el calendario observacional apenas después de que adquirieron importancia los pasos zenitales del Sol

que, cerca del año 500 d.C., según su cálculo, caían en las fechas 18 de mayo y 25 de julio: iniciando la cuenta con el 25 de julio, la fecha 2 de noviembre corresponde al día *inicial* de un periodo de 20 días, en tanto que la fecha 9 de febrero corresponde al último día de otra veintena, lo que, según Drucker, podría tener que ver con los cambios de portadores del año atestiguados en el área maya.

Las ideas de Drucker son sugerentes y, en términos generales, incluso cercanas a las interpretaciones que se proponen en el presente estudio,¹⁸ pero hay que señalar que varios datos y procedimientos en los que se basan son erróneos. Explicando el procedimiento para determinar las cuatro fechas para la época de Teotihuacan, Drucker (1977: 278) presenta una fórmula para el cálculo de azimut, en la que multiplica el valor de declinación actual con una constante que obtiene para el año 0 d.C. (*sic!*)¹⁹ con base en la fórmula de W. de Sitter. Ahora bien, la fórmula desarrollada por De Sitter para calcular el ángulo de oblicuidad de la eclíptica en cualquier época (Thom 1971: 15) permite determinar los valores máximos/mínimos de la declinación del Sol en los solsticios, pero no es suficiente para fijar las *fechas exactas* en las que el Sol en cierta época alcanzaba determinadas declinaciones, ni siquiera las solsticiales. Un algoritmo sencillo no existe, ya que las fechas a las que corresponden ciertas declinaciones del Sol no sólo dependen de la oblicuidad de la eclíptica sino también de la duración de las estaciones que varía en función del movimiento secular del eje de los ápsides, es decir, del desplazamiento del perihelio y el afelio de la órbita de la Tierra (véase capítulo 3, "Procedimientos de cálculo").

Con base en su procedimiento, Drucker obtiene no sólo las fechas de registro solar de la Pirámide del Sol sino también las fechas 18 de mayo y 25 de julio como días del paso zenital del Sol para el año 500 d.C.; en realidad, en esta época el primer paso zenital anual ocurría en las fechas 18 o 19 de mayo, mientras que el segundo caía en los días 26 o 27 de julio. Por lo tanto, las fechas del paso del Sol por el zenit no pueden explicar el calendario observacional propuesto por Drucker. También hay que agregar que Drucker no cita ningún dato que sugiera la importancia especial de las fechas 22 de septiembre y 20 de marzo, que en su esquema delimitan el "intervalo núcleo" de 180 días.

¹⁸ Millon (1981: 239s, nota 4) menciona tanto la hipótesis de Drucker, acerca del periodo de 260 días delimitado por las fechas de registro poniente de la Pirámide del Sol, como la de Malmström (1978), sobre la importancia del día 13 de agosto. También Morante (1996: 91, 95) básicamente concuerda con Drucker.

¹⁹ En aras de la precisión terminológica hay que advertir que, desde luego, no existe el año "0 d.C.", varias veces mencionado por Drucker; en la cuenta de años usada convencionalmente por los historiadores ni siquiera existe el año 0 (el año 1 d.C. es precedido inmediatamente por el año 1 a.C.); el año 0 fue introducido apenas en el siglo XVIII, con la llamada convención astronómica del cómputo calendárico, en la que el año 0 corresponde al año 1 a.C. de los historiadores (*cf.* Šprajc 1996b: 70s, nota 3).

La hipótesis de Iwaniszewski (1991), que relaciona las fechas señaladas por alineamientos teotihuacanos con ciertos cambios estacionales y labores importantes en el ciclo agrícola –incluyendo en su análisis las orientaciones de los diseños de cruz y círculo ubicados en la ciudad–, se ha discutido detalladamente en el capítulo 4, “Relación entre las fechas registradas por los alineamientos y el ciclo agrícola”.

La más singular de las hipótesis que se han planteado para explicar las orientaciones teotihuacanas es probablemente la de Peeler y Winter (1993). Al encontrar diversas proporciones calendáricamente significativas en la geometría arquitectónica y urbanística de Monte Albán y Teotihuacán, los autores argumentan que “la costumbre zapoteca de incorporar distancias calendáricas en el trazo de una ciudad jugó un papel determinante en el diseño de Teotihuacán”, y que “un grupo de zapotecos del Valle de Oaxaca ubicaron su asentamiento, llamado Tlailotlacan, en la periferia de Teotihuacán de tal manera que pudieran observar la salida del sol encima de la Pirámide de la Luna el día del tránsito del cenit en Monte Albán” y, desde ese mismo punto, “la salida del sol durante el día del paso por el nadir (o paso anticenital) sobre la Pirámide de Quetzalcóatl, la mañana después de que el sol pasa directamente debajo a media noche” (*ibid.*: 7s, fig. 3). A continuación agregan:

Sin embargo la contribución zapoteca no se limitó solamente a su propio barrio. [...] La distancia del Barrio Zapoteco a la Calzada de los Muertos, frente al Templo de Quetzalcóatl (Serpiente Emplumada), es de 2753.71 metros. La distancia de este punto al centro de la Pirámide de la Luna es de 1962.80 metros. El significado reside en la proporción entre los dos, que es de 364.8 a 260.1, tan sólo a 0.2 días de la duración de los ciclos solar y ritual. (*ibid.*: 9)

Al aseverar que el triángulo resultante (figura 22) está determinado por el ángulo entre las dos visuales que corresponden a los fenómenos solares referidos y por las dos distancias, Peeler y Winter (1993: 9s) concluyen que, de esta manera, quedaron “totalmente constreñidos los demás ángulos y dimensiones” y que “la orientación de la Calzada de los Muertos no podía ser otra que la que es”. Los autores admiten que “es problemático saber si el Barrio Zapoteco existía o no cuando se planeó la ciudad de Teotihuacán. Pudiera no haber habido una comunidad residente en el punto donde las dos líneas de vista zapotecas se cruzan, y ese punto pudo haber sido marcado inicialmente sólo por la estela que se encontró cerca de ahí” (*ibid.*: 10). La fecha grabada en esta estela (9 Movimiento) corresponde al día del paso zenital del Sol en el Valle de Oaxaca, según el calendario propuesto por Peeler (1989: 298; Peeler y Winter 1993: 8).

La idea acerca de la ubicación deliberada del Barrio Zapoteco en el lugar donde dos de las principales construcciones teotihuacanas señalaban las salidas del Sol en las fechas presumiblemente importantes

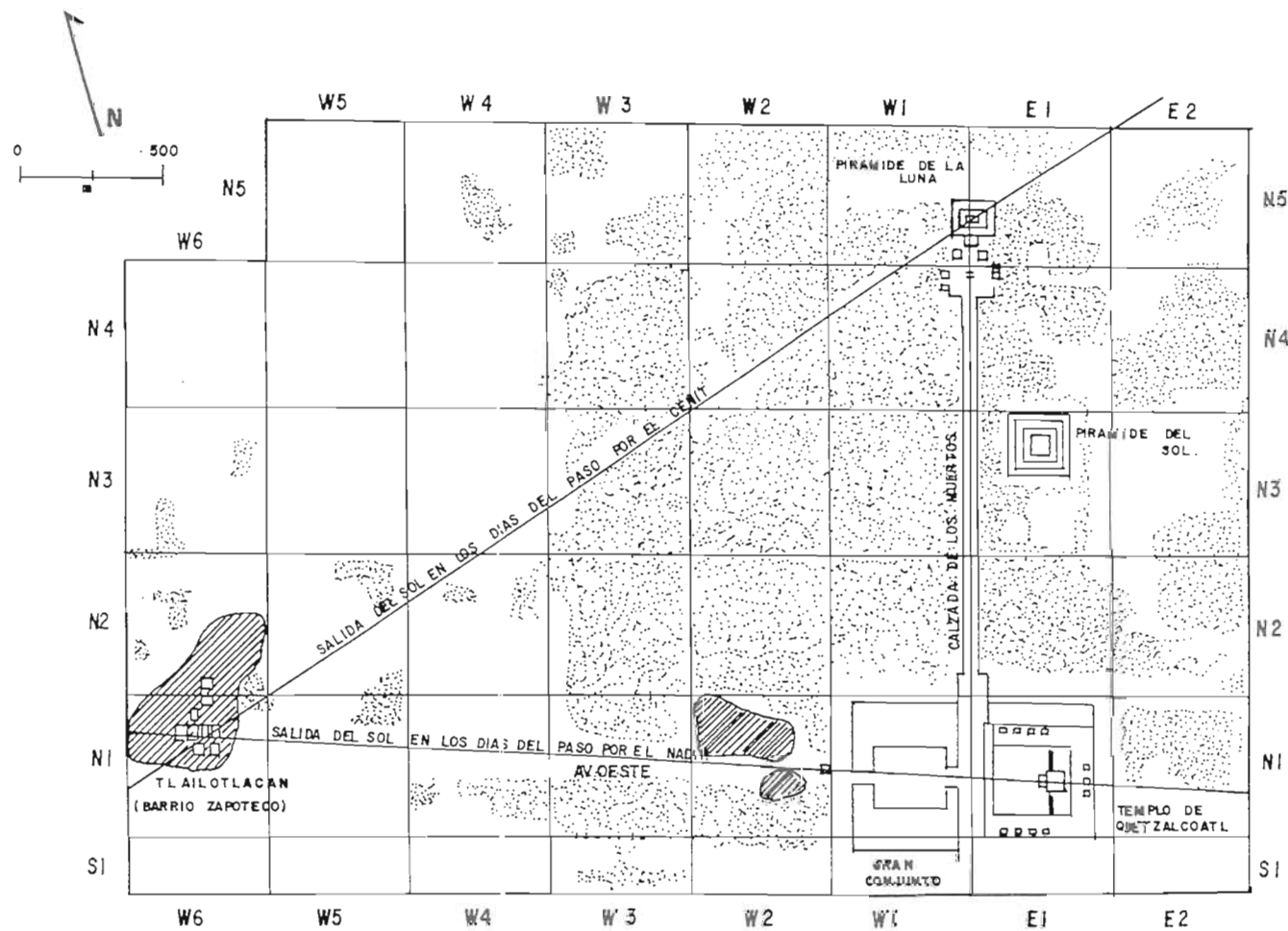


Figura 22. Líneas que, de acuerdo con la hipótesis de Peeler y Winter (1993), determinaron la orientación de la Calzada de los Muertos de Teotihuacan (según Peeler y Winter 1993: fig. 3).

en Monte Albán fue propuesta anteriormente por Peeler, Winter y Peterson (1992). Aunque podríamos coincidir con que “de esta manera, la comunidad zapoteca en Teotihuacán pudo mantener su ciclo ceremonial durante los mismos días como en Monte Albán, al igual que mantuvieron sus tradiciones de cerámica, costumbres funerarias y sistema de escritura, reforzando así su identidad cultural” (Peeler y Winter 1993: 8), hay que advertir que son pocas o ambiguas las evidencias que sugieren la importancia de los pasos zenitales del Sol en Oaxaca. Peeler *et al.* (1992: 1ss) mencionan el llamado tubo zenital en el Edificio P de Monte Albán, pero no hay pruebas contundentes de que este artefacto realmente sirviera para determinar los días del paso del Sol por el zenit local. Tanto el tubo de Monte Albán como la chimenea de la Gruta del Sol en Xochicalco y las cuevas astronómicas en Teotihuacán permiten el paso de los rayos solares durante todo un periodo del año; a la luz de los argumentos expuestos por Morante (1993, II: 79-108; 1996: 165-194), resulta mucho más probable que estos dispositivos, teniendo funciones análogas, facilitaran el empleo de calendarios observacionales con fechas e intervalos significativos. Por otra parte, la relación propuesta entre la fecha 9 Movimiento, que aparece en la estela del Barrio Oaxaqueño de Teotihuacán, y el día del paso zenital del Sol en Monte Albán (Peeler y Winter 1993: 8) es especulativa, ya que se basa en una correlación fija del calendario de 260 días con el año trópico, derivada de la interpretación de una orientación en San José Mogote (Peeler 1989: 294ss). Aun más significativo parece ser el hecho reconocido ya por Peeler *et al.* (1992: 3) de que en Monte Albán no se conocen orientaciones arquitectónicas que puedan relacionarse con las fechas del paso del Sol por el zenit.

Si la hipótesis de Peeler, Winter y Peterson (1992) acerca de la ubicación astronómicamente determinada del Barrio Oaxaqueño de Teotihuacán es cuestionable, parecen aun menos fundadas las conclusiones de Peeler y Winter (1993: 10) de que “la intersección de las líneas de vista dentro del Barrio Zapoteco fue el punto clave para orientar la ciudad y crear su espacio sagrado”, y que “las distancias calendáricas, junto con alineaciones zapotecas, demuestran que la astronomía zapoteca fue la que proveyó el mecanismo que determinó la orientación de 16 grados de la ciudad no-zapoteca de Teotihuacán” (*ibid.*: 9). Aun sin tomar en cuenta el problema del fechamiento de la ocupación más temprana del Barrio Oaxaqueño (*ibid.*: 10, 12), las aseveraciones citadas pueden criticarse con base en los siguientes argumentos:

- 1) En primer lugar, hay que recordar que los espacios sagrados de Teotihuacán manifiestan *dos* orientaciones ligeramente diferentes, y que la Pirámide del Sol, que parece ser no sólo la más temprana de las principales estructuras ceremoniales sino también

- la que dictó la orientación de la Avenida de los Muertos, no está incluida en los alineamientos discutidos por Peeler y Winter.
- 2) La afirmación “la orientación de la Calzada de los Muertos no podía ser otra que la que es” (*ibid.*: 9s) es engañadora, aun si aceptáramos que el triángulo que la condicionó fue determinado por las visuales hacia los dos fenómenos solares mencionados (azimuts de $72^{\circ}19'$ y $108^{\circ}37'$: Peeler *et al.* 1992: 5; Peeler y Winter 1993: 8) y por la intención de incorporar en sus lados la proporcionalidad de 260 a 365 unidades de longitud. Suponiendo que los lados oriente y sur del triángulo debían tener longitudes de 260 y de 365 unidades de medida, respectivamente, esta proporción pudo haberse logrado no sólo con el triángulo *a* en la figura 23, idéntico al construido por Peeler y Winter (figura 22), sino también con el triángulo *b* en la figura 23. Además, puesto que los autores no mencionan ningún motivo por el que la proporción 260:365 debiera haberse incorporado precisamente en los lados este y sur del triángulo, hay que decir que dicha proporcionalidad pudo haber sido lograda también con otros triángulos diferentes: las líneas visuales hacia los dos eventos solares –asumiendo que fueron el primer requisito determinante de la disposición del triángulo– permiten trazar nada menos que ocho triángulos distintos que incorporen cada uno dos lados en la proporción de 260 a 365 (figura 23: a-h). A la luz de esta realidad se vuelve menos probable la intencionalidad del triángulo construido por Peeler y Winter (figura 22) y, desde luego, su papel en la orientación de la Calzada de los Muertos y la planeación urbana de Teotihuacan.
 - 3) Al aceptar la hipótesis de Peeler y Winter deberíamos postular que todas las orientaciones parecidas a la de la Pirámide del Sol y de la Calzada de los Muertos de Teotihuacan, presentes en sitios de distintas épocas y en diversas áreas de Mesoamérica (véase capítulo 4, “Alineamientos de la familia de 17° ”), son imitaciones no funcionales de la orientación teotihuacana, ya que la presencia zapoteca en tantos lugares y tiempos es difícilmente comprobable. En vista de los comentarios expuestos arriba, en relación con la hipótesis que asocia la orientación teotihuacana con las Pléyades, la existencia de orientaciones no funcionales en territorios extensos y durante épocas prolongadas parece poco probable.
 - 4) Por último, si la orientación de la Calzada de los Muertos y la Pirámide del Sol de Teotihuacan hubiese sido realmente impuesta por los zapotecas y basada en las visuales hacia las salidas del Sol en las fechas que “sólo tienen significado en la latitud de Monte Albán” (Peeler y Winter 1993: 11s), ¿cómo podemos

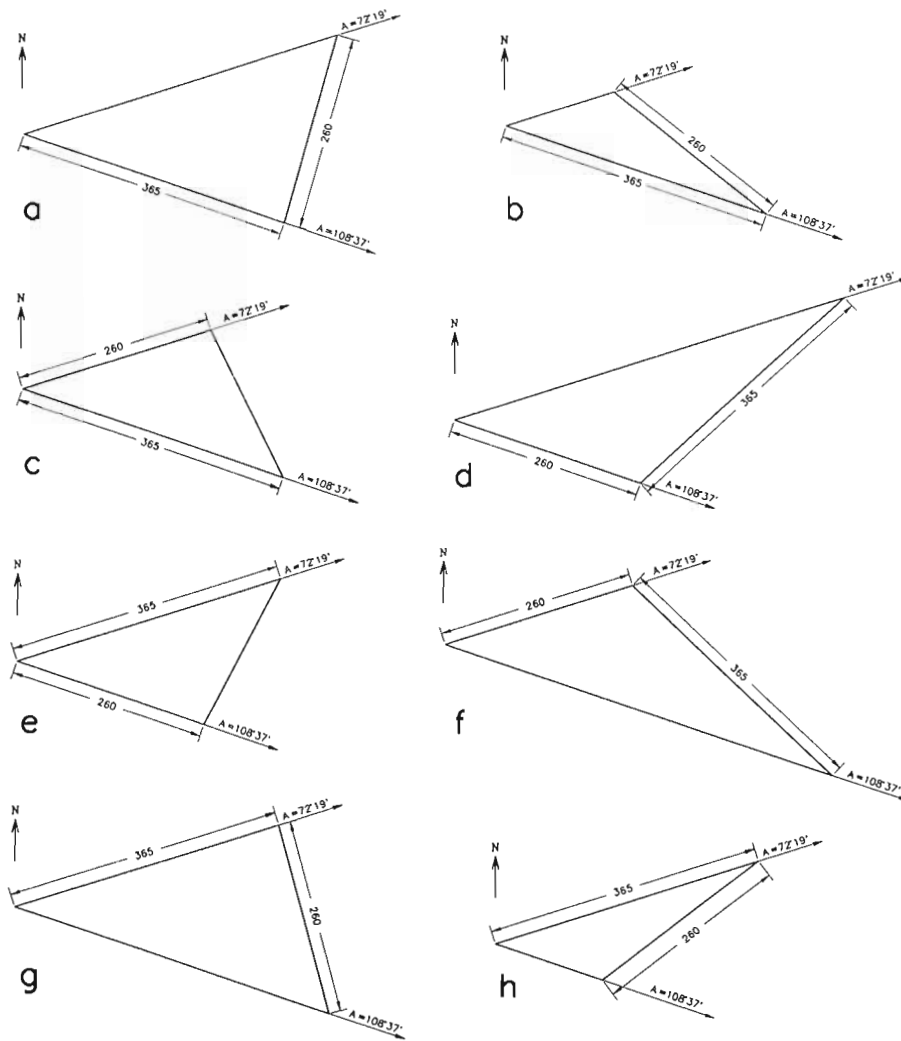


Figura 23. Triángulos que comparten la propiedad de tener dos lados en la proporción de 260 a 365 y un ángulo igual, determinado por los azimuts de los lados que lo forman.

explicar el hecho de que en el mismo Monte Albán no encontramos ni alineamientos hacia los dos fenómenos solares ni orientaciones teotihuacanas?

En otra ocasión Peeler y Winter (1992-93) propusieron para las orientaciones de la familia de 17° una explicación diferente, relacionándolas con las salidas del Sol el 10 de noviembre y atribuyendo la importancia de esta fecha a que alrededor del año 1000 a.C. correspondía a la salida acrónica o puesta cósmica de la estrella Alnilam (ϵ Orionis, estrella central del Cinturón de Orión),²⁰ cuyo azimut de puesta era en aquella época aproximadamente de 262°, señalado por las orientaciones en La Venta y otros sitios preclásicos; también agregaron que los tránsitos de Venus ocurrían en esa época cerca del 13 de mayo y 11 de noviembre. Además de que esta hipótesis, de nuevo, implica que las orientaciones no eran funcionales durante la mayor parte del tiempo en que aparecen, hay que recordar que las orientaciones de la familia de 17° *no* registran fechas cerca del 10 de noviembre (véase capítulo 4, "Alineamientos de la familia de 17°").

El estudio más exhaustivo sobre las evidencias del conocimiento astronómico en Teotihuacan, realizado hasta la fecha, es el de Morante (1996), quien analizó también diversas hipótesis anteriores acerca del significado de las orientaciones (*ibid.*: 88ss). Morante (1996: 95s), al asignar a la Pirámide del Sol la desviación de 15°45' al sur del oriente, calcula que esta orientación correspondía, en la época de la construcción de la pirámide, a la puesta del Sol el 12 de agosto, en tanto que para el registro solar oriente de la estructura obtiene la fecha 11/12 de febrero, y sugiere que la importancia de ambas fechas se debe a su distancia de 52/53 días de los solsticios de verano y de invierno, respectivamente. Morante no expone el procedimiento de su cálculo, pero las alturas de horizonte que cita indican que sus fechas fueron determinadas para el observador en el nivel de la base de la pirámide.

Para el azimut del eje este-oeste de la Ciudadela y la altura correspondiente del horizonte oriente, Morante (1997: 215s) determinó los valores de 106.3° y 2.3°, respectivamente, que son prácticamente iguales a los que resultaron de mis mediciones (tabla 5.34¹, por lo que no está claro por qué asocia el alineamiento con la salida de Sol el 7/8 de febrero: tanto en la actualidad como en la época de la construcción de la Ciudadela, la declinación solar indicada por el alineamiento corres-

²⁰ No está claro a qué fenómeno se refieren los autores: mencionan que el 10 de noviembre era el primer día en que Alnilam era visible al ponerse antes de la salida del Sol (puesta cósmica), mientras que el 11 de noviembre era el último día en que podía observarse la salida de la estrella después de la puesta del Sol (salida acrónica); tal secuencia de eventos es imposible (*cf.* Aveni, 1991a: 136s).

ponde, la mayoría de las veces, al 9 de febrero. Con la suposición de que el altar central de la Ciudadela (Estructura 1C) servía como punto de observación, Morante (1996: 213ss, figs. 7.10 y 7.12) afirma que las líneas visuales hacia las esquinas noroeste y suroeste del segundo cuerpo del Templo de Quetzalcóatl señalaban la salida equinoccial del Sol y la salida de la Luna en su máximo extremo sur, respectivamente, y agrega que las observaciones a lo largo del alineamiento lunar podían facilitar la predicción de los eclipses (*ibid.*: 218ss).²¹ El hecho de que las líneas mencionadas terminan en el horizonte oriente y pasan, además, por las esquinas poniente del segundo cuerpo de la plataforma adosada, al poniente del templo, así como por las esquinas noroeste y suroeste de las Estructuras 1P y 1R, ubicadas sobre la Gran Plataforma al oriente del templo, habla en favor de la intencionalidad de ambos alineamientos. Sin embargo, para corroborar el significado astronómico propuesto por Morante, sería deseable encontrar alineamientos comparables en otros sitios.

En relación con el eje este-oeste de la Ciudadela, Morante (1996: 216s, figs. 7.12 y 7.13) supone que desde el altar central podía observarse la salida del Sol encima del Templo de Quetzalcóatl o de la plataforma adosada entre el 12 y el 14 de febrero, dependiendo de la altura de la estructura sobre la cual se observaba el evento. Asimismo nos recuerda que la fecha 12 de febrero es señalada por la perpendicular al eje norte-sur de Teotihuacan y que corresponde al inicio del año de acuerdo con Sahagún, por lo que el día registrado por la orientación de la Ciudadela sobre el horizonte -7/8 de febrero- podría corresponder al inicio de los 5 días *nemontemi*. Aquí hay que reiterar que la orientación de la Ciudadela no señala las salidas del Sol el 7 u 8 sino el 9 de febrero, y que, en todo caso, los datos de Sahagún, en vista de lo expuesto en el capítulo 4, "Argumentos en contra de intercalaciones en el calendario mesoamericano", no pueden ser relevantes. Aunque no podemos descartar la posibilidad de que se hayan realizado las observaciones del Sol en el altar central, como las describe Morante, las eventuales fechas registradas no pueden determinarse de manera confiable, ya que desconocemos las alturas originales de las distintas etapas constructivas del Templo de Quetzalcóatl.

Un problema parecido lo implica la hipótesis de Ponce de León (1982: 35ss, fotos 10-15) de que las apariciones del Sol encima de la Pirámide del Sol se observaran el 7 de febrero desde un conjunto arquitectónico situado a 1125 m al poniente de la pirámide, pues no

²¹ En cada periodo sinódico, la Luna alcanza sus declinaciones extremas, observables en el horizonte como puntos de su mayor alejamiento hacia el norte y el sur. Los extremos máximos y mínimos ocurren en intervalos de 18.6 años, periodos relacionados con los ciclos de eclipses (Aveni 1991a: 82ss; Thom 1971).

hay indicios aparentes de que éste fuera el lugar en donde se hacían las observaciones.

Por otra parte, Ponce de León (1991: 422ss), al determinar la inclinación de 41° para la alfarda original de la escalinata en el segundo cuerpo de la Pirámide del Sol, a la que asigna el azimut de 107° , argumenta que el Sol tiene la misma altura y el mismo azimut cuando su declinación es de aproximadamente 0.75° , es decir, dos días después del equinoccio de primavera y dos días antes del de otoño. En estas dos fechas puede observarse el fenómeno de "Sol rasante": al mismo tiempo que el Sol, en su movimiento aparente en el transcurso de la mañana, alcanza el azimut de 107° , es decir, cruza el plano vertical que contiene el eje este-oeste de la estructura, también alcanza la altura de 41° , por lo que sus rayos, en estos momentos, pasan de manera rasante a lo largo de la escalinata, paralelos a su eje. Cabe notar que, si bien el azimut de orientación este-oeste de la Pirámide del Sol no es de 107° , como menciona Ponce de León, este valor sí corresponde, con bastante exactitud, a las escalinatas, para cuyo eje de simetría fue determinado el azimut medio de $106^\circ 52'$ (mediciones de Morante y Šprajc; Morante 1996: 95, 104, nota 7). Si aceptamos que la inclinación de las escalinatas es de 41° en promedio, la declinación correspondiente resulta ser $0^\circ 51'$, prácticamente igual a la calculada por Ponce de León. Este autor encontró varios edificios prehispánicos en los que el azimut y la pendiente de la escalinata corresponden a valores comparables de declinación (Ponce de León 1991: 420ss), por lo que es posible que la disposición de la escalinata de la Pirámide del Sol de Teotihuacan –es decir, la desviación de su eje respecto de la orientación del edificio– fuera intencional, debiéndose al deseo de los constructores de lograr los efectos de "Sol rasante" en las fechas que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro periodos de igual duración.²²

A la luz de diversas hipótesis que se han propuesto, y con base en los datos disponibles tanto de Teotihuacan como de otros sitios, es posible, ahora, proponer una nueva explicación de las orientaciones teotihuacanas en términos de fenómenos astronómicos observados en el horizonte.

²² Al mencionar que la pendiente de los taludes de los cuerpos escalonados de la pirámide es casi igual a la de la escalinata, Ponce de León (1991: 422ss, planos 7 y 8) agrega que, en los momentos en que se observa el fenómeno de "Sol rasante" en la escalera, "las sombras que producen las piedras empotradas en toda la fachada, son alargadas y paralelas al plano vertical que contiene el eje de la pirámide" (*ibid.*: 422). Desde luego, estos efectos de luz y sombra pudieron observarse sólo si las piedras mencionadas sobresalían del estuco que originalmente cubría los taludes de la pirámide (*ibid.*: 426).

Podemos añadir que las escalinatas del Templo de Quetzalcóatl y de su plataforma adosada exhiben orientaciones e inclinaciones muy parecidas a las que tiene la escalinata de la Pirámide del Sol.

Al asumir que las orientaciones teotihuacanas tienen un origen astronómico –lo cual parece irrefutable, considerando que Teotihuacan es el representante más eminente (tal vez el prototipo) de los alineamientos muy comunes en la arquitectura mesoamericana, desviados entre 15° y 18° al sur del oriente–, hay que descartar la posibilidad de que la orientación de *cada complejo arquitectónico particular* fuera establecida *directamente con base en observaciones astronómicas*: debido a que las alturas de horizonte varían en función del punto exacto de observación, los mismos azimuts en distintas partes de la ciudad no corresponden a los mismos fenómenos astronómicos (declinaciones) en el horizonte. La posibilidad de que *cada uno* de los conjuntos arquitectónicos fuese diseñado para registrar *diferentes* fenómenos astronómicos es sumamente improbable, porque en tal caso:

- 1) Difícilmente tendríamos la uniformidad general en la orientación de la traza urbana;
- 2) Esperaríamos encontrar orientaciones consistentes de las etapas sucesivas de un solo conjunto.

En relación con el punto 2) hay que recordar que Dow (1967: 331s), al medir las orientaciones de las fases constructivas de Zacuala, detectó variaciones considerables y no sistemáticas, por lo que él mismo sugirió que los edificios no fueron orientados individualmente respecto a referencias astronómicas. Podemos concluir, por lo tanto, que los alineamientos de la traza urbana fueron regidos por la orientación de algunos edificios importantes que –éstos sí– registraban ciertos fenómenos astronómicos; en vista de los argumentos generales expuestos en el capítulo 2, es sumamente probable que se tratara de eventos solares observados sobre el horizonte.

La desviación de aproximadamente 15.5° de los rumbos cardinales, prevaleciente en las orientaciones arquitectónicas en el área central de la ciudad, está incorporada en la Calzada de los Muertos (Dow 1967: 327; Millon 1973: 56s), en la Pirámide de la Luna (Morante 1996: 99) y, posiblemente, en la Avenida Oeste (Millon 1973: 52) y la llamada Calzada del Sol (Angulo 1997: 187ss, figs. 12 y 13). La Calzada de los Muertos, aunque constituye el elemento más prominente de la traza urbana que manifiesta esta desviación, difícilmente puede considerarse como su origen: puesto que el alineamiento norte-sur de la Calzada de los Muertos no puede explicarse de manera convincente con referencias estelares (Dow 1967: 330s), es más probable que se trate tan sólo de un elemento de la traza urbana diseñado en conformidad con el patrón de orientaciones establecido por otros motivos. Ya Marquina (1964: 62, 69) propuso que el edificio rector de esta orientación es la Pirámide del Sol. Esta suposición, retomada

por Morante (1996: 92), parece ser la más natural, considerando que la Pirámide del Sol:

- 1) Es el templo más grande de la ciudad;
- 2) Fue construida en la fase Tzacualli (la subestructura, que parece tener la misma orientación, tal vez data incluso de la fase Patlachique: Millon *et al.* 1965; Morante 1996: 92s);
- 3) Se localiza a un lado de la Calzada de los Muertos y en el sector de la ciudad donde predominan las desviaciones de 15.5° de los rumbos cardinales (*cf.* Dow 1967: 327);
- 4) Está orientada hacia el cerro Gordo al norte (figura 21).

En vista de que la orientación de la Calzada de los Muertos se puede determinar con mucha mayor precisión que la de las demás estructuras que la comparten, podemos considerar su azimut como relevante y representativo de este grupo de orientaciones. Suponiendo, por lo tanto, que ésta fue la orientación incorporada en el diseño original de la Pirámide del Sol, el azimut de su eje este-oeste debería haber sido $105^\circ 28'$ (perpendicular a la Calzada de los Muertos). Ahora bien, con base en las mediciones del horizonte realizadas en la cumbre de la pirámide, y tomando en cuenta su altura y las distancias hasta los puntos relevantes del horizonte, tomadas de las cartas topográficas, podemos calcular que, para el observador situado en el centro de la pirámide, pero a nivel del suelo natural sobre el que está construida, el punto del horizonte este con el azimut de $105^\circ 28'$ tendría la altura de $2^\circ 11'$, mientras que la altura del horizonte oeste, en la dirección inversa con el azimut de $285^\circ 28'$, sería $1^\circ 05'$. Las declinaciones calculadas con base en estos datos son $-13^\circ 51'$, para el horizonte oriente, y $14^\circ 49'$, para el horizonte poniente, correspondiendo en el primer siglo d.C. a las salidas del Sol en las fechas 11 de febrero y 29 de octubre y a sus puestas en los días 30 de abril y 13 de agosto. El intervalo del 11 de febrero al 29 de octubre, así como el del 13 de agosto al 30 de abril, es de exactamente 260 días, y podemos recordar que la base de lo que parece ser la primera de las dos etapas constructivas de la pirámide mide, según el análisis de Sugiyama (1993: 112, 120), 260 unidades de medida teotihuacanas de 83 cm.²³

Por consiguiente, la orientación indicada por la Calzada de los Muertos parece significativa. Sin embargo, los taludes este-oeste de la Pirámide del Sol, tales como se observan en la actualidad y que corresponden a las últimas ampliaciones de la estructura, no están desviados $15^\circ 28'$

²³ Las unidades de medida parecidas –de 80 y 80.5 cm– fueron anteriormente propuestas por otros autores (Drewitt 1987: 392s; Sugiyama 1993: 106).

al sur del este sino un poco más (*cf.* Millon 1973: 53); el promedio de sus azimuts es, según las mediciones de Morante (1996: 95), $105^{\circ}45'$. ¿Cómo podemos explicar esta desviación de la Pirámide del Sol respecto a la Calzada de los Muertos?

Supongamos, de nuevo, que el azimut este-oeste de la pirámide es $105^{\circ}28'$: al observar desde la cúspide de la pirámide, las alturas del horizonte este y oeste a lo largo de esta orientación son $2^{\circ}00'$ y $0^{\circ}20'$, resultando en declinaciones de $-13^{\circ}55'$ y $14^{\circ}31'$, respectivamente, que corresponderían a las salidas del Sol en las fechas 11 de febrero y 29 de octubre y a las puestas del Sol el 29 de abril y el 14 de agosto. Podemos notar que las fechas de registro oriente son las mismas que las señaladas por la misma orientación, observando en la base de la pirámide, ya que el horizonte oriente está relativamente lejos (*ca.* 18 km); su altura, si se observa desde la punta de la pirámide, disminuye escasos $11'$, lo que da como resultado un decremento de declinación de tan sólo $4'$. En cambio, el horizonte poniente está mucho más cerca (*ca.* 4.5 km), por lo que su altura, al subir el punto de observación a la cúspide de la pirámide, disminuye $45'$; el decremento de declinación resultante es de $18'$, suficiente para que las fechas de registro solar cambien por un día respecto a las señaladas por la misma orientación en el nivel del terreno natural. En otras palabras, para el observador situado en lo alto de la pirámide en las tardes del 30 de abril y el 13 de agosto, el Sol no se ocultaba en la dirección de $285^{\circ}28'$ sino unos $15'$ a $25'$ hacia el norte. Ahora bien, esta diferencia azimutal hace recordar precisamente el ángulo de desviación de la Pirámide del Sol respecto de la Calzada de los Muertos: mientras que el azimut de esta última es $15^{\circ}28'$, el eje este-oeste de la Pirámide del Sol está desviado unos $15^{\circ}45'$ al sur del este (tabla 5.34). Veamos, de nuevo, los registros oriente y poniente de la Pirámide del Sol, válidos para el observador en la cima de la pirámide (tabla 5.38), y comparemos estos datos con los que valen para el alineamiento indicado por la Calzada de los Muertos, observando en el centro de la base de la Pirámide del Sol (tabla 5.39).

Podemos notar que las declinaciones de registro poniente son en ambos casos casi iguales, por lo que las fechas correspondientes son las mismas, mientras que las declinaciones y fechas de registro oriente son diferentes. Es de suponer que los constructores de la Pirámide del Sol no previeron que la altura del edificio alteraría el registro solar del alineamiento planificado y que, al darse cuenta de ello, modificaron la orientación de la pirámide. Si fue así, la orientación modificada parece reflejar el deseo de los constructores de preservar el registro poniente en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, observando desde lo alto de la pirámide. La importancia especial de estas fechas es sugerida también por el hecho de que son marcadas por fenómenos de

luz y sombra en las cuevas astronómicas 1 y 2 estudiadas por Morante (1996: 172, 176s, 181).

Tabla 5.38

REGISTROS ORIENTE Y PONIENTE DE LA PIRÁMIDE DEL SOL,
PARA EL OBSERVADOR EN LA CIMA DEL EDIFICIO

<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
105°45'	2°01'	-14°11'	feb 10, oct 30
285°45'	0°22'	14°48'	abr 30, ago 13

Tabla 5.39

REGISTROS ORIENTE Y PONIENTE INDICADOS POR LA CALZADA
DE LOS MUERTOS, PARA EL OBSERVADOR EN EL CENTRO DE LA BASE
DE LA PIRÁMIDE DEL SOL

<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
105°28'	2°11'	-13°51'	feb 11, oct 29
285°28'	1°05'	14°49'	abr 30, ago 13

Aquí debo señalar que mis propias mediciones a lo largo de diversos taludes este-oeste de la Pirámide del Sol resultaron en un azimut medio de ca. 106° ± 1°. Aunque el valor de 105°45' que determinó Morante (1996: 95), al medir a lo largo de la base de la pirámide y de su canal perimetral, es posiblemente más cercano a la orientación intencionada y puede tener una explicación como la que se acaba de ofrecer, no podemos descartar la posibilidad de que las últimas etapas constructivas o ampliaciones de la pirámide en realidad adoptaron la orientación de la Ciudadela; la idea se apoya en el hecho de que los muros este-oeste de la plataforma en "U", que rodea el recinto de la Pirámide del Sol y que fue construida en las fases Miccaotli, Tlamimilolpa y Xolalpan, tienen azimuts muy parecidos a la orientación de la Ciudadela (Morante 1996: 97s), pero el dilema, desde luego, no se puede resolver con los datos disponibles: hay que recordar que los paramentos expuestos de la pirámide –incluso los que conservan restos de estuco– manifiestan líneas irregulares y azimuts muy divergentes.

Mientras que en lo concerniente a la orientación de las últimas etapas constructivas de la Pirámide del Sol no tenemos una solución convincente, cabe enumerar los hechos que sugieren que la orientación este-oeste originalmente planeada para la pirámide fue, en efecto, la que en la actualidad es indicada por la perpendicular a la Calzada de los Muertos:

- 1) Los alineamientos desviados aproximadamente 15.5° respecto a los rumbos cardinales están incorporados no sólo en la Calzada de los Muertos sino también en otras estructuras en el centro de la ciudad (Dow 1967: 327).
- 2) Al observar desde el terreno en que se iba a construir la Pirámide del Sol, el alineamiento de $105^\circ 28' / 285^\circ 28'$ (perpendicular a la Calzada de los Muertos) señalaba tanto las salidas del Sol el 11 de febrero y el 29 de octubre como las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto; los cuatro días deben haber sido importantes, considerando que *ambos* pares de fechas dividen el año en intervalos calendáricamente significativos de 105/260 días, y que las declinaciones que corresponden tanto a uno como al otro par de fechas (± 1 día) son registradas por alineamientos en varios sitios arqueológicos (véase capítulo 4, "Alineamientos de la familia de 17° ").
- 3) La importancia del alineamiento de $105^\circ 28' / 285^\circ 28'$ es indicada por algunos elementos arquitectónicos estudiados por Morante (1996: 73): según sus observaciones, en el Palacio de Quetzalpapálotl se proyectan las sombras de las almenas de la fachada este sobre las almenas de la fachada oeste en los días 12 de febrero y 30 de octubre, algunos momentos después de salir el Sol, lo que comprueba que las almenas conforman alineamientos perpendiculares a la Calzada de los Muertos.²⁴
- 4) La orientación de $105^\circ 28' / 285^\circ 28'$ pudo ser funcional, señalando las cuatro fechas mencionadas arriba en el párrafo 2), precisamente en el lugar donde se construyó la Pirámide del Sol: debido a la cercanía y el contorno irregular (alturas variables) del horizonte poniente, son pocos los sitios en el área en los que los *dos pares de fechas pudieron ser registrados en ambos horizontes con un solo alineamiento*.

La hipótesis de que la orientación original este-oeste de la Pirámide del Sol fue $105^\circ 28'$ implica que las partes de la traza urbana que manifiestan esta orientación, incluyendo la Calzada de los Muertos, al menos su sección norte, fueron diseñadas antes de haberse alterado la orientación de la pirámide.²⁵ La otra posibilidad es que las fechas 11

²⁴ Las declinaciones que alcanza el Sol en la actualidad en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre correspondían, en el siglo primero d.C., a las fechas 11 de febrero y 29 de octubre.

Entre las tradiciones sobre Teotihuacan que se conservan entre los lugareños, Manzanilla (1994: 61) menciona "el mito de que en tiempos antiguos, *en febrero*, se veía a un hombre salir de bajo la Pirámide del Sol con maíz, amaranto, ejotes y calabazas en las manos" (itálicas mías); si este relato refleja la observación de las salidas del Sol en febrero, señaladas por la orientación de la pirámide, también sugiere la importancia de las fechas de su registro oriente.

²⁵ De hecho, Millon (1973: 52) supone que la Calzada de los Muertos fue planificada en la fase Tzacualli. Angulo (1997: 187, 192ss), sin embargo, arguye que fue construida apenas después de la fase Miccaotli.

de febrero y 29 de octubre y/o 30 de abril y 13 de agosto fueron señaladas por algunos templos aledaños y que fue la orientación de estas estructuras –contemporáneas o posteriores a la Pirámide del Sol– la que fue imitada por otros conjuntos arquitectónicos en la vecindad. Para verificar estas hipótesis, sería necesario contar con datos confiables en cuanto al fechamiento y la orientación exacta de diversos edificios ceremoniales; asimismo, no cabe duda que sería fundamental poder establecer los azimuts exactos de los taludes este-oeste de distintas etapas constructivas de la Pirámide del Sol, incluyendo la eventual subestructura, sobre la cual hay pocos datos disponibles (Millon *et al.* 1965). Es de esperar que las futuras exploraciones arqueológicas permitan fechamientos precisos de un número suficientemente grande de estructuras ceremoniales y de sus etapas constructivas, así como la medición de sus orientaciones.

Las investigaciones en el futuro tendrán que esclarecer también la relación entre los dos grupos de orientaciones que existen en Teotihuacan, uno aparentemente dictado por la Pirámide del Sol y el otro por la Ciudadela. Según Millon (1973: 53, 56s), los alineamientos de ca. 16°30' al sur del este podrían ser más tardíos que las desviaciones de ca. 15°30'; para verificar la idea, sería necesario conocer la época de construcción y la orientación de la estructura más temprana en el área de la Ciudadela (¿subestructura del Templo Viejo de Quetzalcóatl?). Por el momento podemos suponer que la orientación de la Ciudadela fue diseñada para reemplazar el registro oriente de la Pirámide del Sol con otras fechas que, junto con las señaladas por la pirámide en el horizonte poniente, componían un calendario observacional con intervalos fáciles de manejar mediante el sistema calendárico formal. Las fechas de salida del Sol, registradas por la orientación de la Ciudadela en el siglo II d.C., son 9 de febrero y 1 de noviembre (véase tabla 5.34), separadas por el intervalo de 100 días, es decir, exactamente 5 veintenas. Contando a partir del 9 de febrero 80 días o 4 veintenas, llegamos al 30 de abril, que es la fecha de la puesta del Sol en el eje de la Pirámide del Sol. La distancia del 30 de abril al 13 de agosto, la otra fecha de registro poniente de la pirámide, es de 105 días, 1 día más que 8 trecenas. Entre este último día y el 1 de noviembre, señalado por la Ciudadela en el horizonte oriente, el intervalo es nuevamente 80 días. Es decir, si las fechas de registro poniente de la Pirámide del Sol delimitaban el periodo de 260 días, que iniciaba con el 13 de agosto y terminaba con el 30 de abril, las fechas de registro oriente de la Ciudadela podían servir para subdividirlo en intervalos que eran múltiplos de 20 días.

Aunque el problema de la eventual prioridad cronológica de un grupo de orientaciones teotihuacanas respecto al otro queda por lo pronto irresuelto, cabe advertir que en varios sitios posteriores –hasta el

Posclásico Tardío— encontramos las dos orientaciones en estructuras contemporáneas, lo que indica su uso simultáneo (véase capítulo 4, “Alineamientos de la familia de 17°”).

Si observamos desde la Pirámide del Sol, el cerro Colorado en el horizonte oriente señala las salidas del Sol el 23 de marzo y el 20 de septiembre (tabla 5.35; figura 24), fechas que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro periodos de igual duración (Morante 1996: 86). Es probable que el alineamiento fuera intencional. Recordemos que el llamado fenómeno de “Sol rasante” en la escalinata y los taludes poniente de la misma Pirámide del Sol de Teotihuacan puede observarse precisamente en estos días, tal vez como resultado de la deliberada disposición adecuada de estos elementos arquitectónicos (*v. supra*). Además, algunos intervalos que conectan el 23 de marzo y el 20 de septiembre con otras fechas señaladas por los alineamientos teotihuacanos se aproximan a múltiplos de trece o veintenas (tabla 5.37). Asimismo, parece indicativo que, precisamente por estas fechas, las sombras que los cuerpos escalonados de la plataforma adosada a la Pirámide de la Luna proyectan, algunos momentos después de salir el Sol, sobre el paramento de la alfarda este de la escalinata forman triángulos iluminados (Maupomé 1990: 54, fig. 1; Morante 1996: 100) que recuerdan al fenómeno parecido que puede observarse en la Pirámide de Kukulcán en Chichén Itzá, Yucatán, aunque en este caso la hierofanía sucede antes de la *puesta* del Sol (Rivard 1969). El fenómeno de la Pirámide de la Luna no es tan vistoso como el de la Pirámide de Kukulcán, donde las cabezas de serpientes que se conservan al pie de la escalinata norte hacen más impactante la “bajada de la serpiente emplumada”. Es posible que estos efectos de luz y sombra que se dan en Chichén Itzá y Teotihuacan fueron logrados intencionalmente, ya que en ambos casos ocurren en los días alrededor de los equinoccios.²⁶ Finalmente, hay que recordar que los días de cuarto del año son registrados por alineamientos en varios sitios; considerando la posible conexión entre las migraciones de Cuicuilco hacia el norte y la fundación de Teotihuacan (*v. infra*), así como las similitudes en la configuración urbana de ambos centros (Sanders *et al.* 1979: 76), parece particularmente significativo que también en Cuicuilco, observando en la pirámide circular, el Sol sale en las fechas 23 de marzo y 20 de septiembre sobre un cerro en el horizonte oriente (cerro Papayo; véase arriba, “Cuicuilco, D.F.”).

Por consiguiente, el cerro Colorado como marcador de horizonte puede considerarse como uno de los indicios de que los factores astronómicos tuvieron un papel importante en la selección del lugar en

²⁶ El fenómeno no marca fechas con precisión, ya que sucede en varios días alrededor de los equinoccios.



Figura 24. Salida del Sol sobre el cerro Colorado el 22 de marzo de 1993, observada en la cúspide de la Pirámide del Sol de Teotihuacan.

el que se iba a construir la Pirámide del Sol, pero antes de tratar de demostrarlo, cabe examinar la ubicación general del asentamiento en un contexto más amplio.

Factores de la localización de Teotihuacan y la Pirámide del Sol

Las circunstancias que intervinieron en la elección del lugar para el asentamiento deben considerarse, desde luego, en función de los factores generales que condicionaron el surgimiento y desarrollo de Teotihuacan. Estos, sin embargo, no son muy evidentes, a juzgar por las opiniones de varios autores (véase resúmenes en: Morante 1996: 51ss). Sanders, Parsons y Santley (1979: 107) observan que en la Fase 4 de su Periodo Intermedio Primero (100 a.C.-100 d.C., fases Patlachique y Tzacualli), gran parte de la población de la cuenca de México fue reubicada y concentrada en Teotihuacan, pero reconocen que los motivos de este movimiento masivo quedan oscuros. Al parecer no hay que buscarlos en el potencial agrícola del valle de Teotihuacan, ya que “la perspectiva que ofrece la cuenca del río San Juan es poco atractiva para la agricultura de temporal” (Lorenzo 1968: 57); en vista de sus características climáticas e hidrográficas, el área no pudo sostener más que a una tercera o cuarta parte de la población estimada para la época del auge del sitio (*ibid.*: 68; Morante 1996: 53s). Según Sanders *et al.* (1979: 225), la zona norte es indudablemente la menos productiva de la cuenca de México. Advirtiendo que “los hechos niegan la autosuficiencia económica del valle de Teotihuacan para una cifra de población como la que parece indicar la densidad de construcciones”, Lorenzo (1968: 70s) cree en “la existencia de un sistema tributario”, que pudo implantarse gracias a que la ciudad era “la sede de una religión o de un culto específico de enorme importancia.” También Millon (1973: 49) y Cowgill (1992) opinan que el crecimiento de Teotihuacan como centro económico no puede comprenderse sin tomar en cuenta el crecimiento simultáneo de Teotihuacan como centro sagrado. No obstante, hay que advertir que “un sitio sagrado por sí mismo, sin importar su popularidad, no es causa suficiente para que surja una ciudad a su alrededor, menos aún cuando ésta habría de ser del tamaño de Teotihuacan” (Heyden 1973: 14).

Cuando trata de contestar la pregunta “¿por qué o para qué tanto esfuerzo humano?”, y examinando la situación desde el punto de vista de la paleogeografía, Barba Pingarrón (1995: 64ss) señala que la actividad volcánica en la sierra de Chichinautzin hacia finales del Preclásico probablemente causó el abandono de Cuicuilco –mucho antes de la erupción del Xitle, que ocurrió cerca del año 400 d.C.– y pudo haber dejado un fuerte impacto psicológico en la población sobreviviente, lo

que motivó el establecimiento de un lugar de culto al norte de la cuenca de México. Si se considera que el tamaño y la complejidad de Teotihuacan en la Fase 3 del Periodo Intermedio Primero (300-100 a.C.) implican, según Sanders *et al.* (1979: 103), una centralización política que debió estar estrechamente relacionada con el desarrollo de la agricultura de riego, podemos suponer que este cambio drástico en el valle de Teotihuacan, hasta entonces una parte claramente marginal de la cuenca (*ibid.*: 101), fue precisamente una de las consecuencias de los desastres ecológicos en el sur, que ocasionaron tanto un decremento general de población como las migraciones hacia el norte que dieron como resultado el enorme crecimiento de Teotihuacan en la siguiente Fase 4 (*cf. ibid.*: 107; Parsons 1987: 68; Manzanilla 1993: 64).²⁷ Si la actividad volcánica y los fenómenos que la acompañaron en el sur de la cuenca realmente pudieron “sustentar el crecimiento de un culto importante en esta época”, como opina Barba (1995: 69), es posible que el componente religioso e ideológico fuera, en efecto, un móvil importante de la cohesión social que fomentó la intensificación agrícola y la formación de la nueva unidad política en el valle de Teotihuacan (*cf. ibid.*: 72, 74; Millon 1981: 235).

Otro factor que indudablemente contribuyó de manera significativa al esplendor de Teotihuacan fue la industria de la obsidiana, materia prima abundante en yacimientos cercanos de Otumba y la sierra de las Navajas. El número de talleres de obsidiana, atestiguados desde antes de la fase Patlachique, creció notablemente en esta última y en la siguiente fase Tzacualli, cuando también avanzó la especialización en la manufactura de diversos tipos de artefactos y se establecieron las redes de intercambio, aprovechándose la posición estratégica de Teotihuacan cerca del sistema lacustre de Texcoco y sobre la ruta de comunicación más fácil entre la cuenca de México y la costa del Golfo (Millon 1973: 50ss; Sanders *et al.* 1979: 105ss; Heyden 1973: 14s; Parsons 1987: 67; Spence 1987; Manzanilla 1993: 64, 68ss; 1995; Morante 1996: 54s). Seguramente el auge de Teotihuacan fue resultado de la interacción de diversos factores; por el momento no podemos atribuir con seguridad la primacía a ninguno de ellos.

Por consiguiente, la ubicación general de Teotihuacan puede comprenderse a la luz de los factores ambientales y económicos resumidos, que posiblemente contribuyeron al florecimiento de la metrópoli clásica. Sin embargo, el hecho de que la ciudad incipiente se fundó en el sector noroeste del valle de Teotihuacan, aparentemente menos

²⁷ Esta suposición podrá verificarse cuando se aclaren las relaciones cronológicas entre Cuicuilco y las primeras etapas de Teotihuacan, lo que será posible cuando tengamos conocimientos más detallados acerca del fechamiento de las etapas de desarrollo de Cuicuilco.

atractivo que la zona de manantiales al suroeste o las áreas con tierras más fértiles, ha sido más difícil de explicar. Estudios recientes han revelado que la piedra volcánica ampliamente usada en la construcción fue extraída del mismo suelo sobre el cual se erigió la ciudad, por lo que se ha sugerido que la presencia de este material en el noroeste del valle de Teotihuacan fue el motivo principal de la selección del lugar de asentamiento (Manzanilla *et al.* 1994: 143; Manzanilla 1995: 156; Barba Pingarrón 1995: 23, 29s). No obstante, Barba (1995: 23) sospecha que también pudo ser relevante la ubicación del cerro Gordo: "Ningún otro lugar dentro del valle y con la misma disponibilidad de material puede tener un cerro de estas dimensiones al norte, lo que debe considerarse en relación al culto a los cerros." También Cowgill (1992) opina que la proximidad a lugares sagrados debió tener particular importancia. Es decir, aunque la localización de Teotihuacan puede explicarse en términos prácticos o "racionales", es posible que también intervinieran factores religiosos. Si los motivos relacionados con la cosmovisión y religión realmente tuvieron algún papel en la planeación urbana, es de suponer que determinaron, en primer lugar, la ubicación de la Pirámide del Sol, el edificio más grande y probablemente el más antiguo de los templos principales de Teotihuacan.

Al estudiar el significado de la cueva encontrada debajo de la Pirámide del Sol, Doris Heyden (1973; 1975; 1981) exploró el complejo simbolismo de las cuevas en la cosmovisión mesoamericana y argumentó que, según lo atestiguan los vestigios arqueológicos asociados, la cavidad subterránea bajo la Pirámide del Sol –de formación natural pero artificialmente modificada– debió ser un lugar de culto muy importante para los teotihuacanos; suponiendo que esta cueva fue considerada más sagrada que las demás en el valle desde los tiempos de la fundación de Teotihuacan –tal vez por su forma natural de flor de cuatro pétalos, o porque aparentemente tenía un manantial–, Heyden (1973: 3s, 7ss, 16; 1975: 139, 144; 1981: 3s, 28; 1991: 502) propone que fue el factor determinante del lugar en el que se construyó, probablemente en la fase Patlachique, un pequeño templo y posteriormente, encima de éste, la Pirámide del Sol, santificando y preservando la tradición del adoratorio subterráneo.

Millon (1981: 234s) acepta la idea, recalcando el importante papel de la religión y el ritual en la sociedad teotihuacana y en la legitimación del poder, pero comenta que las evidencias recientes niegan la existencia del manantial en la cueva. También Hartung y Aveni (1991: 23) coinciden en que la cueva con su importante santuario determinó el sitio de construcción de la Pirámide del Sol y de su subestructura; agregan que la línea visual que conecta la cueva con la cúspide del cerro Gordo debe haber sido el origen de la desviación característica de Teotihuacan de 15°30' al oriente del norte, y que el túnel de acceso que

conduce a la cueva del lado poniente es perpendicular a esta línea, correspondiendo a la dirección en la que se ponían las Pléyades.

La hipótesis de Doris Heyden ha sido ampliamente aceptada: la importancia y los múltiples aspectos simbólicos que tenían las cuevas en la cosmovisión mesoamericana son indiscutibles y, además, se conocen otros casos de templos prehispánicos construidos sobre cuevas; a los que menciona Heyden (1975: 139; 1981: 14) podemos agregar la pirámide de Cholula (McCafferty 1996: 3, fig. 3), así como las grutas en el centro ceremonial epiclásico de Xochicalco (v. *infra*, "Clásico", "Xochicalco, Morelos"), y las del cerro de la Estrella, donde se localizan templos posclásicos (Broda 1982a: 147).

Sin embargo, los estudios geofísicos recientes sugieren que la cueva debajo de la Pirámide del Sol no es natural sino totalmente hecha por el hombre (Barba P. 1995: 22s, 73; Manzanilla 1995: 156; Morante 1996: 93):

Con la información acumulada hasta el momento, se puede asegurar que no existe ningún proceso de formación natural que pueda explicar la presencia de una cavidad en este lugar y, en cambio, sí existe una gran semejanza con las técnicas de excavación encontradas en el resto de las cuevas de la zona. (Barba P. 1995: 23)

Esta constatación tiene, desde luego, una implicación muy importante: si la cueva es artificial, su ubicación no pudo ser *determinante* del lugar de construcción de la Pirámide del Sol sino que, más bien, debió ser *determinada* por otros factores. Según Barba P. (1995: 22), la cueva pudo ser excavada antes, durante o después de la construcción de la pirámide. Aun asumiendo que fue anterior a cualquier construcción encima de ella, nos queda la pregunta: ¿por qué fue excavada precisamente en ese sitio? A continuación espero poder corroborar la opinión de Barba P. (*ibid.*) de que los teotihuacanos "seguramente tenían un objetivo muy claro para excavarla en este lugar."

Como ya fue mencionado, el eje norte-sur de la Pirámide del Sol (cuya subestructura parece tener la misma orientación: Morante 1996: 92s) está alineado hacia la cumbre del cerro Gordo al norte. En vista de los numerosos edificios cuyas orientaciones coinciden con direcciones hacia cerros prominentes en el horizonte local (véase capítulo 4, "Azimuts de los alineamientos"), es sumamente improbable que se trate de un caso fortuito. Por otra parte, el eje este-oeste de la pirámide –mejor dicho, de su diseño original, atestiguado en la traza urbana circundante– manifiesta la orientación hacia las salidas y puestas del Sol en cuatro fechas del año trópico registradas por alineamientos en diversos sitios (véase capítulo 4, "Alineamientos de las familia de 17°"). Se ha mencionado que los puntos de observación que permiten lograr el registro de las cuatro fechas mediante *un solo* alineamiento son condicionados por las respectivas alturas de horizonte en ambas direccio-

nes del alineamiento, por lo que el número de puntos que llenan el requisito es, en un área con contornos de horizonte irregulares, reducido. No se ha hecho el intento de determinar todos los puntos de observación potenciales en el valle de Teotihuacan; aunque el experimento hubiera sido ilustrativo, no hay que sobrevaluar su relevancia, ya que la selección del lugar para la Pirámide del Sol fue adicionalmente restringida por otro factor: la ubicación del cerro Gordo. Si el propósito de los arquitectos fue –como todo parece indicar– construir un templo cuyo eje este-oeste señalara los fenómenos astronómicos referidos en el horizonte y cuyo eje norte-sur estuviera alineado hacia el cerro Gordo, los criterios para elegir el lugar adecuado resultaron –en vista de los contornos irregulares del horizonte que circunda el valle de Teotihuacan– altamente restrictivos, sobre todo si el requisito adicional fue que el edificio planeado tuviera una planta rectangular: en este caso el lugar idóneo tuvo que ser un punto de donde una sola línea (dicho con mayor precisión: un solo plano vertical) en la dirección este-oeste señalara las cuatro fechas deseadas en ambos horizontes y, a la vez, de donde la perpendicular a esta línea (*i.e.* el plano vertical perpendicular al anterior) pasara por la cúspide del cerro Gordo al norte.²⁸

Sin embargo, recordando que las plantas de muchos edificios prehispánicos no son rectángulos perfectos (la Ciudadela de Teotihuacan es el ejemplo más cercano), hay que advertir que la planta rectangular no necesariamente fue el requisito que se hayan propuesto los constructores de la Pirámide del Sol. De hecho, la ortogonalidad lograda en el diseño original pudo ser simplemente consecuencia de otras condiciones. Según se ha argumentado, es muy probable que los criterios acerca de la ubicación de la Pirámide del Sol incluyeran el deseo de que el cerro Colorado en el horizonte oriente marcara salidas del Sol en los días cuartos del año. Para que el monte, situado a 20.6 km de la Pirámide del Sol, cumpliera con esta función, el punto de observación no podía estar más de unos 100 m al oriente o al poniente de donde se localiza actualmente el centro de la pirámide, pero solamente a lo largo del eje este-oeste de la estructura (es decir, tenía que estar dentro del área actualmente cubierta por la base de la pirámide), ya que los movimientos al norte o al sur de este eje hubiesen hecho imposible que el edificio registrara las cuatro fechas relevantes con un solo alineamiento (por cambiar la altura del horizonte poniente). Esto significa que, observando en cualquier punto del área permisible para

²⁸ De manera similar, Morante (1996: 231) opina que “los taludes de la Pirámide del Sol se trazan siguiendo la perpendicular que hace la puesta solar el 12/13 de agosto con la línea de la cúspide de Cerro Gordo hacia el centro del edificio.”

la construcción del templo, el Cerro Gordo quedaba en la dirección más o menos perpendicular al eje este-oeste de la estructura.²⁹

Malmström (1978: 114; 1997: 104s) sugirió que Teotihuacan fue intencionalmente ubicado sobre la línea a lo largo de la cual el Pico de Orizaba o Citlaltépetl marcaba las salidas del Sol en los solsticios de invierno. La hipótesis de que el Pico de Orizaba como marcador solsticial era el factor determinante de la ubicación de Teotihuacan fue recientemente elaborada por Morante (1996: 57ss). El Pico de Orizaba no es visible desde el valle de Teotihuacan, sino desde las elevaciones como el cerro Gordo o las montañas de Apan, por lo que la localización de la ciudad respecto al volcán sólo pudo haberse determinado de forma indirecta, tal vez con alguno de los métodos que describe Morante (1996: 58s). No podemos descartar la posibilidad de que la ubicación general de Teotihuacan tuviese alguna relación causal con la dirección solsticial hacia el monte más alto de México. Sin embargo, la hipótesis de que esta dirección fue el factor principal que determinó la posición de la Pirámide del Sol, como sugiere Morante (1996: 57ss, 93, 231), es difícil de aceptar. Si se observa desde la pirámide, el alineamiento no es funcional, ya que el Pico de Orizaba no es visible. El fenómeno de "pilar de sol", que puede verse, según lo describe Morante (1996: 58s), unos momentos antes de la salida del Sol en los solsticios de invierno sobre el horizonte oriente, enmarcando la sombra del Pico de Orizaba, no pudo servir para determinar la ubicación de la Pirámide del Sol; de esta manera cuando menos no podemos explicar la localización exacta de la pirámide, ya que el fenómeno, según afirma el mismo autor (*ibid.*), "se observa desde todo el valle". Además, el azimut desde la Pirámide del Sol hacia el Pico de Orizaba ($113^{\circ}45'$, según mi cálculo) no es exactamente solsticial (el error en declinación rebasa 1°).³⁰ Desde luego, podríamos suponer que se cometió un error en el intento de hacer coincidir la dirección solsticial con la dirección hacia el invisible volcán. Sin embargo, relacionar la Pirámide del Sol con un alineamiento tan poco exacto no parece convincente, si consideramos que su ubicación precisa es explicable, sin necesidad de postular errores, con base en alineamientos funcionales y relacionados con el horizonte visible.³¹

²⁹ El azimut desde la cima de la Pirámide del Sol hacia la cumbre del cerro Gordo (no muy claramente definida) es, según mis mediciones, $15^{\circ}02'$.

³⁰ El azimut ($113^{\circ}45'$), la altura ($0^{\circ}15'$) y la declinación ($-22^{\circ}20'$) del Pico de Orizaba, observando desde la Pirámide del Sol, se han calculado con base en las posiciones de la Pirámide del Sol de Teotihuacan ($\lambda = 98^{\circ}50'36''$; $\varphi = 19^{\circ}41'30''$; $asnm = 2\ 356\ m$) y del Pico de Orizaba ($\lambda = 97^{\circ}16'04''$; $\varphi = 19^{\circ}01'47''$; $asnm = 5700\ m$), empleando las fórmulas que se presentan en el capítulo 3, "Procedimientos de cálculo".

³¹ Morante (1996: 231) reconoce que el cerro Colorado en el horizonte oriente pudo haber influido en la ubicación de la Pirámide del Sol, pero le atribuye mayor importancia al Pico de Orizaba.

El descubrimiento reciente de que la cueva debajo de la Pirámide del Sol es artificial apoya la interpretación propuesta arriba, según la cual la localización de la Pirámide del Sol fue dictada por consideraciones astronómicas entrelazadas con conceptos de geografía sagrada. Sería una gran casualidad el que una cueva natural, además de tener una forma simbólicamente tan significativa como lo es la flor de cuatro pétalos (*cf.* Heyden 1975: 132, fig. 1; 1981: 2, fig. 1), se localizara precisamente en el lugar en que se cruzaban los alineamientos que se han mencionado y que, según los argumentos presentados, difícilmente pueden considerarse accidentales. La dirección del túnel de acceso a la cueva, de ser natural, sería otra coincidencia sorprendente: aunque no es muy recto, aproximadamente corresponde al eje este-oeste de la pirámide (*cf. ibid.*) y, por tanto, a un alineamiento astronómicamente significativo y frecuente en diversos sitios; además, es más o menos perpendicular a la dirección hacia el cerro Gordo (*cf.* Hartung y Aveni 1991: 23). El hecho de que la Pirámide del Sol no se construyó sobre alguna de las cuevas naturales en el valle de Teotihuacan sugiere, precisamente, que en la selección del lugar de construcción fueron más relevantes las consideraciones de otro tipo; la naturaleza de estas consideraciones es indicada por la circunstancia de que el lugar es, de acuerdo con los argumentos expuestos, enteramente singular en cuanto a la combinación de alineamientos significativos. Si los hechos presentados aclaran de manera contundente la ubicación de lo que debe haber sido el sitio más sagrado de Teotihuacan, resulta comprensible que en el mismo lugar fuera excavada –ya antes ya después de la construcción del templo– también una cueva, dándosele una forma simbólicamente significativa.

Como afirma Barba Pingarrón (1995: 23), el nuevo hallazgo le quita el carácter natural a la cueva, pero no le resta sacralidad. De hecho, Heyden (1981: 14, 38) menciona una cueva o túnel artificial dentro de la pirámide preclásica de Totimehuacan, Puebla; en otro lugar cita una obra de Thompson quien, “hablando del área maya, consigna la existencia de cuevas artificiales bajo templos en Mayapán y otros sitios” (Heyden 1991: 512). Además, las cuevas artificiales o modificadas por el hombre marcan puntos centrales o lugares de especial importancia ritual en varios sitios arqueológicos en los altos de Guatemala (Brady y Vani 1992; Brady 1997: 612ss). Por consiguiente, la cueva artificial debajo de la Pirámide del Sol de Teotihuacan no es un caso excepcional. Al contrario, con base en su estudio de documentos coloniales tempranos, García-Zambrano (1994: 218) concluye que la práctica de excavar una cueva y aproximar su forma a la de la cueva mitológica con nichos internos era relativamente común en las fundaciones de asentamientos prehispánicos.

En resumen, con base en la información disponible hasta el momento podemos hacer la siguiente reconstrucción tentativa de los acontecimientos que resultaron en el surgimiento, la ubicación y el florecimiento de Teotihuacan.

Las erupciones volcánicas en la sierra de Chichinautzin, en los últimos siglos del Preclásico, provocaron migraciones desde al área de Cuicuilco hacia el norte de la cuenca de México (*cf. supra*, "Cuicuilco, D.F."). Una gran parte de la población se concentró en el valle de Teotihuacan, suficientemente lejos de la zona de desastre, pero todavía cerca del lago, un factor importante para la subsistencia. Si los inmigrantes del sur desarrollaron, a raíz de las experiencias vividas, un culto específico que fomentaba la cohesión social, resulta más fácil comprender la intensificación de sistemas de cultivo, indispensable para sostener la población concentrada, así como la formación de una vigorosa entidad política que pronto asumió el control sobre la cuenca de México. La disponibilidad de la obsidiana en yacimientos cercanos estimuló la manufactura especializada de artefactos que llegaron a ser el objeto principal de intercambio. El crecimiento de las redes de comercio fue acompañado por la extensión de la dominación militar y política de Teotihuacan y resultó, finalmente, en el gran esplendor de la metrópoli.

Si consideramos que la religión parece haber sido un factor importante en la formación de la sociedad teotihuacana, es posible que fueran precisamente las características del sitio elegido como lugar central de culto las que contribuyeron de manera sustancial al enorme significado religioso de Teotihuacan, convirtiéndolo en el foco de peregrinaciones a nivel "internacional". Sin embargo, por el momento no es posible precisar si este fenómeno fue el *impulso* del crecimiento de la ciudad o *resultado* de una sólida base de subsistencia que posibilitó el desarrollo de la urbe en todos los aspectos (*cf. Cowgill 1992: 95*). Es obvio que, para resolver el problema, será necesario determinar la época a la que pertenecen los primeros vestigios de la actividad ritual en el sitio donde se construyó la Pirámide del Sol, y aclarar cuál fue el nivel de desarrollo socioeconómico alcanzado en aquel tiempo.

Pirámide de Cholula, Puebla

Ubicación

Al oriente del centro de la ciudad de Cholula. $\lambda = 98^{\circ}18'06''$; $\varphi = 19^{\circ}03'26''$; asnm = 2160 m.

Datos básicos sobre el sitio

Cholula, que fue uno de los centros urbanos y religiosos más importantes de Mesoamérica, tuvo un largo periodo de florecimiento que empezó en las etapas tardías del Preclásico. El monumento principal de los que todavía se conservan de la antigua Cholollan es la voluminosa pirámide ubicada en el centro de la actual ciudad. De sus varias superposiciones orientadas con sus escalinatas hacia el poniente, la primera parece ser contemporánea de la fase Teotihuacan I o II (Marquina 1964: 115-129; 1970; Müller 1970; McCafferty 1996: 12). Diferentes deidades pueden relacionarse con la pirámide: las representaciones de la Serpiente Emplumada pertenecen a las etapas epiclásicas y posclásicas tempranas, mientras que en tiempos más tardíos parece haber existido un adoratorio de la deidad llamada 9 Lluvia; también es manifiesta la relación con un dios llamado 7 Flor, posiblemente análogo al dios solar Xochipilli (McCafferty 1996: 13s). Aunque en la época de la Conquista la gran pirámide parece haber estado ya abandonada, Cholula aún era un importante centro de culto y de peregrinaciones; en realidad, su importancia religiosa persiste hasta la actualidad (Olivera 1970).

Orientaciones

La orientación que aparece en la tabla 5.40 no se basa en mis propias mediciones sino en los datos de Marquina (1970: 35s), Ponce de León (1982: 35), Aveni (1991: 352) y Tichy (1991: 45). En vista del estado actual del edificio, parece imposible determinar con exactitud su orientación original: los elementos arquitectónicos expuestos cuya orientación se puede medir pertenecen a estructuras anexas y adyacentes, que no necesariamente reproducen con fidelidad la orientación del templo principal. Diversas líneas medidas por Aveni (1991: 352), por ejemplo, tienen desviaciones divergentes de 26°16', 24°15', 23°47', 25°32' y 25°38' al sur del oriente o al este del norte.

Tabla 5.40

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE CHOLULA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
Pirámide	115° ± 1°	⊕ 0°23' ± 15'	-23°33' ± 1°10'	dic 21 ?
	295° ± 1°	⊕ 3°28' ± 10'	24°41' ± 1°	jun 22 ?
	25° ± 1°			

La orientación de la pirámide, consistente en sus diversos sectores y etapas constructivas, es, de acuerdo con los resultados de las mediciones realizadas durante las excavaciones, de aproximadamente 24° al sur del oriente (Marquina 1970: 35s).³² Según Galindo (1994: 154), una subestructura de la pirámide manifiesta una orientación igual a la de la Pirámide del Sol en Teotihuacan, pero el plano de excavaciones indica, más bien, que todos los edificios superpuestos tienen la misma orientación (Marquina 1970: 35s, y plano). McCafferty (1996: 5) menciona que la orientación de la pirámide es 24°-26° al norte del oeste, pero también comenta que el edificio, a través de sus etapas constructivas, “se transformaba en orientación, función y significado” (*ibid.*: 12); su propio plano de las superposiciones (*ibid.*: 5, fig. 5), sin embargo, no muestra variaciones en la orientación.

Las alturas del horizonte que aparecen en la tabla 5.40 fueron calculadas para el observador ubicado en el nivel del terreno natural. Las fechas son válidas para el siglo II d.C.

Horizonte

Los azimuts y alturas mostrados en las tablas 5.41 y 5.42 fueron medidos desde la cumbre de la pirámide y corregidos, con base en los dibujos reconstructivos de Marquina (1970: figs. 5-7), para el observador situado en el nivel del suelo natural y en el centro de la primera pirámide. El azimut hacia el Iztaccíhuatl corresponde al centro de la parte relativamente plana del “pecho”; ésta línea, según se observa en la tabla 5.42, no es solsticial y, por tanto, no coincide con la orientación de la pirámide, como afirma Malmström (1978: 113; 1997: 89s).

Las fechas en las Tablas 5.41 y 5.42 son válidas para el siglo II d.C.

Tabla 5.41

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE CHOLULA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. El Pinal	77°19'	1°20'	12°20'	abr 23, ago 21

³² Curiosamente, en una breve publicación posterior, Marquina (1976) asignó a la pirámide de Cholula la desviación de “8° hacia el norte”, e incluso agregó que correspondía a las puestas del Sol en los días de su paso por el zenit. Ambas aserciones son evidentemente erróneas.

Tabla 5.42

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE CHOLULA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
V. Popocatépetl	263°27'	5°15'	-4°29'	mar 9, oct 4
V. Iztaccíhuatl	290°27'	4°26'	20°43'	may 23, jul 21

Intervalos

Véase tabla 5.43.

Tabla 5.43

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN CHOLULA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
30, 31	E El Pinal - W Iztaccíhuatl	105, 104	W estr. - W Popocatépetl
30, 29	W estr. - W Iztaccíhuatl	120	E - E El Pinal
45, 44	E El Pinal - W Popocatépetl	123, 122	E estr. - E El Pinal
59	W - W Iztaccíhuatl	153	E estr. - W Iztaccíhuatl
60	W estr. - E El Pinal	156	W - W Popocatépetl
75	W Popocatépetl - W Iztaccíhuatl	182	E - W estr.
78	E estr. - W Popocatépetl		

Discusión

Según Marquina (1970: 35s), la pirámide de Cholula está orientada aproximadamente 24° al sur del oriente. Si consideramos que las declinaciones extremas del Sol alrededor del año 200 d.C. fueron de $\pm 23^{\circ}40'$, parece significativo que el azimut de 294° (24° al norte del poniente) corresponde a la declinación de 23°44', tomando en cuenta la altura del horizonte poniente de 3°27'. Es decir, si el dato sobre la orientación es correcto, la pirámide de Cholula señalaba las puestas del Sol en los solsticios de verano, y cabe recordar que la importancia del solsticio de verano es indicada por varias orientaciones preclásicas. Sin embargo, la traza urbana de Cholula, al parecer dictada precisamente por la orientación de la gran pirámide, está desviada unos 25°-26° al sur del oriente; esta orientación corresponde, más bien, a la salida del Sol en el solsticio de invierno, como también lo hace notar Tichy (1991: 45, 119s, tabla 7-1, 219). No es imposible que algunas partes del complejo arquitectónico de la pirámide —tal vez representadas por las

desviaciones de 24°15' y 23°47' (promedio: 24°01') de Aveni (1991a: 352)– señalaran las puestas del Sol en los solsticios de verano, y otras las salidas del Sol en los solsticios de invierno.

Tabla 5.44

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE CHOLULA

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
E pirámide	dic 21	78	78	dic 21
W Popocatépetl	mar 9	105	104	oct 4
W pirámide	jun 22			jun 22

Cabe hacer notar que la ubicación de la pirámide pudo ser dictada, al menos en parte, por el manantial que actualmente se observa del lado oriente del edificio (McCafferty 1996: 3, 5). No obstante, algunos intervalos en la tabla 5.43 sugieren que el lugar fue elegido también por motivos astronómicos, posibilitando el empleo de un calendario observacional compuesto por múltiplos de trecenas y presentado en la tabla 5.44.

Chalcatzingo, Morelos

Ubicación

Al sur del pueblo de Chalcatzingo y a unos 25 km al sureste de la ciudad de Cuautla. $\lambda = 98^{\circ}46'10''$; $\phi = 18^{\circ}40'33''$; asnm = 1 360 m (Plaza Central).

Datos básicos sobre el sitio

Conocido sobre todo por sus monumentos preclásicos, Chalcatzingo floreció también durante el Clásico, aunque en este periodo no fue un asentamiento tan grande ni tan importante como en el Preclásico Medio, cuando figuraba como centro regional (*cf. supra*, "Preclásico", "Chalcatzingo, Morelos"). Los principales vestigios de la ocupación clásica se localizan en el área de la Plaza Central y sus alrededores –al pie del cerro de la Cantera, formado por los cerros Delgado y Ancho (este

último llamado también cerro Chalcatzingo)– y datan del Clásico Tardío (Piña Chan 1955; Arana 1987). Las orientaciones pudieron determinarse para la Estructura 1 de la Terraza 3 y la Estructura 2 de la Terraza 15. La primera es una pirámide de planta ovalada, dando con su escalinata a la plaza principal al poniente (Montículo B de Piña Chan 1955: 8), en tanto que la segunda es un juego de pelota, orientado con su eje longitudinal a la dirección este-oeste y ubicado a unos 50 m al norte de la pirámide (Arana 1987: 387ss, figuras 24.1, 24.4-7).

Orientaciones

La orientación de la pirámide (T-3 Estr. 1) citada en la tabla 5.45 se basa únicamente en las alfardas de la escalinata de acceso, explorada y restaurada en su parte inferior. Según se observa, la orientación del Juego de Pelota (T-15 Estr. 2), que ha podido determinarse con mayor precisión, es casi igual. De acuerdo con lo que se puede observar en el campo y en el mapa de Grove y Cyphers (1987: 24, fig. 4.2), parece que también la plaza frente a la pirámide y la Estructura 2 de la Terraza 3 (Montículo A de Piña Chan 1955: 7s), que flanquea la plaza por su costado sur, tenían la misma orientación. Si consideramos que a los mismos azimuts de las estructuras, ubicadas en diferentes lugares, les corresponden distintas alturas del horizonte (sobre todo del horizonte oriente, cuya línea está formada por la silueta del cerro de La Cantera en la inmediata cercanía), las declinaciones correspondientes varían; parece obvio que cada estructura particular no fue orientada con el propósito de que registrara algún evento astronómico (de ser así, las estructuras se relacionarían con distintos fenómenos, y deberíamos postular que la uniformidad de sus azimuts se debe a la casualidad), sino que las orientaciones uniformes fueron dictadas –así como en Teotihuacan– por el templo principal, cuya orientación sí fue astronómicamente significativa. La pirámide de planta ovalada (T-3 Estr. 1), la estructura más grande del sitio, fue evidentemente el templo principal del asentamiento clásico de Chalcatzingo, por lo que sólo los datos que se relacionan con esta estructura han sido tomados en consideración, tanto en los histogramas del capítulo 4 como en el cálculo de intervalos (*infra*).³³

Las fechas en la tabla 5.45 son válidas para principios del siglo V d.C.

³³ Sobre las orientaciones que proporcionan Prindiville y Grove (1987: 76ss) para las estructuras de Chalcatzingo, véanse los comentarios en la sección "Preclásico", "Chalcatzingo, Morelos", de este capítulo.

Tabla 5.45

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN CHALCATZINGO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
pirámide	95°30' ± 1°	10° ± 1°	-1°58' ± 1°20'	mar 15, sep 28 ± 3 ^d
	275°30' ± 1°	1°15' ± 20'	5°31' ± 1°	abr 3, sep 8 ± 2 ^d
	2°25' ± 1°			
juego de pelota	95°25' ± 30'	20°30' ± 3°	1°38' ± 1°30'	mar 25, sep 19 ± 4 ^d
	275°25' ± 30'	1°14' ± 10'	5°25' ± 30'	abr 3, sep 9 ± 1 ^d
	5°00' ± 1°			

Horizonte

Los datos en la tabla 5.46 son válidos para el observador sobre la pirámide principal (T-3 Estr. 1); las fechas valen para principios del siglo V d.C.

Tabla 5.46

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE CHALCATZINGO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Santa Cruz	245°25'	0°41'	-23°06'	ene 1, dic 8
C. Cuachi	273°59'	1°50'	4°17'	mar 31, sep 12
C. Diolochi	281°03'	0°52'	10°37'	abr 17, ago 26

Tabla 5.47

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN CHALCATZINGO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
3, 4	W pirámide - W Cuachi	89, 87	W Santa Cruz - W Cuachi
14, 13	W pirámide - W Diolochi	92, 91	W pirámide - W Santa Cruz
16	E pirámide - W Cuachi	106, 104	W Santa Cruz - W Diolochi
17	W Cuachi - W Diolochi	131	W - W Diolochi
19, 20	E - W pirámide	158	W - W pirámide
24	W - W Santa Cruz	165	W - W Cuachi
33	E pirámide - W Diolochi	168	E - E pirámide
73, 71	E pirámide - W Santa Cruz		

Discusión

Según se observa en la tabla 5.47, varios intervalos se aproximan a múltiplos de 13 días. Las declinaciones que corresponden a los alineamientos y en las que se basan las fechas citadas fueron calculadas, como en todos los casos, para el centro del disco solar sobre el horizonte. Pero cabe señalar que los intervalos entre los fenómenos serían múltiplos más exactos de 13 días, si el momento más relevante para los observadores fue cuando el Sol se veía tangente al horizonte, ya que en tal caso las declinaciones correspondientes a los mismos azimuts serían unos 5' más grandes, resultando en algunos cambios de las fechas (*cf.* capítulo 4, "Técnicas de observación"). El disco solar se alineaba con el cerro Diolochi, tocándolo con el limbo inferior, en las fechas 17 de abril y 25 de agosto, separadas por el intervalo de 130 días (10 trecenas), mientras que sobre el cerro Santa Cruz pudo observarse en la posición tangencial en las fechas 7 de diciembre y 2 de enero, separadas por 26 días (2 trecenas). También son significativos los intervalos entre ambos pares de fechas: del 25 de agosto al 7 de diciembre, la distancia es 104 días (8 trecenas), parecida a la que separa las fechas 2 de enero y 17 de abril (105 días). Es probable, por lo tanto, que las fechas del calendario observacional fueran determinadas por las posiciones tangenciales del Sol sobre el horizonte. En vista de la aparente importancia del periodo de 13 días y de sus múltiplos, también podemos suponer que el azimut de orientación original de la pirámide fue unos minutos más grande, registrando las fechas 4 de abril y 7 de septiembre en el horizonte poniente; estas fechas están separadas por el intervalo de 156 días (12 trecenas) y, además, caen 13 días antes y después de las fechas 17 de abril y 25 de agosto, respectivamente, señaladas por el cerro Diolochi. Por consiguiente, el esquema del calendario observacional pudo haber sido el que se presenta en la tabla 5.48

Parece, inclusive, que también las fechas de registro oriente de la pirámide fueron logradas intencionalmente con la ubicación adecuada del edificio, puesto que caen aproximadamente 20 días antes/después de las fechas de registro poniente; sin embargo, la línea del horizonte este se encuentra a escasos 250 m de distancia, por lo que las fechas de registro oriente de la estructura, dependiendo de su altura original, no se pueden determinar con precisión.

El cerro Cuachi, aunque es el más alto del horizonte poniente, al parecer no tenía ninguna importancia en el calendario de horizonte, seguramente porque su parte más alta es relativamente plana y no podía servir como marcador confiable y exacto; los cerros Santa Cruz y Diolochi tienen cumbres mucho más pronunciadas.

Tabla 5.48

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE CHALCATZINGO

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
		26		
W Santa Cruz	ene 2			dic 7
		92	91	
W pirámide	abr 4			sep 7
		13	13	
W Diolochi	abr 17			ago 25
		130		

Las Pilas, Morelos

Ubicación

A unos 22 km al sureste de la ciudad de Cuautla, en el extremo norte del poblado Jonacatepec en el valle de Amilpas, dentro de los terrenos del balneario Las Pilas. $\lambda = 98^{\circ}47'59''$; $\varphi = 18^{\circ}41'12''$; asnm = 1 350 m (Estructura 2).

Datos básicos sobre el sitio

Los vestigios más tempranos de la ocupación del sitio se remontan al Preclásico. Los edificios cuyos restos se conservan fueron construidos en el Clásico Tardío, pero es posible que tengan subestructuras de épocas anteriores.

Los cuatro edificios que han sido parcialmente explorados y restaurados están arreglados alrededor de dos plazas; se trata de plataformas y basamentos de planta aproximadamente rectangular, con uno o varios cuerpos escalonados (figura 25). En el costado sur de la llamada Plaza A se observan partes de la fachada norte de la Estructura 1, con una pequeña escalinata de acceso, en tanto que la Estructura 3 flanquea la plaza por su lado norte, teniendo la escalinata hacia el sur. Los canales o ductos que se encuentran expuestos en la Plaza A fueron construidos en el Preclásico Tardío; los sedimentos depositados en ellos sugieren que los canales servían para encauzar el agua de los manantiales que se localizan en la vecindad. La Estructura 2 encierra el lado oriente de la Plaza A y, al mismo tiempo, el costado poniente de la adyacente Plaza B; tiene accesos desde ambas plazas, pero la escalinata principal se ubica en el lado poniente. En el costado oriente de la Plaza B se encuentra la Estructura 4; su fachada poniente posee

una escalinata, frente a la cual se conservan restos de dos pequeños altares de planta rectangular, en tanto que el lado oriente de la estructura no se ha excavado. Encima de las estructuras clásicas se hallan vestigios de construcciones habitacionales posclásicas (figura 25; Martínez Donjuán 1979).

Las características de los edificios y otros hallazgos arqueológicos indican que Las Pilas fue durante el Clásico Tardío un centro preponderantemente religioso (*ibid.*: 18). En realidad, el sitio debió haber sido un importante lugar de culto desde épocas más antiguas: recordemos que los canales de la Plaza A datan del Preclásico Tardío. La presencia de varios manantiales en el área seguramente contribuyó de manera substancial a la importancia del lugar, pero la finalidad de los canales es menos clara. Según Martínez Donjuán (1979: 41ss), el agua encauzada tal vez servía para fines agrícolas, pero el sistema de ductos también “parece haber tenido una importancia religiosa”, considerando los entierros encontrados en los canales y las posiciones peculiares de los esqueletos, así como la naturaleza de las ofrendas, figurillas y otros hallazgos asociados. De hecho, la misma disposición de los ductos, que forman un intrincado diseño cuya función práctica no es aparente, sugiere que se trata –más que de un sistema de riego o de almacenamiento de agua– de una construcción de carácter ritual, probablemente relacionada con el culto del agua. En varias secciones de las estructuras clásicas fueron encontrados los indicios de etapas constructivas más tempranas, posiblemente contemporáneas y funcionalmente vinculadas con el sistema de canales.

Orientaciones

Las Estructuras 1 y 3, que flanquean la Plaza A por sus costados sur y norte, respectivamente, tienen orientaciones muy parecidas. Varios muros y paramentos este-oeste de ambos edificios apuntan aproximadamente al cerro Delgado, prominente y rocosa elevación que se localiza a unos 3.5 km hacia el este, dominando el cercano sitio arqueológico de Chalcatzingo. Es de suponer que la estructura principal que regía las orientaciones en este sector del sitio era la que originalmente encerraba la Plaza A por su lado poniente y que fue destruida al construirse la alberca mayor del balneario actual de Las Pilas (Martínez Donjuán 1979: 19, 69), ya que este edificio sin duda miraba con su fachada frontal hacia la plaza, es decir, hacia el oriente, en tanto que las Estructuras 1 y 3 dan con sus frentes hacia el norte y el sur, respectivamente, por lo que no parecen tan significativas desde el punto de vista astronómico. Si suponemos que la orientación de las Estructuras 1 y 3, aunque no era astronómicamente funcional, fue dictada por la de la estructura

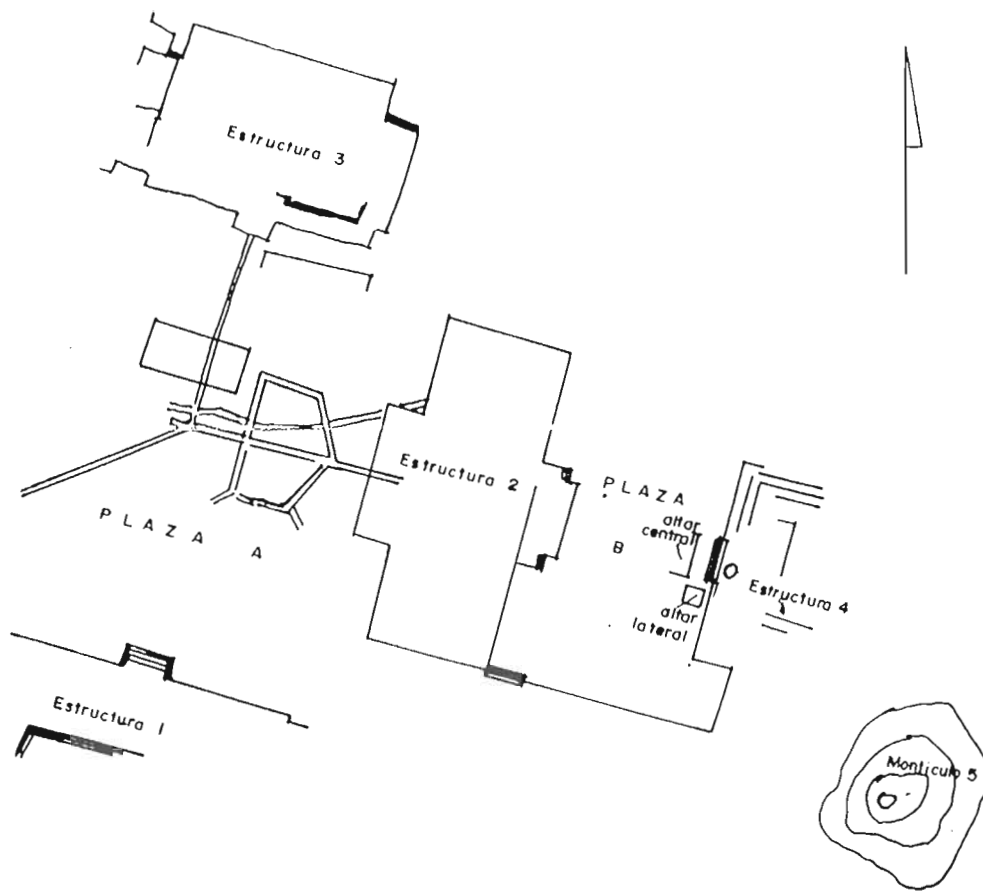


Figura 25. Plano de Las Pilas (según Martínez Donjuán 1979: 20, fig. 8).

desaparecida, es probable que el azimut medio citado en la tabla 5.49 y basado en azimuts de todas las líneas este-oeste medidas en ambos edificios reproduzca con bastante fidelidad la orientación intencionada este-oeste de la estructura que originalmente dominaba la Plaza A por su costado poniente.

Sobre las cuatro estructuras se encuentran restos de muros cuyos azimuts no se han tomado en cuenta, por ser notablemente diferentes de los demás en la misma estructura; se trata de construcciones habitacionales posclásicas y, tal vez en algunos casos, de porciones de subestructuras que posiblemente tenían orientaciones diferentes. No se pudieron determinar los azimuts norte-sur de las Estructuras 1 y 3.

Las fechas en la tabla 5.49 son válidas para el siglo VI d.C.

Tabla 5.49

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN LAS PILAS

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
Estr. 1 y 3	106°28' ± 1° 286°28' ± 1° ⊕	3°00' ± 30' 1°12' ± 10'	-14°38' ± 50' 15°52' ± 1°	feb 9, nov 1 ± 2 ^d may 3, ago 9 ± 3 ^d	C. Delgado
Estr. 2	105°10' ± 30' 285°10' ± 30' ⊕ 14°00' ± 1°	1°16' ± 10' 1°12' ± 10'	-14°02' ± 35' 14°38' ± 35'	feb 11, oct 30 ± 2 ^d abr 29, ago 13 ± 2 ^d	
Estr. 4	104°57' ± 30' 284°57' ± 30° ⊕ 14°40' ± 1°	1°11' ± 10' 1°11' ± 10'	-13°52' ± 35' 14°26' ± 35'	feb 11, oct 29 ± 2 ^d abr 28, ago 14 ± 2 ^d	

Horizonte

Los datos que aparecen en la tabla 5.50 valen para el observador situado en la Estructura 2; las fechas son válidas para el siglo VI d.C.

Tabla 5.50

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE LAS PILAS

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Gordo	69°19'	5°15'	21°13'	may 26, jul 19

Tres imponentes montañas se destacan en el horizonte oriente de Las Pilas, a unos kilómetros de distancia: el cerro Gordo, llamado también cerro Jantetelco, y los dos montes que se localizan en la inmediata vecindad del sitio arqueológico de Chalcatzingo: el cerro Delgado y el cerro Ancho, conocido también como cerro Chalcatzingo. El cerro Ancho tal vez marcaba la salida del Sol en el solsticio de invierno, aunque no desde la Estructura 2, donde se hicieron las mediciones del horizonte y donde el azimut hacia la cumbre del cerro Ancho es $117^{\circ}40'$, que corresponde –tomando en cuenta la altura de $5^{\circ}10'$ – a la declinación de $-24^{\circ}13'$. La dirección hacia el cerro Ancho hubiese sido solsticial para un observador situado a unos 100 m al poniente de la Estructura 2, tal vez en el lugar de la desaparecida estructura al poniente de la Plaza A, pero desafortunadamente desconocemos tanto las dimensiones como la ubicación exacta de este edificio. Al observar desde las estructuras conservadas, la cumbre del cerro Ancho queda fuera del ángulo del desplazamiento del Sol, por lo que esta prominencia no ha sido incluida en la tabla 5.50.

Intervalos

Como se observa en la tabla 5.49, las orientaciones de las Estructuras 2 y 4 son muy parecidas. Es posible que originalmente los dos edificios compartieran la misma orientación, por lo que en el cálculo de intervalos (tabla 5.51) no se tomaron en consideración las fechas registradas por *cada una* de las dos estructuras sino tan sólo las cuatro fechas que corresponden al *promedio* de las dos orientaciones; estas fechas son 11 de febrero y 30 de octubre (registro oriente), y 29 de abril y 14 de agosto (registro poniente), las cuales corresponden a las declinaciones medias de $-13^{\circ}57'$ y $14^{\circ}32'$, respectivamente.

Tabla 5.51

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN LAS PILAS

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
4, 5	W Estr. 1 y 3 - W Estr. 2 y 4	83, 84	E - W Estr. 1 y 3
23, 21	W Estr. 1 y 3 - E Gordo	100	E - E Estr. 1 y 3
27, 26	W Estr. 2 y 4 - E Gordo	98	W - W Estr. 1 y 3
54	E - E Gordo	104, 103	E Estr. 2 y 4 - E Gordo
77	E - W Estr. 2 y 4	104	E - E Estr. 2 y 4
79	E Estr. 1 y 3 - W Estr. 2 y 4	106, 105	E Estr. 1 y 3 - E Gordo
81, 82	W Estr. 1 y 3 - E Estr. 2 y 4	107	W - W Estr. 2 y 4

Discusión

Como se ha mencionado arriba, las Estructuras 2 y 4 pudieron haber tenido la misma orientación. No obstante, también es posible que las pequeñas diferencias que se observan entre los azimuts medios este-oeste determinados para los dos edificios (tabla 5.49) reflejen la intención de los constructores de registrar las fechas 11/12 de febrero y 29/30 de octubre con una orientación, y las fechas 29/30 de abril y 12/13 de agosto con la otra, ya que las alturas del horizonte oriente y poniente hacían imposible que las cuatro fechas –cuya importancia está atestiguada en diversos sitios (véase capítulo 4, “Alineamientos de la familia de 17°”)– fueran registradas por una sola orientación. Tal vez la Estructura 2, que se encuentra al poniente de la Plaza B y cuya escalinata principal da hacia el poniente, señalaba únicamente las puestas del Sol en las fechas 29-30 de abril y 12-13 de agosto, y la Estructura 4, situada al oriente de la plaza, solamente las salidas del Sol en los días 11-12 de febrero y 29-30 de octubre.

Las orientaciones de las Estructuras 2 y 4, por una parte, y de las 1 y 3 (y, probablemente, de la estructura desaparecida al poniente de la Plaza A), por la otra, son casi iguales a las que se encuentran incorporadas en la Pirámide del Sol y en la Ciudadela de Teotihuacan, por lo que es probable que posibilitaran un calendario observacional compuesto en su mayoría por múltiplos de veintenas y ejemplificado en el capítulo 4, “Alineamientos de la familia de 17°” (tabla 4.1). Martínez Donjuan (1979: 79) menciona influencias de Teotihuacan en la cerámica, pero agrega que “no es posible afirmar que existiera una influencia teotihuacana semejante en la arquitectura”; sin embargo, parece significativo que en las orientaciones de los edificios de Las Pilas reconocemos los mismos dos alineamientos que rigen la traza urbana de Teotihuacan (*cf. supra*, “Teotihuacan, México”).

Podemos notar que el cerro Gordo, observado desde la Estructura 2 marcaba las salidas del Sol 26/25 días (2 trecenas) después/ antes de las fechas 30 de abril/13 de agosto. El calendario observacional empleado pudo haber sido el que se presenta en la tabla 5.52.

No obstante, si se observaba el limbo inferior alineado con la cumbre del cerro Gordo, las fechas registradas tendían a ser 27 de mayo y 18 de julio, separadas por el intervalo de 52 días (4 trecenas); si la intención fue lograr este intervalo, hay que agregar que las mismas fechas hubieran sido señaladas por el cerro Gordo desde la Estructura 4, observando el centro del disco solar alineado con la cumbre.

Tabla 5.52

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE LAS PILAS

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
E Estr. 1 y 3	feb 9		100	nov 1
W Estr. 2 (¿y 4?)	abr 30	80	80	ago 13
E C. Gordo	may 26	26	25	jul 19
			54	

Huapalcalco, Hidalgo

Ubicación

En el poblado de Huapalcalco y sus alrededores, a unos 4 km al norte de la ciudad de Tulancingo. $\lambda = 98^{\circ}21'43''$; $\varphi = 20^{\circ}06'59''$; asnm = 2 180 m (Estr. VI).

Datos básicos sobre el sitio

El sitio, localizado al pie de un cerro que se eleva al oriente, cuenta con varios montículos, de los que fue explorado y parcialmente restaurado el llamado Montículo VI (Müller 1962). Se trata de una estructura piramidal con cuatro épocas constructivas, que datan desde finales del Preclásico hasta el Clásico y tienen aproximadamente la misma orientación (*ibid.*: 93ss, fig. 1). El cuerpo escalonado inferior de la última fase conserva restos de talud y tablero. La escalinata de acceso se encuentra del lado poniente, subiendo de una plaza, en cuyo costado norte se observan restos de una escalera perteneciente a otra estructura; los escalones expuestos sugieren que el edificio adyacente tenía la misma orientación que la Estructura VI.

Orientaciones

La línea del horizonte oriente está formada por una elevación rocosa en la inmediata cercanía, por lo que parece poco probable que el registro oriente de la estructura, que varía en función del punto exacto de observación, fuese importante. En el horizonte poniente, el eje de la pirámide prolongado en esa dirección pasa por la Sierra de las Nava-

jas, atravesando una extensa zona de yacimientos de obsidiana llamada El Durazno y utilizada desde el Periodo Clásico (Cobean 1991: 14, fig. 3), lo que quizá no sea una coincidencia, dada la importancia de la obsidiana en el sitio y en toda el área en general.

Las fechas en la tabla 5.53 son válidas para el siglo IV d.C.

Tabla 5.53

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE HUAPALCALCO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
Estr. VI	77°45' ± 1° ⊕	20° ± 2°	17°45' ± 1°30'	may 11, ago 4 ± 5 ^d
	257°45' ± 1° ⊕	2°36' ± 10'	-10°38' ± 1°	feb 21, oct 20 ± 3 ^d
	168°30' ± 1°			

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.54 son válidas para el siglo IV d.C.

Tabla 5.54

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE HUAPALCALCO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. La Providencia	265°13'	2°53'	-3°33'	mar 11, oct 2

Intervalos

Véase tabla 5.55.

Tabla 5.55

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN HUAPALCALCO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
18	W estr. - W La Providencia
61, 59	W La Providencia - E estr.
79, 77	W - E estr.
85	E - E estr.
124	W - W estr.
160	W - W La Providencia

Discusión

Llama la atención la extraña orientación del Montículo VI, probablemente compartida con otras estructuras de Huapalcalco: la desviación al sur del poniente, nada común en el centro de México, podría tener que ver con los contactos entre Huapalcalco y las regiones hacia el este, de los que habla Müller (1962: 95s). Puesto que las orientaciones en la arquitectura clásica de las áreas vecinas hacia el Golfo son prácticamente desconocidas, solamente investigaciones futuras podrán arrojar luz sobre el problema y, tal vez, contribuir a una mejor comprensión de la historia cultural de la región durante el periodo Clásico.

Si consideramos que el error estimado del azimut medio este-oeste de la Estructura VI es relativamente grande (tabla 5.53), debido a las divergencias que presentan los paramentos medidos, es posible que la orientación original del edificio tuviera un azimut algo menor, marcando las puestas del Sol en las fechas 19 de febrero/22 de octubre, 20 días antes/después de las fechas 11 de marzo/2 de octubre, señaladas por el cerro La Providencia y separadas por el intervalo de 160 días; en tal caso el intervalo mínimo entre las fechas de registro poniente de la estructura hubiera sido 120 días. Las fechas registradas por el cerro La Providencia hubieran estado separadas permanentemente por el intervalo de 160 días si para determinar las fechas era relevante el limbo superior del disco solar (el último rayo del Sol) alineado con la cumbre.

Tepeapulco (Xihuingo), Hidalgo

Ubicación

Al suroeste del cerro El Jihuingo y a unos 3 km al norte del poblado de Tepeapulco. $\lambda = 98^{\circ}33'22''$; $\phi = 19^{\circ}48'47''$; asnm = 2 490 m (pirámide).

Datos básicos sobre el sitio

El sitio estuvo ocupado durante el Clásico y el Posclásico, a partir de la fase Tzacualli de la secuencia cronológica teotihuacana. La estructura restaurada, perteneciente al Clásico Tardío, es un templo piramidal con la escalinata hacia el poniente y los cuerpos escalonados realizados en talud y tablero; frente a la pirámide, hacia el poniente, se encuentran restos de una calzada (Anónimo 1961; López Aguilar y Nieto Calleja 1979; Matos *et al.* 1981; Rivera Grijalba 1984). En el área hay diversos petroglifos (Aveni 1989b).



Figura 26. Pirámide de Tepeapulco; vista hacia el sureste a lo largo de un tablero alineado hacia el cerro Peñitas.



Figura 27. Pirámide de Tepeapulco; vista hacia el suroeste a lo largo de un paramento del cuerpo superior, alineado hacia el cerro en la inmediata cercanía.

Orientaciones

La pirámide está orientada tanto hacia el cerro Peñitas al oriente (figura 26) como hacia una pequeña elevación inmediatamente al sur (figura 27), sobre la que se localizan algunos petroglifos. Los azimuts asignados a la estructura por Hartung (1977: 270) y Aveni (1989b: S101, S103) son 305° y 304°, respectivamente.

Tabla 5.56

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE TEPEAPULCO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
pirámide	123°43' ± 15'	2°52' ± 5'	-30°23' ± 15'	-	C. Peñitas
	303°43' ± 15'	10°10' ± 10'	35°00' ± 20'	-	
	213°50' ± 15'				C. ?

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.57 son válidas para el siglo VI d. C.

Tabla 5.57

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE TEPEAPULCO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Gordo	257°08'	1°00'	-11°51'	feb 17, oct 23
C. San Simón	274°53'	2°01'	5°12'	abr 2, sep 9

Intervalos

Véase tabla 5.58.

Tabla 5.58

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TEPEAPULCO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
44	W C. Gordo - W San Simón
117	W - W C. Gordo
160	W - W San Simón

Discusión

Hartung (1977: 270) menciona que el lugar fue conscientemente elegido: desde aquí el cerro Gordo está visualmente enmarcado por las lomas de San Simón al norte y San Isidro/Santa Catalina al sur; también observa que una línea en diagonal por la plataforma superior de la pirámide apunta hacia el cerro Gordo. En efecto, parece que el cerro Gordo tenía un papel importante en la selección del sitio, ya que señalaba las puestas del Sol en las fechas separadas por el intervalo de 117 días (9 treceñas). Por otra parte, el intervalo entre las fechas registradas por el cerro San Simón es 160 días (8 veintenás), pero un calendario observacional completo no es aparente.

Las declinaciones que corresponden a la orientación este-oeste de la pirámide rebasan las declinaciones solsticiales del Sol e incluso las de los grandes extremos lunares. Entre las estrellas que salían y se ponían a lo largo del eje de la estructura, aunque no encontramos ninguna particularmente brillante, tal vez cabe mencionar la ϵ Scorpii y la β Persei. La primera, cuyo brillo es de 2.36^m y que se localiza en medio de la constelación de Escorpión, tenía en el año 600 d.C. la declinación de $-30^{\circ}29'$ (en 500 d.C.: $-30^{\circ}08'$; Hawkins 1968: 83, tabla 4) y, por tanto, salía en la dirección señalada por la pirámide; el día de su salida acrónica –es decir, el último día en que era visible en el momento de su orto, después de la puesta del Sol (cf. Aveni 1991a: 136s)– caía en aquella época a principios de mayo. Por otra parte, la estrella β Persei, llamada también Algol y conocida por ser una binaria eclipsante, cuyo brillo varía entre 2.2^m y 3.5^m, tenía en el año 600 d.C. la declinación de $34^{\circ}40'$ (en el año 700: $35^{\circ}11'$; Hawkins 1968: 67, tabla 4), por lo que se ocultaba aproximadamente en el eje de la pirámide; su orto helíaco –la primera salida anual visible al amanecer, antes de la salida del Sol (cf. Aveni 1991a: 136)– también ocurría a principios de mayo.³⁴ Si la pirámide de Tepeapulco fue orientada hacia los puntos de salida y puesta de las dos estrellas, el motivo pudo haber sido el que sus fenómenos helíacos referidos ocurrían en una época importante del año, señalada por numerosos alineamientos solares (familia de 17°). Sin embargo, la idea acerca de la orientación estelar de este edificio debe quedar hipotética mientras no se encuentren otras orientaciones que registren las mismas declinaciones.

³⁴ También la estrella γ Andromedae (Alamak; 2.28^m), cuya declinación en 600 d.C. era $35^{\circ}04'$ (Hawkins 1968: 67), se ponía a lo largo del eje de la pirámide; su salida helíaca ocurría unos 15 días antes que la del Algol. Otras estrellas que se ocultaban aproximadamente en la misma dirección eran ϵ Persei (2.96^m) y θ Aurigae (2.72^m), mientras que en la dirección opuesta salía también ζ Sagittarii (2.72^m) (*ibid.*: 68, 71, 86).

Xochicalco, Morelos

Ubicación

A unos 14 km al suroeste de la ciudad de Cuernavaca, y a unos 9 km al noroeste del poblado Alpuyeca. $\lambda = 99^{\circ}17'51''$; $\phi = 18^{\circ}48'15''$; asnm = 1360 m (Acrópolis).

Datos básicos sobre el sitio

El área cívico-ceremonial más importante del sitio, que ocupa una superficie considerable, se localiza en las partes altas del llamado cerro de los Tres Lóbulos o cerro Xochicalco (Marquina 1964: 129-145; Hirth y Cyphers 1988: 104, fig. 6.1). Esta zona ha sido objeto de intensas excavaciones y restauraciones durante los últimos años (Garza y González 1995; *Memoria* 1996: varios artículos). En el vecino cerro Coatzin o cerro de la Bodega, al oriente del área principal, se localizan restos de un recinto cívico-ceremonial más pequeño que no ha sido explorado. Aunque ciertas partes del sitio posiblemente fueron ocupadas desde el Preclásico, todas las estructuras que han sido exploradas y que se encuentran actualmente restauradas fueron construidas durante el Epiclásico, es decir, aproximadamente entre 700 y 900 d.C. (Morante 1993, I: 133-140; Garza y González 1995).

En la parte más alta del cerro Xochicalco (loma norte) se ubica un enorme conjunto arquitectónico conocido como Acrópolis, compuesto por numerosos aposentos de diferentes plantas y en distintos niveles. Los diversos elementos arquitectónicos de la Acrópolis están arreglados más o menos simétricamente a lo largo de un eje este-oeste, que coincide con el camino de acceso desde la Plaza Principal, situada al oriente, a la parte más elevada y central de la Acrópolis, pasando por una columnata y un patio rodeado de aposentos con pórticos. Sobre el mismo eje se encuentra también la entrada, desde la dirección opuesta, a la sección poniente de la Acrópolis (figura 28).

Al oriente de la Acrópolis y a lo largo de su eje se ubica, en medio de la Plaza Principal, la Pirámide de las Serpientes Emplumadas, el monumento arquitectónico más famoso del sitio, sobre todo por los elaborados relieves que adornan los taludes de su última etapa constructiva. Las escalinatas de acceso de esta estructura y del templo adyacente al norte dan al poniente (Marquina 1964: 134-141). Diversos cuartos y columnatas flanquean la Plaza Principal por su costado oriente. En el extremo sur de la plaza se encuentra la Pirámide de las Estelas (o Estructura A), dando con su escalinata de acceso al poniente.

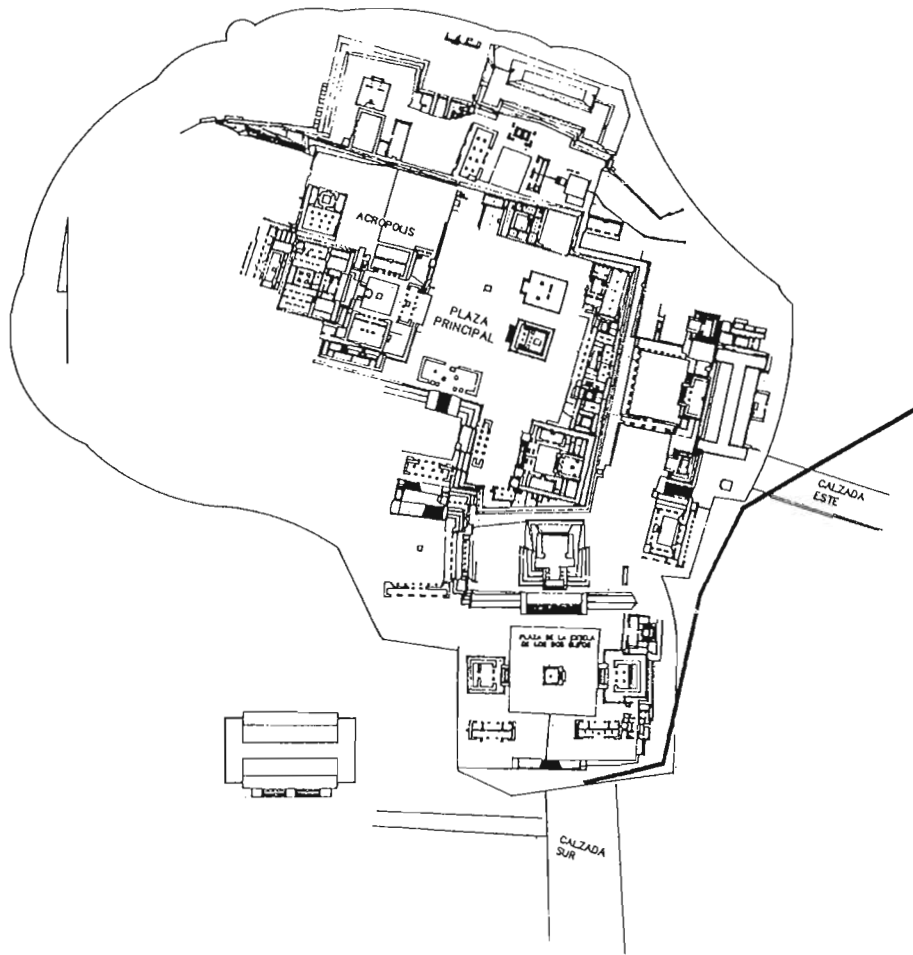


Figura 28. Plano de Xochicalco (según Salomón y Garza 1996: 47).

Entre las estructuras del conjunto ubicado al norte de la Plaza Principal se destaca un juego de pelota, con su eje longitudinal en la dirección este-oeste. En esta sección del sitio se encuentra también la llamada Gruta del Sol.

Otro juego de pelota, con el eje longitudinal en la dirección nortesur, se localiza al oriente de la Plaza Principal, dominado por tres templos piramidales cuyas escalinatas miran hacia el poniente. Se trata de estructuras en los Sectores E y K, según la nomenclatura establecida por el Proyecto Xochicalco (1993-1994). En la tabla 5.59 (*infra*) aparece este conjunto de estructuras con el nombre Grupo Este (figura 28).

Al sur y abajo de la Plaza Principal se encuentra el conjunto de la Plaza de la Estela de los Dos Glifos. El adoratorio con la estela se ubica en el centro, sobre el eje que forman las Estructuras C y D, situadas en los lados este y oeste de la plaza, respectivamente; los dos templos piramidales miran con sus escalinatas hacia el altar central. El complejo es dominado por la Gran Pirámide (o Estructura E), que encierra la plaza por su lado norte. Al poniente se localiza el Juego de Pelota Sur y, más adelante, el Grupo de La Malinche y otras estructuras que ocupan el lóbulo suroeste del cerro Xochicalco (Marquina 1964: 129-145, 935-944; Sáenz 1966; Hirth y Cyphers 1988; Morante 1993; Garza y González 1995; *Memoria* 1996: varios artículos).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.59 valen para principios del siglo VIII d.C.

El complejo llamado Acrópolis está compuesto por tres secciones que manifiestan orientaciones ligeramente diferentes (figura 28). El eje de simetría este-oeste de la sección este, prolongado hacia el oriente, pasa exactamente en medio de la Pirámide de las Serpientes Emplumadas y por la cúspide del cerro El Jumil en el horizonte oriente. Tanto la Pirámide de las Serpientes Emplumadas como el templo adyacente, inmediatamente al norte, tienen la misma orientación, por lo que no se mencionan por separado en la tabla 5.59, aunque las mediciones que se hicieron en esta parte del sitio antes de haberse excavado la Acrópolis fueron realizadas precisamente en la Pirámide de las Serpientes Emplumadas. Aveni midió dos líneas norte-sur, para las que proporciona los azimuts de 16°45' y 17°13' (Aveni y Gibbs 1976: 513, tabla 1).³⁵ Ponce de León (1982: 35, 61s, nota 42, fotos 1 y 2)

³⁵ Los azimuts 276°45' y 277°13' citados en Aveni 1991a: 356, han de ser un error tipográfico: al compararlos con los valores publicados anteriormente (Aveni y Gibbs 1976: 513, tabla 1) resulta evidente que la intención fue proporcionar los azimuts de las perpendiculares a las líneas medidas, por lo que los valores correctos deberían ser 286°45' y 287°13'.

observó que el eje este-oeste de la estructura, al que asignó la desviación de aproximadamente 16° al norte del oeste, pasa por el "Cerro Jumiltepec [...] cuya cumbre contiene restos de edificios prehispánicos", y que "el eje norte de esta Pirámide señala al Cerro de Tres Cumbres, en la parte más alta de la sierra que separa el Valle de Cuauhnahuac del Valle de México" (*ibid.*: 61s, nota 42). Al promediar los datos de Aveni, Tichy (1991: 219, tabla 12-3) obtiene el azimut de $196^\circ 59'$, pero en otro lugar (*ibid.*: 99) menciona la desviación de $16^\circ 45'$; también observa que la estructura está orientada hacia El Jumil al oriente y que el cerro Tres Cumbres se encuentra en el rumbo $N18^\circ E$ (*ibid.*: 163, figura 36). El rumbo hacia el cerro Tres Cruces (o Tres Cumbres) es en realidad *ca.* 1° - 1.5° menor (dependiendo de la cumbre observada y del lugar exacto de observación) y parece que todos los muros y paramentos norte-sur, tanto en las tres secciones de la Acrópolis como en la Pirámide de las Serpientes Emplumadas, fueron deliberadamente orientados hacia este monte; probablemente por esta razón es que muchas líneas norte-sur –sobre todo las de las secciones central y oeste de la Acrópolis– están notablemente desviadas de la perpendicular a las líneas este-oeste (véase los azimuts en la tabla 5.59).

Según lo establecido en las excavaciones, la parte central de la Acrópolis tenía dos pisos (Mario Córdova Tello: comunicación personal, abril de 1996); aunque no se conoce la disposición exacta de este nivel desaparecido, es obvio que sólo desde allí eran visibles tanto el horizonte oriente como el poniente (figuras 29 y 30). Al observar desde la Pirámide de las Serpientes Emplumadas o desde la sección este de la Acrópolis, la parte central de ésta obstruía la vista hacia el horizonte poniente; en otras palabras, el registro poniente de la orientación de la sección este de la Acrópolis (así como de la Pirámide de las Serpientes Emplumadas y de la estructura adyacente) varía en función del punto exacto de observación, por lo que no se incluye en la tabla 5.59. Por otra parte, la sección oeste de la Acrópolis se localiza en un nivel considerablemente más bajo que la parte central que, en este caso, obstruye la vista hacia el horizonte oriente, por lo que en la tabla 5.59 no se incluye el registro oriente de la sección oeste.

El eje de simetría de la sección este de la Acrópolis, que coincide con el de la Pirámide de las Serpientes Emplumadas y pasa por la cumbre del cerro El Jumil, señala las salidas del Sol en las fechas 9 de febrero y 2 de noviembre, determinadas ya por Morante (1993, III: 20, 23s). En la sección este de la Acrópolis comparten la orientación hacia El Jumil el patio central y las estructuras en sus costados este y sur, mientras que los muros este-oeste de la estructura inmediatamente al norte del patio tienen azimuts más parecidos a los que están incorporados en la sección

Tabla 5.59

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN XOCHICALCO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
Acrópolis Este	106°15' ± 15' 16°40' ± 30'	1°55' ± 10'	-14°48' ± 20'	feb 9, nov 2 ± 1 ^d	C. El Jumil C. Tres Cruces
Centro	104°56' ± 15' 284°56' ± 15' 16°55' ± 15'	1°03' ± 10' 2°07' ± 3'	-13°53' ± 10' 14°44' ± 15'	feb 12, oct 30 ± 1 ^d abr 30, ago 14 ± 1 ^d	C. Tres Cruces
Oeste	285°54' ± 15' 17°05' ± 20'	2°09' ± 3'	15°40' ± 15'	may 3, ago 11 ± 1 ^d	C. Tres Cruces
Pirámide de las Estelas	104°23' ± 10' 284°23' ± 10' 11°40' ± 10'	1°42' ± 10' 1°59' ± 3'	-13°07' ± 10' 14°10' ± 10'	feb 14, oct 28 ± 1 ^d abr 28, ago 16 ± 1 ^d	
Grupo Este	101°43' ± 20' 11°40' ± 20'	0°24' ± 10'	-11°06' ± 25'	feb 20, oct 22 ± 1 ^d	
Estr. C y D	90°42' ± 10' 270°42' ± 10' 0°54' ± 30'	1°04' ± 3' 1°12' ± 3'	-0°26' ± 10' 0°57' ± 10'	mar 20, sep 25 ± 1 ^d mar 23, sep 21 ± 1 ^d	



Figura 29. Salida del Sol el 11 de febrero de 1998, observada a lo largo del eje de la sección central de la Acrópolis de Xochicalco.

central de la Acrópolis. Las salidas del Sol sobre El Jumil pudieron haberse observado desde el patio central a través del pórtico que lo encierra por su costado oriente; el hecho de que éste es aparentemente el único de los pórticos de Xochicalco que nunca fue modificado (Salomón y Garza 1996: 48) podría deberse a la importancia de estas observaciones durante toda la época de florecimiento del sitio.

El Grupo Este se encuentra situado inmediatamente al oriente y abajo de la Plaza Central; debido a la cercanía de la línea del horizonte oeste, formada por los edificios en la orilla este de la Plaza Principal, el registro poniente de este conjunto varía en función del punto exacto de observación, por lo que no se incluye en la tabla 5.59 El azimut citado se basa en las líneas incorporadas en los edificios piramidales y la plaza inmediatamente al poniente y arriba del Juego de Pelota Este; en tanto que las orientaciones de estas estructuras son consistentes, los azimuts del Juego de Pelota son algo menores.

Las Estructuras C y D y las dos etapas constructivas del adoratorio con la Estela de los Dos Glifos comparten la orientación y conforman, además, un alineamiento este-oeste (eje de simetría), cuyo azimut coincide con la orientación este-oeste de las estructuras. El Juego de Pelota Sur, situado inmediatamente al poniente y abajo de la plaza, tiene la misma orientación: el azimut de su eje longitudinal es $90^{\circ}44'$ (Aveni y Gibbs



Figura 30. Puesta del Sol el 30 de abril de 1998, observada a lo largo del eje de la sección central de la Acrópolis de Xochicalco.

1976: 513, tabla 1; Aveni 1991a: 356;³⁶ y mis propias mediciones). También la orientación de la Gran Pirámide (Estructura E), cuya enorme escalinata desciende a la plaza del lado norte, fue evidentemente dictada por la de las estructuras principales en la plaza: para una línea este-oeste, Aveni (*ibid.*) determinó la desviación de 0°25' al norte del oeste. Para las Estructuras C y D, Tichy (1991: 57, 59, 120, fotos 13 y 14, figura 5-7, tabla 7-1) cita azimuts parecidos a los que se registran en la tabla 5.59 (aunque no siempre iguales: E0°54'S y 270°57' para la Estr. C, y W0°45'N y 90°41' para la Estr. D).

Horizonte

Los datos en la tabla 5.60 son válidos para el observador situado en la parte central de la Acrópolis que, por ser el lugar más alto, parece ser el más apropiado para las observaciones de los fenómenos sobre el horizonte. Las fechas valen para principios del siglo VIII d.C.

Morante (1993, II: 121ss) estudió detalladamente la posible función astronómica del Popocatépetl, observando que el Sol en los días de su tránsito zenital sale alineado con la cumbre del volcán. Como se observa en la tabla 5.60, la declinación del Popocatépetl es, en efecto, prácticamente igual a la latitud del sitio.

El cerro que señalaba las salidas del Sol en los solsticios de verano, apenas visible encima de la ladera norte del cercano cerro de la Bodega (o Coatzin), fue identificado por Morante (1993, II: 165s) con el cerro Gordo, ubicado al oriente del parteaguas entre los volcanes Popocatépetl e Iztaccíhuatl. En realidad se trata del cerro Yeloxóchitl, que se localiza aproximadamente en la misma dirección, pero más cerca –al noroeste del Popocatépetl–, por lo que tapa la vista hacia el cerro Gordo.

El esquema del calendario de horizonte propuesto por Morante (1993, II: 154ss, figura 10.2) incluye otros puntos que son menos prominentes y, por tanto, menos exactos como marcadores, aunque la posibilidad de que fueran utilizados en las observaciones astronómico-calendáricas no se puede descartar.

Tabla 5.60
DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE XOCHICALCO

Prominencia	A	h	δ	Fechas
V. Popocatépetl	70°59'	2°48'	18°50'	may 15, jul 30
C. Yeloxóchitl	65°25'	1°35'	23°38'	jun 22

³⁶ Tichy (1991: 58, fig. 15) cita este dato erróneamente como rumbo W0°44'S (en realidad: W0°44'N).

Intervalos

Véase tabla 5.61.

Tabla 5.61

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN XOCHICALCO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
5	W Acr. Oeste - W Estelas	72	W Acr. Oeste - E Gr. Este
5	E Acr. Este - E Estelas	73	E - W Estelas
6	E Estelas - E Gr. Este	75	W Acr. Centro - E Estelas
8	E Acr. Centro - E Gr. Este	75	E Acr. Centro - W Estelas
11	E Acr. Este - E Gr. Este	76	E - E Popocatépetl
12	W Acr. Oeste - E Popocatépetl	77	E - W Acr. Centro
15	W Acr. Centro - E Popocatépetl	78	E Acr. Este - W Estelas
17	W Estelas - E Popocatépetl	78	W Acr. Oeste - E Estelas
28, 27	E Gr. Este - E C y D	80	E Acr. Este - W Acr. Centro
31	E Gr. Este - W C y D	80	E Acr. Centro - W Acr. Oeste
34, 33	E Estelas - E C y D	83	E Acr. Este - W Acr. Oeste
36, 35	E Acr. Centro - E C y D	84	E Gr. Este - E Popocatépetl
36	W Estelas - W C y D	90	E Estelas - E Popocatépetl
37	E Estelas - W C y D	91	W C y D - E Yeloxóchitl
38	W Acr. Centro - W C y D	92	E Acr. Centro - E Popocatépetl
38	E Popocatépetl - E Yeloxóchitl	94, 95	E C y D - E Yeloxóchitl
39, 38	E Acr. Este - E C y D	95	E Acr. Este - E Popocatépetl
39	E Acr. Centro - W C y D	99	E - E Acr. Este
39, 40	W Estelas - E C y D	100	W - W Acr. Oeste
41	W Acr. Oeste - W C y D	105	E - E Acr. Centro
41, 42	W Acr. Centro - E C y D	106	W - W Acr. Centro
42	E Acr. Este - W C y D	109	E - E Estelas
44, 45	W Acr. Oeste - E C y D	110	W - W Estelas
50	W Acr. Oeste - E Yeloxóchitl	121	E - E Gr. Este
53	W Acr. Centro - E Yeloxóchitl	122	E Gr. Este - E Yeloxóchitl
53	W C y D - E Popocatépetl	128	E Estelas - E Yeloxóchitl
55	E C y D - E Popocatépetl	130	E Acr. Centro - E Yeloxóchitl
55	W Estelas - E Yeloxóchitl	133	E Acr. Este - E Yeloxóchitl
67	W Estelas - E Gr. Este	176	E - E C y D
69	W Acr. Centro - E Gr. Este	182	W - W C y D

Discusión

Podemos notar que las orientaciones incorporadas en la Acrópolis son prácticamente idénticas a las que manifiestan las estructuras principales de Teotihuacan (*v. supra*, "Teotihuacan, México"), por lo que probablemente tuvieron la misma función. Si las orientaciones de la Acrópolis registraban las mismas secuencias de fechas e intervalos que se han reconstruido para la Pirámide del Sol y la Ciudadela de Teotihuacan, debe haberse observado el limbo inferior del disco solar tangente al horizonte a lo largo de los alineamientos; en este caso las declina-

ciones correspondientes a los azimuts eran unos 5' a 6' más grandes de las que se citan en la tabla 5.59 (cf. capítulo 4, "Técnicas de observación"). Las fechas señaladas por la sección este de la Acrópolis pudieron ser la mayoría de las veces 10 de febrero y 2 de noviembre, separadas por el intervalo ideal de 100 días (5 veintenas), sólo si eran marcadas por el disco solar colocado tangencialmente sobre la cumbre del cerro El Jumil. Estas fechas podrían haber sido registradas también por la posición del centro del Sol sobre el horizonte, si el azimut del alineamiento hubiese sido algo menor; sin embargo, puesto que tanto la Pirámide de las Serpientes Emplumadas como las estructuras de la sección este de la Acrópolis están, a todas luces, deliberadamente orientadas hacia El Jumil, podemos considerar que el azimut correspondiente ($106^{\circ}15'$) es bastante exacto, teniendo un margen de error mucho menor del que se cita en la tabla 5.59 y que está basado en la medición de diversas líneas arquitectónicas. Por lo tanto, no es probable que el azimut de orientación intencionada fuese menor.

También parece significativo que cada uno de los dos pares de fechas señaladas por la orientación de la sección central de la Acrópolis (figuras 29 y 30) tendía a marcar constantemente intervalos de 105/260 días sólo si se observaba el Sol tangencial. Si supusiéramos que las fechas e intervalos ideales fueron registrados por el Sol central, deberíamos postular azimuts algo diferentes; sin embargo, con cualquier cambio de azimut podríamos lograr intervalos ideales sólo entre las fechas de salida del Sol o entre las de su puesta a lo largo del alineamiento, *pero de ninguna manera en ambos horizontes al mismo tiempo*. Por otra parte, el azimut de orientación de la sección poniente de la Acrópolis sí debe haber sido unos 5' menor del valor citado en la tabla 5.59, si suponemos que las fechas registradas eran 3 de mayo y 11 de agosto, separadas por el intervalo ideal de 100 días, y aceptando que eran determinadas por las posiciones tangenciales del Sol sobre el horizonte: la declinación de $15^{\circ}40'$, que corresponde a estas fechas, pudo ser señalada por el Sol central con el azimut de $285^{\circ}54'$ (véase tabla 5.59), o por el Sol tangencial con el azimut de $285^{\circ}49'$.

Parece, entonces, que las orientaciones de la Acrópolis permitían el uso simultáneo de dos calendarios observacionales compuestos predominantemente por múltiplos de veintenas; los esquemas se presentan en las tablas 5.62 y 5.63.

Aunque varios intervalos en la tabla 5.61 parecen significativos, no permiten reconstruir un calendario observacional completo que estuviera compuesto por fechas señaladas por todas las estructuras; es posible que diversos alineamientos marcaran fechas "auxiliares", que facilitaban la predicción de las fechas más importantes, probablemente registradas por las orientaciones de la Acrópolis. Parece que el Grupo Este

Tabla 5.62

ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL
DE LA ACRÓPOLIS DE XOCHICALCO

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
E Acrópolis Este	feb 10	100		nov 2
W Acrópolis Centro	may 1	80	80	ago 14
		105		

Tabla 5.63

ESQUEMA DE OTRO POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL
DE LA ACRÓPOLIS DE XOCHICALCO

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
E Acrópolis Centro	feb 12	105		oct 30
W Acrópolis Oeste	may 3	80	80	ago 11
		100		

fue orientado con el objetivo de señalar las salidas del Sol separadas por el intervalo corto de 120 días (6 veintenas), en tanto que las fechas de registro poniente de las Estructuras C y D pudieron haber formado parte del calendario observacional compuesto predominantemente por múltiplos de trece y presentado en la tabla 5.64.

La planta de la Pirámide de las Estelas es patentemente romboidal (compárense sus azimuts este-oeste con los norte-sur en la Tabla 5.59; véase figura 28); mientras que la misma peculiaridad observada en diversas estructuras de la Acrópolis, sobre todo en sus sectores central y oeste, parece deberse a la intención de alinear los muros norte-sur hacia el cerro Tres Cruces al norte, en el caso de la Pirámide de las Estelas no es evidente la causa de esta falta de perpendicularidad. Ponce de León (1991: 426s), asignando a la estructura la orientación de $103^{\circ}39'$, agrega que su escalinata tiene la pendiente de $36^{\circ}49'$, por lo que el fenómeno de "Sol rasante" (los rayos solares rasando la escalera en el momento en que el Sol se encuentra en el eje de la estructura) se produce en los días cercanos a los equinoccios (días de cuarto del año). En realidad, en este caso es difícil determinar el día exacto del fenómeno: en las fechas mencionadas por Ponce de León, el Sol, cuando sus

rayos caen de forma rasante por la escalera, está aproximadamente en el *eje de la estructura*, pero *no en el eje de la escalinata*, cuyo azimut medio es de unos $11^{\circ}40'$, siendo las alfardas perpendiculares a los escalones. Puesto que la declinación correspondiente a la orientación y la inclinación de la escalinata es aproximadamente $2^{\circ}17'$, el "Sol rasante" en el eje de la escalinata hubiera podido observarse en las fechas 27 de marzo y 18 de septiembre, que caen 41/40 días (alrededor de 2 veintenas) después/antes de las fechas de registro oriente de la estructura. Puede que la desviación de la escalinata y, por ende, la planta romboidal del edificio se deban a la intención de los constructores de producir los fenómenos descritos en estas fechas: cabe mencionar que los mismos efectos de luz y sombra pudieron haberse observado en las mismas fechas también en la Pirámide de las Serpientes Emplumadas, cuya escalinata tiene la inclinación de 45° , en tanto que su orientación coincide con la de la estructura (*cf.* Ponce de León 1991: 426, nota 9). Sin embargo, en este caso las fechas del fenómeno no parecen guardar ninguna relación significativa con las del registro de la estructura, por lo que es posible que las orientaciones e inclinaciones de las escalinatas no fueran dictadas por consideraciones astronómicas.

Tabla 5.64

ESQUEMA DEL OTRO POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE XOCHICALCO

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
		105		
E Acrópolis Centro	feb 12	39	39	oct 30
W Estructuras C y D	mar 23	39	38	sep 21
W Acrópolis Centro	may 1	52	53	ago 14
E Yeloxóchitl	jun 22			jun 22

En su estudio sobre Xochicalco, Morante (1993) no menciona la orientación de la Pirámide de las Estelas, sino solamente el alineamiento conformado por la estructura y el cerro El Jumil; según Morante (1993, II: 173s), al observar desde un cuarto adosado al flanco sur de la Acrópolis, la línea visual hacia la cumbre del Jumil pasa por el centro de la Pirámide de las Estelas y corresponde a las salidas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre. Aunque no es imposible que este alineamiento ($A = 105^{\circ}06'$; $h = 2^{\circ}02'$; $\delta = -13^{\circ}41'$) fuese intencional, cabe advertir que la Pirámide de las Estelas *no* está orientada

hacia el Jumil, por lo que el alineamiento referido, por más significativo que parezca (*cf. ibid.*), no explica la orientación de la estructura.

Es probable que el alineamiento de las Estructuras C y D marcara principalmente las puestas del Sol en los días de cuarto del año, es decir, en las fechas 23 de marzo y 21 de septiembre que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro partes iguales. Tichy (1991: 56ss) parece haber sido el primero en notar esta correspondencia, pero por un error en sus datos relacionó el alineamiento –curiosamente– con las fechas 25 de marzo y 18 de septiembre (*ibid.*: 120, tabla 7-1), que en realidad no son días de “mitad del año”.³⁷ Morante (1993, III: 21, 23) menciona que en los días 23 de marzo y 19 de septiembre (la última fecha debería ser, más bien, 20 o 21 de septiembre) pudo observarse, desde la Estela de los Dos Glifos, también la *salida* del Sol sobre el centro de la Estructura C. Esta afirmación no es refutable, pero tampoco comprobable, puesto que desconocemos la altura original del santuario superior de la Estructura C. Por la misma razón tampoco se puede verificar la asociación del alineamiento con eventos equinocciales sugerida por Galindo (1994: 132).

La idea de que el alineamiento registraba las *puestas* del Sol en los días de cuarto del año se ve apoyada por la orientación del Juego de Pelota adyacente, idéntica a la de las Estructuras C y D. Aunque las orientaciones de los juegos de pelota no se toman en cuenta en los análisis (por razones expuestas en el capítulo 3, “Orientaciones arquitectónicas”), parece significativo que también el Juego de Pelota Sur de Xochicalco señala las fechas referidas en el horizonte poniente, como ya observó Ponce de León (1982: 46-48, fotos 16-18), en tanto que su registro solar oriente no pudo ser funcional: debido a la considerable altura y la inmediata cercanía de la línea de horizonte oriente (terrace con la Estructura D), las fechas de salida del Sol correspondientes al eje de la cancha varían en función del punto exacto de observación.

Tichy (1991: 59, figura 5-7) también notó que las líneas desde la Estela de los Dos Glifos hacia las esquinas noroeste y suroeste del basamento de la Estructura C marcan direcciones hacia los puntos de salida del Sol en los solsticios de verano e invierno, respectivamente. En efecto, es difícil que se trate de coincidencias, ya que las cuatro fechas que parecen haber sido señaladas por los alineamientos incorporados en este grupo arquitectónico están lógicamente relacionadas: los días de cuarto del año y los solsticios dividen el año en cuatro periodos de 91-92 días.

³⁷ Tichy (1991: 120, tabla 7-1) determinó estas fechas con base en la declinación de $1^{\circ}45'$ que obtuvo al considerar una altura errónea del horizonte poniente (3°).

No está claro si también la Estructura D al poniente tenía alguna función análoga; las esquinas de su cuerpo inferior observadas desde la estela no marcan direcciones solsticiales, pero tampoco las puestas del Sol en los días de su paso zenital, como afirma Tichy (1991: 59, 66, figura 5-7).³⁸ Aunque no es imposible que marcaran algunas fechas significativas, resulta difícil o imposible determinarlas con seguridad. El primer problema lo representa la situación exacta en la que originalmente se encontraba la Estela de los Dos Glifos: aunque Sáenz (1966: 32) asegura haberla colocado "en el lugar que debió ocupar cuando estuvo erigida", cabe advertir que tan sólo pequeños desplazamientos de la estela resultarían en variaciones notables en los azimuts de las líneas hacia las esquinas de las Estructuras C y D. La segunda dificultad reside en que no sabemos de qué manera se observaban los eventuales fenómenos solares; por ejemplo, una salida solsticial del Sol pudo ser observada desde la plaza a lo largo de la línea que une la estela con una esquina de la Estructura C, pero no sabemos cuál fue el punto exacto de la estela por el que pasaba el alineamiento (¿su centro? ¿uno de sus bordes laterales?). Por otra parte, también es posible que se observara el movimiento de la sombra de la Estructura C respecto de la estela; si fue así, la estela era iluminada, durante unos momentos después de la salida del Sol, sólo en los días cercanos a los solsticios (durante el resto del año la estela, en los momentos posteriores a la salida del Sol, quedaba en la sombra arrojada por la Estructura C), pero de nuevo no sabemos hasta qué punto en la estela llegaba la sombra al alcanzar el extremo de su movimiento. Tampoco sabemos si las puestas del Sol en los días de cuarto del año se observaban desde la entrada al santuario superior de la Estructura C, a lo largo de la línea marcada por la estela y el centro de la Estructura D, o tal vez se seguía el movimiento de la sombra que arrojaba la Estructura D sobre la plaza y sobre la Estructura C: curiosamente, aunque el basamento de la Estructura C es más ancho que el de la Estructura D, los templos superiores son de dimensiones prácticamente iguales, por lo que la sombra del santuario superior de la Estructura D se hubiera alineado, en pocos momentos antes de la puesta del Sol en los días de cuarto

³⁸ Según la figura 5-7 de Tichy (1991: 59), las líneas desde la estela hacia las esquinas del basamento de la Estructura D están desviadas 21.5° al norte y al sur del oeste, pero en otro lugar (*ibid.*: 66) el autor asigna a las mismas líneas las desviaciones de 20.5° y agrega que el valor astronómicamente exacto (correspondiente al día del paso del Sol por el zenit) sería 20°08'. Esta aserción sería válida para la altura del horizonte de 0°, pero a lo largo de la línea marcada por la esquina norte de la Estructura D, la altura del horizonte es 2°05', por lo que en este caso el Sol se pone 20°08' al norte del oeste varios días *después* de su primer paso anual por el zenit del lugar. Puesto que la desviación de esta línea es, más bien, 21.5° al norte del oeste (mediciones propias), la diferencia entre las fechas de los pasos zenitales del Sol y las que señala la esquina norte de la Estructura D es de casi 10 días.

del año, con el templo superior de la Estructura C.³⁹ En vista de estas dudas, sería enteramente especulativo tratar de reconstruir las fechas que posiblemente señalaban los alineamientos desde la estela a las esquinas de la Estructura D.

El hecho más importante que debe tomarse en consideración es que, según las evidencias arqueológicas detectadas recientemente, el adoratorio con la Estela de los Dos Glifos era una *estructura cubierta* (Mario Córdova Tello: comunicación personal, mayo de 1996). La ubicación de su escalinata de acceso sugiere que el aposento estaba abierto hacia el oriente, por lo que no es probable que la estela y las esquinas de la Estructura D al poniente formaran líneas visuales y, por tanto, astronómicamente significativas. En cambio, los alineamientos solsticiales entre la estela y las esquinas de la Estructura C sí pudieron haber sido funcionales, cualquiera que haya sido el modo de observación. Las incertidumbres mencionadas se presentan también en este caso, pero no es probable que las fechas señaladas no hubieran sido los solsticios: aunque las declinaciones solares que pueden relacionarse con los dos alineamientos varían en función de los distintos modos de observación imaginables, estas variaciones corresponden a una serie de fechas que, por estar cercanas a los solsticios, no hubiesen sido fáciles de determinar por medio de un dispositivo tan poco exacto, considerando que se trata de líneas muy cortas y que las variaciones diarias de la declinación solar son muy pequeñas durante un lapso de varios días alrededor de los solsticios. Por ende, no es probable que algunas de las fechas cercanas a los solsticios tuvieran un significado calendárico y simbólico especial, comparable al de los solsticios, aunque éstos, obviamente, tampoco pudieron ser determinados con precisión sólo mediante los dos alineamientos referidos.⁴⁰

Además de las orientaciones y diversos relieves con glifos calendáricos, evidencias indiscutibles de la actividad astronómica en Xochicalco (*cf.* Morante 1993), encontramos en el sitio un dispositivo singular que muy probablemente servía para observaciones astronómicas: se trata de la llamada Cueva de los Amates o Gruta del Sol, situada al norte y abajo de la Plaza Principal. De esta cueva –probablemente natural, pero modificada– conduce un tubo artificial casi vertical a la superficie. Aveni y Hartung (1981), Anderson (1981) y Tichy (1991: 33-36) realizaron mediciones del tubo y concluyeron que pudo haber servi-

³⁹ Para saber qué tan impactantes pudiesen haber sido estos juegos de luz y sombra, habría que observarlos en el sitio.

⁴⁰ Según Tichy (*ibid.*), estas dos líneas tienen desviaciones de aproximadamente 25.5° al norte y al sur del este verdadero. Si tomamos en consideración la ubicación actual de la Estela de los Dos Glifos, valen para los dos alineamientos aproximadamente los siguientes datos: A = 66°10', h = 3°30', δ = 23°37' (esquina norte), y A = 115°28', h = 1°50', δ = -23°28'

do para observar la proyección del Sol en los días de su tránsito zenital, pero también notaron que los rayos solares en realidad penetran a la cueva, alrededor del mediodía, durante todo un periodo del año. Según Aveni y Hartung (1981: S57), esto sucede entre el 30 de abril y el 15 de agosto; las fechas que da Anderson (1981: 24) son 1 de mayo y 12 de agosto, en tanto que Tichy (1991: 33s, figura 4-6) afirma que el Sol ilumina el interior de la cueva desde el 28 de abril hasta el 15 de agosto. Aunque asignan fechas diferentes a la primera y la última entrada de los rayos solares, tanto Aveni y Hartung (1981: S57) como Anderson (1981: 24) mencionan que el Sol ilumina la cueva durante 105 días y que el complemento al año de 365 días equivale al periodo de 260 días. Anderson (1981: 24s) asocia el segmento de 105 días con el periodo simbólico de crecimiento del maíz y sugiere que el lapso restante de 260 días servía para predecir el momento de la siembra; aunque también menciona algunas estrellas que pudieran haberse observado por el tubo, agrega que la utilidad limitada de tales observaciones hace más probable la función solar del tubo.

El estudio más detallado de las propiedades astronómicas de la Gruta del Sol realizado hasta la fecha es el de Morante (1993, II: 79-108). Con observaciones repetidas Morante (*ibid.*: 91) comprobó que las fechas de la primera y la última entrada de los rayos solares son las más de las veces 28 de abril y 14 de agosto, dadas las condiciones actuales del tubo, pero al tomar en cuenta los datos arqueológicos acerca de su altura original, concluyó que las fechas en que se podían observar los dos fenómenos debieron haber sido originalmente 30 de abril y 13 de agosto, que separan el año –éstas sí– en intervalos de 105 y 260 días (*ibid.*: 101ss). Al considerar el hecho de que las fechas de los fenómenos, en un calendario de 365 días, se hubieran desfasado un día cada cuatro años aproximadamente, Morante (1993, II: 100) insiste “en que lo más probable es que se llevaran los cálculos de días intercalares en Xochicalco, de otra manera no tendría caso preparar un mecanismo como el de la chimenea de la Gruta del Sol”. Los resultados del minucioso estudio de Morante son sumamente importantes, pero no demuestran que se hayan realizado intercalaciones en el calendario formal. El tubo podía tener la misma función observacional que las orientaciones, por lo que su utilidad puede explicarse precisamente en función del sistema calendárico mesoamericano, sin correcciones del año civil de 365 días

(esquina sur de la Estr. C). Como se observa, las declinaciones correspondientes son casi exactamente solsticiales (cf. valor de la oblicuidad de la eclíptica en el siglo VIII d.C.: $\epsilon = 23^{\circ}36'$): debido a las diferentes alturas del horizonte natural, visible por encima y detrás de la Estructura C, los azimuts solsticiales, aunque están dispuestos simétricamente al norte y al sur del eje de las Estructuras C y D, no tienen desviaciones iguales al norte y al sur del este verdadero, como sugiere Tichy. En vista de las incertidumbres expuestas, sin embargo, no es posible restablecer los datos precisos para estos alineamientos.

(cf. capítulo 4, "Calendarios observacionales y el calendario oficial"). Un posible uso de la chimenea fue reconstruido en estos términos por Anderson (1981: 24):

the Xochicalco observer kept records of the first date in each year on which the sun's rays reached the floor of the cave without diffuse reflection from the wall. Every fourth year he could count an interval of 366 days instead of the usual 365. In this manner he could easily keep track of the "leap days" that – unlike our Gregorian procedure – he did not intercalate. It would provide him with a good measure of the slow but steady shift of the solar-agricultural year through his 365 day/260 day calendric system. He would observe eight days of slippage each 33 years for a very accurate estimate of true solar year length – 365.2424 days instead of the actual 365.2423 days for that time period.

Otro estudio reciente sobre el "tubo zenital" de Xochicalco es el de Lebeuf (1995), quien propone que el dispositivo servía para las observaciones de la Luna, particularmente para detectar las perturbaciones en su movimiento cerca de los extremos y, de esta manera, poder predecir los eclipses. Una evaluación exhaustiva de esta hipótesis no es posible hasta que el autor presente argumentos completos y detallados, como lo anuncia en el artículo citado (*ibid.*: 285). Sin embargo, algunas de sus afirmaciones ameritan comentarios inmediatos.

Refiriéndose al estudio de Morante (1993), Lebeuf (1995: 256) arguye que

para que los 260 días del *tonalpohualli* caigan precisamente entre la salida y la entrada de los rayos solares en la gruta de Xochicalco, y para que los 105 días restantes, para llegar a la cuenta del *xihuitl* de 365 días, se sitúen en el periodo de iluminación directa del suelo de la gruta, se deben llenar de nuevo las condiciones que no se repiten más que cada 1,507 años trópicos [...]. Parece muy dudoso que los arquitectos de Xochicalco hayan construido un aparato que no pueda servir más que ¡cada quince siglos!

Aquí el autor evidentemente piensa que los intervalos de 260 y 105 días, delimitados por las primeras y últimas entradas de los rayos solares a la gruta, sólo pueden tener sentido o ser útiles si abarcan *siempre la misma secuencia de fechas* del ciclo de 260 días. Aun si así fuese, no hubiera sido necesario esperar 15 siglos para que las fechas de los fenómenos se repitieran, sino tan sólo 42 años, ya que el periodo de 59 ciclos de 260 días equivale casi exactamente a 42 años trópicos ($59 \times 260^d = 15,340^d$; $42 \times 365.24219^d = 15,340.17198^d$); la diferencia de un día entre los múltiplos de ambos periodos se acumula apenas en dos siglos y medio (cf. Siarkiewicz 1995: 94). Pero es mucho más probable que la función del tubo, como ya se mencionó, fuera análoga a la de las orientaciones, por lo que pudo servir para fines astronómico-calendáricos precisamente en combinación con la cuenta de los ciclos *continuos* de 260 días, y no tiene sentido buscar su función ocasional en intervalos de décadas o incluso siglos.

Lebeuf (*ibid.*) también menciona que las fechas solares 30 de abril y 12 de agosto no presentan, a su parecer, "ningún interés particular para el mejoramiento de los conocimientos astronómicos." Y sin embargo, ya sabemos que ambas fechas están atestiguadas en las orientaciones de diversos sitios, por lo que su importancia es indiscutible. Por otra parte, las perturbaciones en el movimiento lunar pueden detectarse con mucho mayor facilidad mediante las observaciones de la Luna sobre el horizonte, valiéndose de marcadores naturales y líneas visuales largas que, además, permiten lograr mejor precisión. Sin embargo, los mesoamericanos no parecen haber prestado mucha atención a los extremos lunares, momentos claves para detectar estas perturbaciones; al menos tal interés no es manifiesto en las orientaciones arquitectónicas.

Cacaxtla, Tlaxcala

Ubicación

Al poniente del poblado San Miguel del Milagro y a unos 14 km al suroeste de la ciudad de Tlaxcala. $\lambda = 98^{\circ}20'24''$; $\phi = 19^{\circ}14'33''$; asnm = 2 300 m (Gran Basamento).

Datos básicos sobre el sitio

Durante el Epiclásico (*ca.* 700 - 900 d.C.), Cacaxtla fue un importante asentamiento fortificado, unido con el vecino Xochitécatl; probablemente fungía como centro del poder regional. El sitio se compone de varias plataformas, terrazas, fosos defensivos y restos de templos piramidales y otras estructuras. El complejo arquitectónico principal es el llamado Gran Basamento, conocido sobre todo por los murales polícromos que se caracterizan por una combinación de estilos y elementos iconográficos procedentes de diversas regiones mesoamericanas. La mayor parte de los edificios sobre el Gran Basamento, así como un templo piramidal situado a unos 100 m al oriente, se encuentran actualmente consolidados; mientras que el Gran Basamento tiene el acceso desde el oriente, la pirámide mira con su escalinata hacia el poniente. Aunque Cacaxtla parece haber sido durante un tiempo la capital de los olmeca-xicallancas, no hay consenso sobre el papel que desempeñaron estos pueblos originarios del Golfo en el valle poblano-tlaxcalteca, y tampoco sobre su relación con Cacaxtla y el lugar del sitio en el Epiclásico de la región (López de M. y Molina 1980; García Cook 1986; García y Merino 1990: 261ss; Santana y Delgadillo 1990; Serra y Lazcano 1997).

Orientaciones

Las fechas citadas en la tabla 5.65 son válidas para principios del siglo VIII d.C. El error estimado de la altura del horizonte poniente deriva de que no conocemos la localización exacta del punto de observación: si observamos desde el extremo norte del Gran Basamento, el azimut hacia el poniente pasa por la pirámide preclásica situada en la cumbre del cerro Xochitécatl, a escasos 1 000 m de distancia (*v. supra*, "Preclásico", "Xochitécatl, Tlaxcala"); pero si observamos en el centro o en la parte sur del conjunto, el mismo azimut pasa al sur de dicha pirámide.

Tabla 5.65

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN CACAXTLA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
Gran Basamento	91°05' ± 20'	3°06' ± 10'	-0°04' ± 25'	mar 21, sep 22 ± 1 ^d
y pirámide	271°05' ± 20' 2°20' ± 1°	3°30' ± 45'	2°07' ± 40'	mar 26, sep 18 ± 2 ^d

Las estructuras del Gran Basamento comparten la orientación con la pirámide situada inmediatamente al oriente. El azimut norte-sur corresponde a esta última, ya que en el Gran Basamento no se han medido las líneas norte-sur.

Horizonte

Los datos en las tablas 5.66 y 5.67 valen para el observador sobre el Gran Basamento. El azimut del Iztaccíhuatl corresponde al centro de la parte relativamente plana superior ("pecho"). Las fechas son válidas para principios del siglo VIII d.C.

Tabla 5.66

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE CACAXTLA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
V. La Malinche	92°23'	3°39'	-1°06'	mar 18, sep 26

Tabla 5.67

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE CACAXTLA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
V. Iztaccíhuatl	257°09'	4°58'	-10°27'	feb 22, oct 20
C. Telapón	289°34'	2°12'	19°07'	may 16, jul 29

El cerro Tláloc ($\oplus A = 295^{\circ}44'$; $\oplus h = 2^{\circ}13'$; $\delta = 24^{\circ}55'$) no marcaba las puestas del Sol en el solsticio de verano, como menciona Tichy (1991: 179).

Intervalos

Véase tabla 5.68.

Discusión

No está claro si la función del Gran Basamento fue predominantemente ceremonial o administrativa, por lo que no hay que descartar la posibilidad de que su orientación fuera dictada por la de algún templo vecino que, en tal caso, pudiese haber sido el lugar principal para las observaciones astronómicas. Al observar en diferentes puntos del sitio, los datos sobre el horizonte varían, tanto los que corresponden a los azimuts citados en la tabla 5.65 como los de las Tablas 5.66 y 5.67. Por ejemplo, observando desde la pirámide inmediatamente al oriente del Gran Basamento, la altura del horizonte oriente (relativamente cerca) rebasa 7° , por lo que la declinación correspondiente a su orientación (igual a la del Gran Basamento) hacia el este excede $1^{\circ}15'$; además, desde allí no es visible La Malinche.

Como se observa en la tabla 5.65, la orientación del Gran Basamento hacia el oriente señalaba las salidas del Sol en los equinoccios, en tanto que el cerro Telapón marcaba aproximadamente la dirección de las puestas del Sol en los días de su paso por el zenit del lugar; los alineamientos correspondientes a los dos fenómenos son raros, por lo que no sabemos si los de Cacaxtla son intencionales o atribuibles al azar. Además, en vista de las incertidumbres mencionadas en cuanto al punto de observación, es posible que las fechas relevantes no fueran exactamente las que aparecen en las tablas 5.65, 5.66 y 5.67.

Tabla 5.68

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN CACAXTLA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
5, 4	E - W estr.	59	E La Malinche - W Telapón
8	W estr. - E La Malinche	74	W - W Telapón
24	E La Malinche - W Iztaccíhuatl	83	W Iztaccíhuatl - W Telapón
27, 28	E estr. - W Iztaccíhuatl	125	W - W Iztaccíhuatl
32	W estr. - W Iztaccíhuatl	173	E - E La Malinche
51	W estr. - W Telapón	176	W - W estr.
56, 55	E estr. - W Telapón	180	E - E estr.

Xochitécatl, Tlaxcala

Ubicación

En la parte alta del cerro Xochitécatl, al norte del poblado San Miguel Xochitecatitla y a unos 15 km al suroeste de la ciudad de Tlaxcala. $\lambda = 98^{\circ}20'57''$; $\phi = 19^{\circ}14'38''$; asnm = 2 380 m (Pirámide de las Flores).

Datos básicos sobre el sitio

El sitio fue parcialmente explorado por Spranz (1970), quien encontró material del Preclásico y Clásico Tardío. Las intensas investigaciones recientes, iniciadas en 1993 en el marco del Proyecto Especial Xochitécatl, han confirmado que el sitio alcanzó su auge durante el Preclásico Tardío y, después de un periodo de abandono, durante el Clásico Tardío y Terminal, cuando estaba unido con el sitio vecino de Cacaxtla (Serra y Beutelspacher 1994; Serra y Lazcano 1997). La mayoría de los edificios que han sido explorados y restaurados fueron construidos en el Preclásico Tardío (*v. supra*, "Preclásico," Xochitécatl, Tlaxcala"). La que data del Clásico Tardío es la Estructura E4 (o Basamento de los Volcanes), de planta rectangular, con fachadas de talud y tablero y accesos de los lados oriente y poniente, mientras que la Estructura E1 (Pirámide de las Flores) tuvo modificaciones en esta época (Serra y Lazcano 1997: 91s).

Orientaciones

El azimut de orientación de la Estructura E4 hacia el oriente pasa por la Estructura E1 (Pirámide de las Flores) que data del Preclásico, por lo

que la altura del horizonte este citada en la tabla 5.69 es, en realidad, la de la Estructura E1; el margen de error estimado se debe a que no conocemos la altura exacta que tenía la E1 en el momento de la construcción de la E4, y tampoco la altura original de esta última y el punto exacto de observación, por lo que no es posible determinar con precisión la declinación correspondiente a la orientación hacia el este. Es posible que el registro oriente de la estructura no fuera relevante.

Las fechas en la tabla 5.69 son válidas para principios del siglo VIII d.C.

Tabla 5.69

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN XOCHITÉCATL

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
E4	102°56' ± 15'	10° ± 2°	-8°42' ± 1°	feb 27, oct 16 ± 3 ^d
	282°56' ± 15'	1°26' ± 5'	12°35' ± 20'	abr 23, ago 20 ± 1 ^d
	11°40' ± 1°			

Horizonte

Los datos en la tabla 5.70 valen para el observador en la Estructura E4. El azimut del Iztaccíhuatl corresponde al centro de la parte más alta ("pecho"), que es relativamente plana y cuyos bordes tienen los azimuts 255°59' y 256°50'. Las fechas son válidas para principios del siglo VIII d.C.

Tabla 5.70

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE XOCHITÉCATL

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
V. Iztaccíhuatl	256°25'	5°02'	-11°07'	feb 20, oct 22
C. Papayo	280°45'	1°49'	10°40'	abr 18, ago 26
C. Telapón	289°50'	2°11'	19°22'	may 17, jul 28

Intervalos

Si para determinar las fechas se observaba el limbo superior del disco solar a lo largo de los alineamientos –práctica posiblemente en uso en el Xochitécatl preclásico (v. *supra*, "Preclásico", "Xochitécatl, Tlaxcala")–, el intervalo entre las fechas de puesta del Sol sobre el Iztaccíhuatl, así como entre las puestas del Sol señaladas por la Estructura E4 (tabla 5.71), hubiera sido las más de las veces 120 días (6 veintenas).

Tabla 5.71

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN XOCHITÉCATL

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
5, 6	W estr. - W Papayo	72	W - W Telapón
7, 6	E estr. - W Iztaccíhuatl	79, 80	E estr. - W Telapón
24, 23	W estr. - W Telapón	86	W Iztaccíhuatl - W Telapón
29	W Papayo - W Telapón	119	W - W estr.
50, 51	E estr. - W Papayo	121	W - W Iztaccíhuatl
55, 57	E - W estr.	130	W - W Papayo
57	W Iztaccíhuatl - W Papayo	134	E - E estr.
62, 63	W estr. - W Iztaccíhuatl		

Posclásico

Tula, Hidalgo

Ubicación

Al norte de la ciudad de Tula de Allende. $\lambda = 99^{\circ}20'24''$; $\varphi = 20^{\circ}03'45''$; asnm = 2 060 m (Estructura C).

Datos básicos sobre el sitio

El crecimiento de Tula como centro regional comienza en la fase Corral (*ca.* 800-900 d.C.), cuando el foco de las actividades cívico-ceremoniales estaba en el grupo arquitectónico conocido como Tula Chico. Después de la fase Corral Terminal (*ca.* 900-950), la ciudad alcanza su máximo esplendor en la fase Tollan (*ca.* 950-1200), cuando se construyen los edificios de Tula Grande, el nuevo centro sociopolítico de la ciudad (Diehl 1981).

La estructura llamada El Corral se ubica aproximadamente a 1.5 km al noreste de Tula Grande. Es un edificio de planta mixta –circular en la parte central, con adosados rectangulares al oriente y poniente– y con la escalinata de acceso del lado este; evidentemente se trata de un templo de Ehécatl (Acosta 1974). Las demás estructuras restauradas se encuentran en Tula Grande. La Estructura C es un templo piramidal cuya escalinata da al poniente y desciende a la Plaza Principal en cuyo centro se sitúa una plataforma llamada Adoratorio. Al norte de la plaza se encuentra la Estructura B o el llamado Templo de Tlahuizcalpantecuhtli, con la escalinata hacia el sur. Al poniente de este edificio se localiza el llamado Palacio Quemado. Un juego de pelota orientado con su eje longitudinal en la dirección norte-sur flanquea la plaza por su lado

poniente. Otro juego de pelota, orientado en la dirección este-oeste, se encuentra al norte de la Estructura B (Marquina 1964: 145-164; Diehl 1981; 1983; 1989; Mastache y Crespo 1982). En el cercano cerro de la Malinche se encuentran relieves mexicas (Navarrete y Crespo 1971).

Orientaciones

Las fechas en la Tabla 5.72 son válidas para el siglo X d.C.

Para la base de la escalinata de la estructura El Corral, Aveni y Gibbs (1976: 512, Tabla 1) dan el azimut de $9^{\circ}02'$, pero en otro lugar Aveni (1991a: 356) cita el azimut de $98^{\circ}42'$. La orientación de "17° al oeste del norte magnético" dada por Diehl (1989: 28) para este edificio es claramente errónea.⁴¹

Tabla 5.72

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN TULA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
El Corral	$99^{\circ}20' \pm 20'$	$1^{\circ}42' \pm 3'$	$-8^{\circ}15' \pm 20'$	feb 27, oct 14 ± 1^d
	$279^{\circ}20' \pm 20'$	$1^{\circ}31' \pm 3'$	$9^{\circ}12' \pm 20'$	abr 13, ago 29 ± 1^d
	$9^{\circ}15' \pm 30'$			
Estructura C	$103^{\circ}45' \pm 30'$	$\oplus 1^{\circ}16' \pm 5'$	$-12^{\circ}33' \pm 30'$	feb 15, oct 26 ± 1^d
	$283^{\circ}45' \pm 30'$	$\oplus 5^{\circ}35' \pm 15'$	$14^{\circ}46' \pm 40'$	abr 30, ago 13 ± 2^d
	$13^{\circ}00' \pm 1^{\circ}$			

La orientación del Juego de Pelota 1 (norte) es parecida a la de la Estructura C; el azimut de su eje longitudinal este-oeste es, según mis mediciones, $104^{\circ}15' \pm 20'$, en tanto que los muros norte-sur tienen azimuts cerca de 16° . Galí (1942-1944) determinó para el lado sur interior de este edificio el azimut de $104^{\circ}28'$ y para su lado oeste exterior $16^{\circ}15'$. Aveni y Gibbs (1976: 512, Tabla 1) proporcionan para esta estructura las desviaciones de $16^{\circ}25'$ y $17^{\circ}06'$ al este del norte, y $14^{\circ}55'$ y $14^{\circ}13'$ al sur del este.

Ponce de León (1991: 427) da para la base de la escalinata de la Estructura "A", refiriéndose a la C, la desviación de $13^{\circ}15'$ al sur del este, y observa que su inclinación es de $37^{\circ}30'$, por lo que los rayos solares, en los días cercanos a los equinoccios, pasan de manera rasante a lo largo de la escalinata cuando el Sol está en su eje.

La Estructura B está orientada con su escalinata hacia el sur, por lo que no se toma en cuenta aquí. Sus azimuts este-oeste y norte-sur

⁴¹ Al realizar las mediciones en el área no detecté desviaciones magnéticas locales tan grandes.

son, según mis mediciones, $107^{\circ}20' \pm 30'$ y $16^{\circ}30' \pm 1^{\circ}$, respectivamente. Galí (1942-1944) determinó para la base de la pirámide en su lado poniente el azimut de $17^{\circ}04'$, en tanto que Aveni y Gibbs (1976: 512, Tabla 1) dan, para la base de la escalinata, la desviación de $17^{\circ}10'$ al norte del oeste. Orientaciones parecidas están incorporadas en el Adoratorio en la Plaza Principal, el Palacio Quemado y el Juego de Pelota poniente. Sin embargo, no sabemos cuál de las estructuras que pertenecen a este grupo de orientaciones era la más relevante para las eventuales observaciones astronómicas.

Mastache y Crespo (1982: 23ss, figuras 3-5) sugieren la existencia de tres distintos grupos de orientaciones en Tula: según su planteamiento, en el periodo Coyotlatelco o la fase Corral predominaba la orientación norte-sur dictada por los edificios en Tula Chico; en la siguiente etapa de planeación urbana, tal vez correspondiente a la fase Corral Terminal, se establecen las orientaciones de 17° al este del norte, regidas por el centro ceremonial en Tula Grande, mientras que durante el periodo de máxima extensión de la ciudad, posiblemente en la fase Tollan, llegan a prevalecer las orientaciones de 18° al oeste del norte, aunque "esta vez el cambio en el trazo de la ciudad no afectó al centro ceremonial y el área adyacente, que conservó su traza general orientada hacia el Este" (*ibid.*: 28). Para verificar estas hipótesis sería necesario, como lo admiten las autoras (*ibid.*: 21), "realizar una investigación especial más profunda". Su estudio se basó en la inspección de las fotografías aéreas y en las mediciones con brújula en el campo, por lo que faltaría comprobar si las orientaciones, en efecto, exhiben grupos tan claramente definibles y consistentemente asociados a determinados periodos.

Horizonte

El Corral y la Estructura C se encuentran relativamente distanciadas una de otra y posiblemente no son contemporáneas; por lo tanto, los datos sobre el horizonte se presentan en las tablas 5.73 y 5.74 por separado para cada una de las estructuras. Las fechas son válidas para el siglo X d.C.

Tabla 5.73

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE EL CORRAL DE TULA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. El Estudiante	$102^{\circ}14'$	$1^{\circ}57'$	$-10^{\circ}52'$	feb 20, oct 21

Tabla 5.74

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE LA ESTRUCTURA C DE TULA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
⊕ C. El Estudiante	98°47'	1°57'	-7°39'	mar 1, oct 12

Intervalos

Los intervalos señalados por los alineamientos se presentan en las tablas 5.75 y 5.76 por separado para El Corral y para la Estructura C.

Tabla 5.75

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL CORRAL DE TULA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
7	E El Corral - E El Estudiante
45, 46	E - W El Corral
52, 53	W El Corral - E El Estudiante
122	E - E El Estudiante
136	E - E El Corral
138	W - W El Corral

Tabla 5.76

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN LA ESTRUCTURA C DE TULA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
14	E Estr. C - E El Estudiante
60	W Estr. C - E El Estudiante
74	E - W Estr. C
105	W - W Estr. C
112	E - E Estr. C
140	E - E El Estudiante

Discusión

En la tabla 5.77 se presenta el posible calendario observacional para la Estructura C. Parece que las fechas de registro oriente de la estructura no eran relevantes. Podemos notar que el periodo de 260 días, del 13 de agosto al 30 de abril, está subdividido en intervalos que son múltiplos de 20 días.

Tabla 5.77

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL
PARA LA ESTRUCTURA C DE TULA

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Fecha</i>
E El Estudiante	mar 1	140	oct 12
W Estructura C	abr 30	60 60	ago 13
		105	

Si consideramos que la Estructura C registraba las puestas del Sol en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, que pertenecen a la llamada primera serie de fechas correspondientes a los alineamientos de la familia de 17° (véase capítulo 4), la orientación de la Estructura B y de algunos edificios adyacentes hace sospechar que también existían los alineamientos del segundo grupo de la misma familia; si señalaban las salidas del Sol el 9 de febrero y el 1 de noviembre, como sucede en otros sitios (*cf.* esquema 2 en la tabla 4.1), estas fechas pudieron formar parte del calendario observacional reconstruido en la tabla 5.77, ya que caían 20 días antes/después del 1 de marzo/12 de octubre, fechas registradas por el cerro El Estudiante. Cabe reiterar que la orientación de la Estructura B no se ha tomado en consideración en los análisis por motivos de consistencia metodológica, ya que su acceso da hacia el sur (véase capítulo 3, "Orientaciones arquitectónicas"). Si esta orientación era astronómicamente funcional, debemos postular que estaba incorporada en alguna estructura con el acceso hacia el oriente o el poniente, o que la misma Estructura B contaba con elementos constructivos que permitían las observaciones y el registro de las fechas; por el momento no parece haber indicios que apoyen una u otra idea.

Teotenango, México

Ubicación

En la meseta al poniente del poblado Tenango de Arista, a 21 km al sur de la ciudad de Toluca. $\lambda = 99^\circ 36' 03''$; $\varphi = 19^\circ 06' 32''$; $asnm = 2\,710$ m (Estructura 2D).

Datos básicos sobre el sitio

El sitio cubre un área extensa y se compone de varios sectores, de los que fue explorado y restaurado sobre todo el llamado Sistema Norte, ocupado desde el Epiclásico hasta la llegada de los españoles. Se trata de restos de un importante centro cívico y ceremonial, cuyo auge corresponde al Posclásico Temprano (Reyes 1975).

En el extremo noreste del Sistema Norte se encuentra el Conjunto A, compuesto de varias estructuras arregladas alrededor de una plaza, en cuyo lado oriente se localiza la Estructura 1A, el templo principal del conjunto, dando con su escalinata hacia el poniente. Inmediatamente al sur del Conjunto A se localiza otra plaza, en torno a la cual están dispuestos los edificios que pertenecen al Conjunto B; dos basamentos piramidales –las Estructuras 1B y 3B– flanquean la plaza por sus costados oriente y sur, mirando con sus escalinatas hacia el poniente y el norte, respectivamente. En la parte central del Sistema Norte se encuentran los Conjuntos C y E, con varios edificios ceremoniales y residenciales o administrativos, incluyendo un juego de pelota (Estructura 2E). El sitio continúa hacia el poniente con el Conjunto D, donde se encuentra, en la parte más elevada del terreno, la Estructura 2D o Pirámide de la Serpiente, el templo más grande del sitio, orientado con su escalinata hacia el oriente (Reyes 1975; planos 1-5).

Todas las estructuras cuyas orientaciones han sido determinadas datan del periodo 3 Viento (*ca.* 900-1162 d.C.), es decir, del Posclásico Temprano (*ibid.*: 132ss, 142s).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.78 son válidas para el siglo X d.C.

Las estructuras de Teotenango están fuertemente reconstruidas, pero las partes originales y confiables para determinar las orientaciones son claramente reconocibles. Varios edificios en la parte sur del área explorada tienen aproximadamente la misma orientación que la Estructura 1B, particularmente las Estructuras 3B, 5B y 1E.

Las orientaciones del Conjunto D, en el extremo noroeste del sitio, fueron evidentemente dictadas por el templo principal, la Estructura 2D o Pirámide de la Serpiente; también el juego de pelota adyacente y contemporáneo (Estr. 2E), alineado con su eje longitudinal en la dirección este-oeste, tiene una orientación parecida ($A = 102^{\circ}45' \pm 10'$). Todo el Conjunto D está orientado hacia un cerro que se localiza a unos 2 km al norte del cerro Zempoala (figuras 31 y 32); su nombre es, según un informante local, cerro de las Alumbres, pero no aparece en las cartas ($\lambda = 99^{\circ}20'26''$; $\phi = 19^{\circ}03'18''$; $asnm = 3\ 520$ m).

Tabla 5.78

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN TEOTENANGO

Estructura	A	h	δ	Fechas	Alineamiento hacia
Estr. 1A	101°18' ± 30' 281°18' ± 30' 12°10' ± 40'	1°31' ± 10' 4°18' ± 30'	-10°15' ± 35' 12°02' ± 35'	feb 22, oct 19 ± 2 ^d abr 21, ago 21 ± 2 ^d	
Estr. 1B	108°06' ± 1° 288°06' ± 1°	2°22' ± 20' 3°55' ± 30'	-16°19' ± 1° 18°20' ± 1°	feb 3, nov 6 ± 4 ^d may 12, jul 31 ± 4 ^d	
Estr. 2D	102°16' ± 10' 282°16' ± 10' 12°15' ± 30'	1°32' ± 5' 4°15' ± 10'	-11°09' ± 10' 12°56' ± 15'	feb 19, oct 22 ± 1 ^d abr 24, ago 19 ± 1 ^d	C.?

Las orientaciones del Conjunto C son menos claras y, al parecer, más divergentes entre sí, posiblemente porque los edificios o sus diversas etapas constructivas datan de diferentes periodos (*cf.* Reyes 1975: 143). Un buen ejemplo lo representa la Estructura 1C, la más grande de este conjunto y situada en la orilla norte del sitio. El talud norte de este edificio, construido apenas después de que los mexicas –entre 1474 y 1476– conquistaran Teotenango (*ibid.*: 142), está alineado hacia el cerro Zempoala, visible en el horizonte oriente y ubicado a unos 27.5 km de Teotenango (*véase infra: Horizonte*). Sin embargo, algunos paramentos sur están dirigidos al mismo cerro al que mira la Estructura 2D. Al pie del talud poniente del edificio están expuestas partes de una escalinata de la Subestructura 1C, cuya orientación parece ser igual a la que rige en el Conjunto D, por lo que es posible que los paramentos superiores alineados hacia el cerro mencionado pertenecen a la subestructura o simplemente conservan su orientación. Sobre la plataforma superior de la Estructura 1C hay restos de habitaciones con orientaciones diferentes; puesto que también la Subestructura 1C, cuya primera fase data del Epiclásico, parece haber tenido la función residencial (Reyes 1975: 131, 143), es probable que la orientación de los elementos arquitectónicos no fue el criterio más relevante en el diseño de ambos edificios, y que sus alineamientos fueron simplemente ajustados a las estructuras adyacentes. La Estructura 2C parece estar orientada hacia el cerro Zempoala, en tanto que algunos otros alineamientos del Conjunto C coinciden con los del Conjunto D y, por tanto, con la dirección hacia el otro cerro.



(a)



(b)

Figura 31. Conjunto D, Teotenango; vistas hacia el oriente a lo largo de un paramento del adoratorio central de la sección "c" del Anexo (a) y a lo largo de un paramento en lo alto de la Estructura 2D (b). Nótese el alineamiento hacia el cerro en el horizonte este.

Horizonte

Los datos sobre el horizonte en las tablas 5.79 y 5.80 valen para el observador en la Estructura 1A, pero son casi iguales para la Estructura 1B, situada a unos 70 m al sur de la Estructura 1A. Los datos en las tablas 5.81 y 5.82 valen para el observador en la Estructura 2D. Las fechas en las cuatro tablas son válidas para el siglo X d.C.

El cerro designado en las tablas 5.79 y 5.81 como C. ? (su nombre no aparece en las cartas) se localiza a unos 5.5 km al noroeste del cerro Zempoala y a unos 4.5 km al suroeste del cerro La Corona ($\lambda = 99^{\circ}22'08''$; $\varphi = 19^{\circ}05'08''$; asnm = 3 500 m). El azimut del cerro La Corona corresponde al centro de la relativamente plana meseta superior. Los datos para el Nevado de Toluca se refieren a la cumbre que, observada desde Teotenango, tiene la mayor altura aparente ($\lambda = 99^{\circ}44'51''$; $\varphi = 19^{\circ}06'37''$; asnm = 4 440 m).

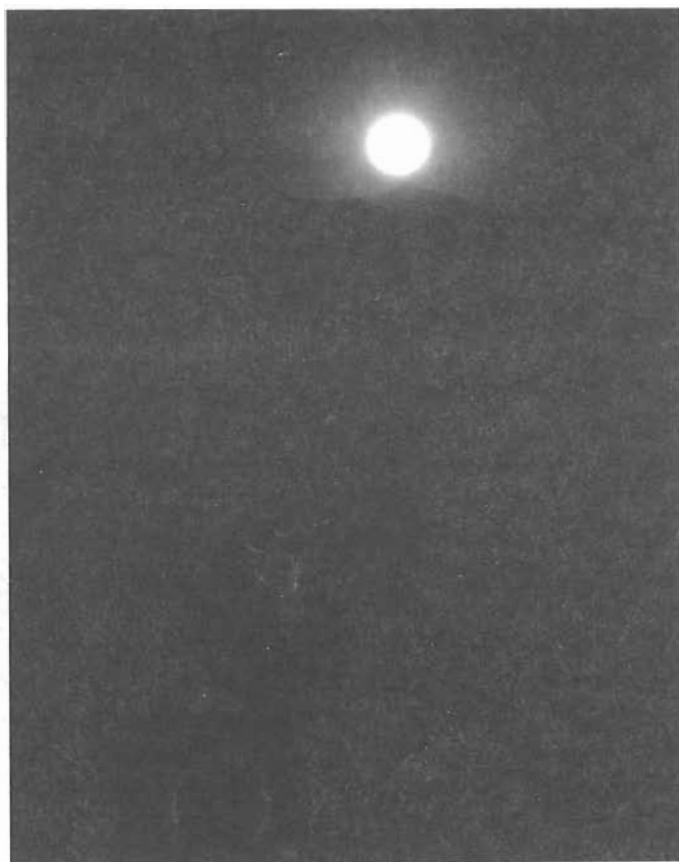


Figura 32. Conjunto D, Teotenango; salida del Sol el 20 de febrero de 1996, observada a lo largo del eje este-oeste de la sección "c" del Anexo.

Tabla 5.79

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE LAS ESTRUCTURAS 1A Y 1B DE TEOTENANGO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Mateo	70°56'	1°55'	18°33'	may 14, jul 31
C. La Corona	86°42'	2°16'	3°48'	mar 30, sep 13
C. ?	95°42'	1°51'	- 4°51'	mar 8, oct 5
C. Zempoala	105°46'	1°58'	-14°17'	feb 10, oct 31

Tabla 5.80

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE LAS ESTRUCTURAS 1A Y 1B DE TEOTENANGO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
V. Nevado de Toluca	271°01'	6°15'	2°58'	mar 27, sep 15

Tabla 5.81

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE LA ESTRUCTURA 2D DE TEOTENANGO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Mateo	71°27'	1°52'	18°03'	may 12, ago 2
C. La Corona	87°07'	2°12'	3°23'	mar 29, sep 14
C. ?	96°01'	1°46'	- 5°11'	mar 7, oct 6
C. Zempoala	105°56'	1°53'	-14°28'	feb 9, oct 31

Tabla 5.82

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE LA ESTRUCTURA 2D DE TEOTENANGO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
V. Nevado de Toluca	270°32'	6°19'	2°32'	mar 26, sep 16

Intervalos

Es probable que las Estructuras 1A y 1B estuvieran en uso simultáneamente, no sólo porque dominan plazas contiguas sino también por ser estilísticamente muy semejantes. Sus orientaciones difieren, pero los datos sobre el horizonte son prácticamente iguales para las dos, por lo que es posible que ambas funcionaran en un solo calendario observacional. Por otra parte, el horizonte es diferente al observarlo desde la Estructura 2D, situada a más de 350 m al oesnoroeste de la Estructura 1A; además, aunque tanto la Estructura 2D como las Estructuras

1A y 1B han sido fechadas en el periodo 3 Viento (*ca.* 900-1162 d.C.; Reyes 1975: 133s, 138, 143), estas últimas podrían ser algo más tempranas, considerando sus características arquitectónicas que recuerdan la combinación de talud y tablero. El hecho de que la actividad constructiva en el área del Conjunto D continúa intensamente durante el siguiente periodo 4 Fuego (*ca.* 1162-1476 d.C.; *ibid.*: 140, 143) también sugiere que el uso de este complejo arquitectónico fue algo posterior al de las Estructuras 1A y 1B. Por consiguiente, los intervalos señalados por los alineamientos en los dos complejos arquitectónicos se presentan en las tablas 5.83 y 5.84 por separado.

Discusión

Varios intervalos en las tablas 5.83 y 5.84 son, o se aproximan a, múltiplos de 13 y de 20 días, pero no es obvio cuáles fueron logrados intencionalmente. Por lo tanto, los esquemas de calendarios observacionales que podríamos reconstruir dependerían de los intervalos elegidos, de la posición del Sol respecto al horizonte considerada como relevante y de los azimuts exactos de las estructuras (particularmente de las Estructuras 1A y 1B, cuyas orientaciones no se pueden determinar con precisión).

Tabla 5.83

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN LAS ESTRUCTURAS 1A Y 1B DE TEOTENANGO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
12	E Estr. 1A - E Zempoala	55, 54	E Estr. 1B - E La Corona
14	E Estr. 1A - E C. ?	58, 59	E - W Estr. 1A
19, 18	E Estr. 1A - E Estr. 1B	65, 66	W Estr. 1B - E C. ?
19, 20	E C. ? - W Toluca	67, 66	E Mateo - E C. ?
21	W Estr. 1A - W Estr. 1B	70, 71	W Estr. 1A - E Zempoala
22	E La Corona - E C. ?	77	W Estr. 1A - E Estr. 1B
22, 23	W Estr. 1A - E La Corona	78	E - E Mateo
23, 21	W Estr. 1A - E Mateo	79, 80	E Estr. 1A - W Estr. 1B
25	W Estr. 1A - W Toluca	80	W - W Estr. 1B
26	E C. ? - E Zempoala	81, 80	E Estr. 1A - E Mateo
33, 32	E Estr. 1B - E C. ?	89	E - E Estr. 1B
33, 34	E Estr. 1A - W Toluca	93, 92	E Mateo - E Zempoala
36	E Estr. 1A - E La Corona	98	E - W Estr. 1B
43, 44	W Estr. 1B - E La Corona	100, 98	E Estr. 1B - E Mateo
44, 45	W Estr. 1A - E C. ?	102	E - E Zempoala
45, 44	E Mateo - E La Corona	122	W - W Estr. 1A
45, 46	E Zempoala - W Toluca	126	E - E Estr. 1A
46	W Estr. 1B - W Toluca	154	E - E C. ?
48, 46	E Mateo - W Toluca	167	E - E La Corona
48	E La Corona - E Zempoala	172	W - W Toluca
52	E Estr. 1B - W Toluca		

Tabla 5.84
INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS
EN LA ESTRUCTURA 2D DE TEOTENANGO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
10, 9	E Estr. 2D - E Zempoala	48	W Estr. 2D - E C. ?
16	E Estr. 2D - E C. ?	64	E - W Estr. 2D
18, 17	W Estr. 2D - E Mateo	66, 65	E Mateo - E C. ?
19, 20	E C. ? - W Toluca	74, 73	W Estr. 2D - E Zempoala
22	E La Corona - E C. ?	82, 81	E Estr. 2D - E Mateo
26, 25	E C. ? - E Zempoala	82	E - E Mateo
26	W Estr. 2D - E La Corona	92, 90	E Mateo - E Zempoala
29, 28	W Estr. 2D - W Toluca	101	E - E Zempoala
35, 36	E Estr. 2D - W Toluca	117	W - W Estr. 2D
38	E Estr. 2D - E La Corona	120	E - E Estr. 2D
44, 43	E Mateo - E La Corona	152	E - E C. ?
45	E Zempoala - W Toluca	169	E - E La Corona
47, 45	E Mateo - W Toluca	174	W - W Toluca
48, 47	E La Corona - E Zempoala		

El Conde, México

Ubicación

En Naucalpan, en la zona noroeste del área conurbada de la Ciudad de México; el sitio ocupa la manzana encerrada por las calles Texcoco, Ozumba, Acambay y Chalco, a unos 300 m al poniente del boulevard M. Avila Camacho (Anillo Periférico). $\lambda = 99^{\circ}13'50''$; $\varphi = 19^{\circ}28'11''$; asnm = 2 270 m.

Datos básicos sobre el sitio

La única estructura consiste en un gran basamento de planta rectangular, con una escalinata de acceso en el lado oriente (figura 33). Este edificio pertenece a las etapas tempranas del Posclásico Tardío (Gamio 1909; 1920), pero las excavaciones realizadas en los años setenta en la parte central de la plataforma superior develaron una subestructura piramidal de adobe, que estaba asociada a la cerámica Coyotlatelco y tenía la misma orientación que el basamento tardío (Carlos Navarrete: comunicación personal, septiembre de 1996).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.85 son válidas para el siglo IX d.C. La estructura está orientada hacia Monte Alto al poniente (figura 33).

Tabla 5.85

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE EL CONDE

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
única	99°18' ± 10'	⊕ 1°17' ± 5'	-8°26' ± 15'	feb 26, oct 14 ± 1 ^d	
	279°18' ± 10'	3°21' ± 5'	9°49' ± 15'	abr 14, ago 27 ± 1 ^d	Monte Alto
	8°19' ± 20'				

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.86 y 5.87 valen para el siglo IX d.C.

Tabla 5.86

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE EL CONDE

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
⊕ C. Tlamacas	81°23'	0°41'	8°14'	abr 10, sep 1
⊕ C. Tlálloc	96°42'	1°41'	-5°50'	mar 5, oct 7
⊕ C. Telapón	101°37'	1°38'	-10°28'	feb 21, oct 20

Tabla 5.87

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE EL CONDE

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. La Malinche	257°43'	4°23'	-10°06'	feb 21, oct 18
C. Ñango	284°33'	3°27'	14°48'	abr 29, ago 12
C. El Ocotillo	285°58'	3°43'	16°14'	may 4, ago 8

Intervalos

Véase tabla 5.88.

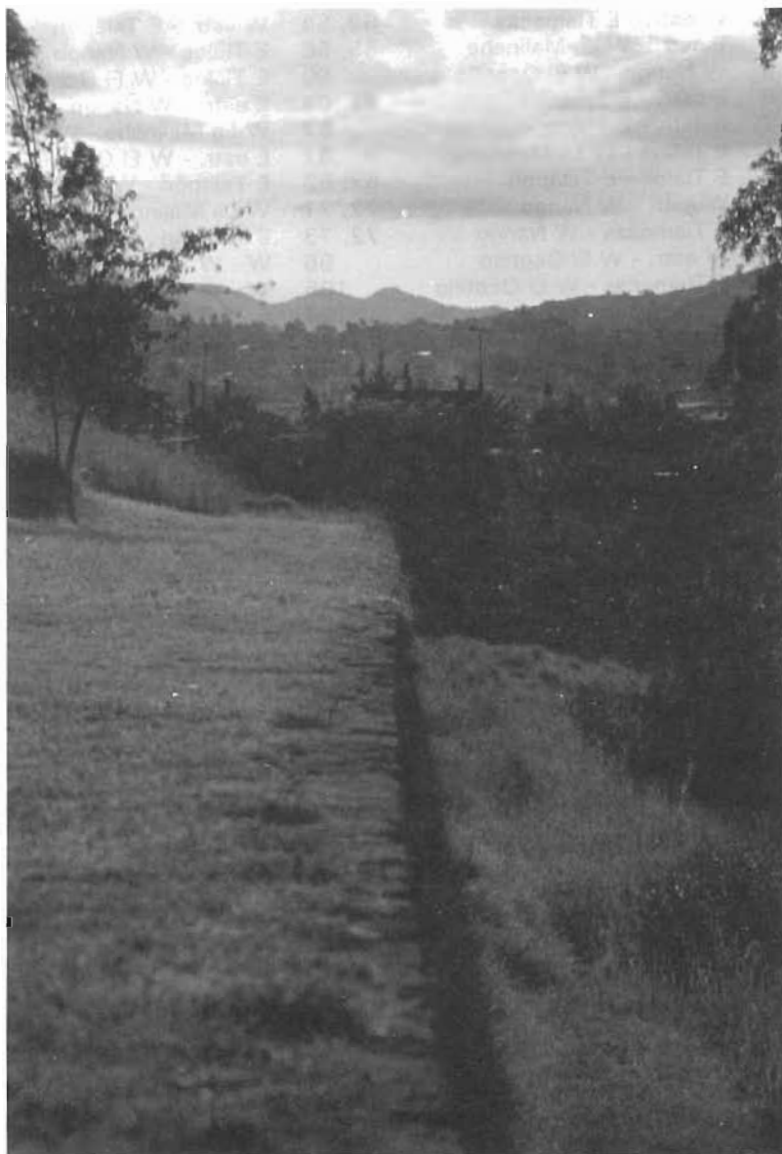


Figura 33. El Conde; vista hacia el poniente a lo largo del paramento norte de la estructura, alineado hacia el Monte Alto.

Tabla 5.88

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL CONDE

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
4, 5	W estr. - E Tlamacas	52, 54	W estr. - E Telapón
5, 4	E estr. - W La Malinche	55, 56	E Tlálloc - W Ñango
5, 4	W Ñango - W El Ocotillo	60	E Tlálloc - W El Ocotillo
5, 6	E estr. - E Telapón	62, 63	E estr. - W Ñango
7	E estr. - E Tlálloc	67	W La Malinche - W Ñango
12, 11	E Tlálloc - W La Malinche	67	E estr. - W El Ocotillo
12, 13	E Tlálloc - E Telapón	67, 69	E Telapón - W Ñango
15	W estr. - W Ñango	72, 71	W La Malinche - W El Ocotillo
19, 20	E Tlamacas - W Ñango	72, 73	E Telapón - W El Ocotillo
20, 19	W estr. - W El Ocotillo	96	W - W El Ocotillo
24, 25	E Tlamacas - W El Ocotillo	105	W - W Ñango
36	E Tlamacas - E Tlálloc	124	E - E Telapón
40, 41	W estr. - E Tlálloc	126	W - W La Malinche
43	E estr. - E Tlamacas	135	E - E estr.
48, 47	E Tlamacas - W La Malinche	135	W - W estr.
47, 48	E - W estr.	144	E - E Tlamacas
48, 49	E Tlamacas - E Telapón	149	E - E Tlálloc
52	W estr. - W La Malinche		

Tenayuca, México

Ubicación

Al suroeste del cerro El Tenayo, en el poblado San Bartolo Tenayuca, que actualmente forma parte de la zona norte del área conurbada de la Ciudad de México. $\lambda = 99^{\circ}10'06''$; $\varphi = 19^{\circ}31'52''$; asnm = 2 250 m (pirámide).

Datos básicos sobre el sitio

Tenayuca aparece en varios documentos prehispánicos y coloniales como importante centro de la población chichimeca. Datos históricos y arqueológicos sugieren que fue fundada alrededor del año 1200 d.C., cuando inicia el Posclásico Tardío. La primera etapa constructiva de la pirámide, que es el monumento principal del sitio, pertenece a esa época, pero durante los tres siglos posteriores fueron agregadas unas ocho superposiciones y ampliaciones, que conservan tanto la forma básica como la orientación de la primera estructura, caracterizándose cada una de las pirámides sobrepuestas por una doble escalinata del lado poniente (Ceballos 1935; Reygadas 1935; Palacios 1935a; Marquina 1935; 1964: 164-180).

Cabe notar que Caso (1935) relacionó el templo de Tenayuca con el culto solar. Por otra parte, Palacios (1935b), en su análisis de los signos grabados en las piedras que componen las escalinatas de la pirámide, concluye que muchos tienen un significado solar, en tanto que otros se relacionan con la tierra, la fertilidad y la "inteligencia cíclica o de tiempo" (*ibid.*: 289). La asociación de la estructura con el cómputo del tiempo se manifiesta también en las serpientes que forman una cintura al pie de la pirámide y las que adornan los taludes: los análisis de Marquina (1935: 84ss) y Palacios (1935c) develan que en su arreglo original eran frecuentes los grupos de 13 y 52, que son números calendáricos por excelencia. Es interesante señalar, además, que Palacios (1935b: 290) atribuyó la orientación de la pirámide hacia el poniente, indicada por la ubicación de las escalinatas, a los conceptos que vinculaban el oeste con el nacimiento y el crecimiento, la Luna, el pulque y el maíz: "Semejante orientación en Tenayuca, sobradamente confirma la naturaleza del culto adoratorio. El Sol y la diosa de la Agricultura, deidad intrínsecamente terrestre, fueron los númenes allí reverenciados" (Palacios 1935b: 290).

Orientaciones

La orientación de la pirámide fue determinada con base en las mediciones en las partes expuestas de las últimas tres etapas constructivas, por lo que las fechas en la tabla 5.89 son válidas para el siglo XV d.C. Tres pequeños altares o plataformas cuadrangulares que flanquean la pirámide por sus lados norte y sur poseen aproximadamente la misma orientación.

Tabla 5.89

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN TENAYUCA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
Pirámide y altares	106°27' ± 25'	1°41' ± 5'	-14°59' ± 30'	feb 8, nov 2 ± 1 ^d
laterales	286°27' ± 25'	1°36' ± 5'	15°57' ± 30'	may 4, ago 9 ± 1 ^d
	17°20' ± 1°			

Al medir a lo largo de la fachada poniente de la pirámide, Aveni (1991a: 355; Aveni y Gibbs 1976: 512) obtuvo el azimut de 17°42', citado también por Ponce de León (1982: 63, nota 48) y Tichy (1991: 99, 219). No obstante, en otro lugar Aveni (1975: 171, tabla 2) asigna al eje de la pirámide de Tenayuca tanto el azimut de 287°42' ± 30' como el de 286°27' ± 10', siendo este último idéntico al de la tabla

5.89. Según Ponce de León (1982: 65, lámina 15), las fechas de puesta del Sol correspondientes a la orientación son 7 de mayo y 5 de agosto. Galindo (1994: 152s) no proporciona datos sobre la orientación, pero menciona que la estructura señala las salidas del Sol en los días 7 de febrero y 4 de noviembre y las puestas del Sol el 6 de mayo y 7 de agosto.

La pirámide de Tenayuca fue uno de los primeros edificios prehispánicos de Mesoamérica cuyas orientaciones fueron medidas con precisión y sometidas a un escrutinio detallado. Marquina (1935: 81) menciona que, "aun cuando no es posible orientarla con exactitud, porque no existen líneas perfectamente rectas, en que basarse, hemos seguido los restos que se conservan con el mayor cuidado, [...] encontrando que la desviación con relación al meridiano astronómico es aproximadamente de 17° Noreste." Esta conclusión concuerda con los resultados de mis mediciones: aunque para los azimuts este-oeste obtuve la desviación de 16°27' en promedio, al sur del este, los azimuts norte-sur resultaron en el valor medio de 17°20' (tabla 5.89). No obstante el comentario de Marquina (*ibid.*), de que "no existen líneas perfectamente rectas", cabe señalar que el templo de Tenayuca es una de las estructuras prehispánicas mejor preservadas en el Altiplano Central; en varias partes de los taludes se conservan, inclusive, restos de aplanado. Aunque no se han encontrado vestigios de los santuarios superiores, cuyas orientaciones serían indudablemente las más relevantes, es indicativo que diversas líneas este-oeste, medidas a lo largo de los paramentos de la plataforma inferior y los taludes de los cuerpos sobrepuestos, son casi exactamente paralelas. Esta consistencia de los azimuts este-oeste sugiere que los cuerpos del basamento escalonado reproducen con bastante fidelidad la orientación originalmente intencionada del templo.

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.90 y 5.91 valen para finales del siglo XII d.C.

Según Ponce de León (1982: plano 1), el eje de la pirámide de Tenayuca prolongado hacia el oriente pasa por el cerro Tláloc. Galindo (1994: 152s) y Morante (1997: 118, 121) retoman el dato y agregan que el Sol sale en esta dirección en los días 7 de febrero y 4 de noviembre. En realidad, las fechas señaladas por el cerro Tláloc, pero no por la estructura, son 12 de febrero y 30 de octubre (figura 34).

Tabla 5.90

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE TENAYUCA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Tláloc	105°22'	1°57'	-13°52'	feb 12, oct 30
C. Chiquihuite	84°09' ± 10'	6°40' ± 5'	7°41' ± 10'	abr 10, sep 3
C. ?	75°45'	3°45'	14°37'	abr 30, ago 14

Tabla 5.91

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE TENAYUCA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. La Malinche	244°52'	2°47'	-22°38'	ene 5, dic 6

Intervalos

Véase tabla 5.92.

Tabla 5.92

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TENAYUCA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
4, 3	E estr. - E Tláloc	81, 82	W estr. - E Tláloc
4, 5	W estr. - E C. ?	85	E - W estr.
20	E C. ? - E Chiquihuite	95, 94	E Chiquihuite - W La Malinche
24, 25	W estr. - E Chiquihuite	97	W - W estr.
30	W - W La Malinche	98	E - E estr.
34	E estr. - W La Malinche	105	E - E Tláloc
38, 37	E Tláloc - W La Malinche	106	E - E C. ?
57	E Chiquihuite - E Tláloc	115, 114	E C. ? - W La Malinche
61, 60	E estr. - E Chiquihuite	119	W estr. - W La Malinche
77	E C. ? - E Tláloc	146	E - E Chiquihuite
81, 80	E estr. - E C. ?		

Discusión

En su estudio de la orientación de la estructura, Marquina y Ruiz (1932: 14) concluyen que "el eje EW de la pirámide señala con bastante precisión el lugar de la puesta del sol el día de su paso por el zenit del lugar." En los días cuando ocurre este fenómeno, la declinación del Sol equivale a la latitud geográfica del lugar. Como se



Figura 34. Salida del Sol sobre el cerro Tláloc el 30 de octubre de 1995, observada en lo alto de la pirámide de Tenayuca.

observa en la tabla 5.89, la declinación correspondiente al azimut de orientación de la pirámide hacia el oeste es menos de 16° , en tanto que la latitud de Tenayuca es $19^\circ 31' 52''$; la diferencia entre ambos valores es, por lo tanto, más de 3° . Marquina y Ruiz (1932: 14) llegan a un resultado comparable, aunque por otro camino: calculando el azimut del Sol en el horizonte poniente, en los días de su paso zenital en la latitud de Tenayuca, obtienen la desviación de $20^\circ 47'$ al norte del oeste. La diferencia entre este azimut, calculado para el horizonte astronómico ($h = 0^\circ$), y el que establecen para el eje de la pirámide es tan grande que la corrección por la altura del horizonte local –aunque importante en todo cálculo preciso– no tendría ningún efecto notable y relevante para su interpretación, por lo que, en este caso, podemos coincidir con su comentario de que “en el horizonte aparente determinado por montañas de poca altura, las variaciones son insignificantes” (*ibid.*: 14).

Hoy parece extraño que, a pesar de haber establecido la discrepancia mencionada, Marquina y Ruiz insistieron en que la pirámide de Tenayuca fue orientada hacia la puesta del Sol en los días de su tránsito zenital: la diferencia azimutal, aunque pueda parecer pequeña en el dibujo que anexaron a su estudio (*ibid.*: 13), es realmente muy grande y fácilmente perceptible a simple vista, ya que equivale a unos 7 día-

metros del disco solar.⁴² Puesto que ellos mismos (*ibid.*: 11) encontraron diversos edificios con la misma desviación de aproximadamente 17° al norte del poniente, no solamente en el Altiplano Central sino también en latitudes similares del norte de Yucatán, resulta difícil entender el que hayan atribuido los “pequeños errores” de orientación a “los errores originales al construir el monumento”, a “las destrucciones que sufrieron los monumentos” y a “las desviaciones de sus aristas por el peso excesivo de los escombros acumulados sobre ellos” (*ibid.*: 12): si la práctica de orientar los templos hacia la puesta del Sol en los días del paso zenital hubiese sido realmente común, como supusieron, tendríamos en el centro de México una concentración de orientaciones alrededor del azimut de aproximadamente 110°30' (20°30' al norte/sur del poniente/oriente); aceptando el margen de tolerancia de $\pm 3.5^\circ$ (a lo que nos obliga el ejemplo de Tenayuca), es obvio que las orientaciones imprecisas estarían distribuidas de *ambos* lados del valor exacto, es decir, abarcarían los azimuts entre unos 107° y 114° en el Altiplano Central, mientras que en latitudes algo mayores, como las del norte de la península de Yucatán, los azimuts serían aun más grandes. Sabemos que, en realidad, las orientaciones particularmente frecuentes, entre las que figura la de la pirámide de Tenayuca, están centradas en el azimut de aproximadamente 106° ($\pm 1^\circ$). Puesto que Marquina y Ruiz estaban conscientes de la frecuencia de estos azimuts, también deben haber notado que, curiosamente, todos eran considerablemente *menores* de los que corresponden a la puesta del Sol en los días de su tránsito zenital; si a pesar de ello los relacionaron con este evento, es muy probable que su forzada interpretación fuera influenciada por su propia época. En aquellos años, después de que Zelia Nuttall (1931; 1988) divulgó sus argumentos sobre la importancia del paso del Sol por el zenit entre los pobladores prehispánicos de la América tropical (*cf.* Aveni 1988: 443; 1991a: 54ss), debe haber sido común la opinión de que los días en que ocurría este fenómeno eran, junto con los solsticios y equinoccios, las únicas fechas solares que pudiesen haber sido significativas para los antiguos mesoamericanos. En vista de que ya se conocían algunas orientaciones que aparentemente eran solsticiales y equinocciales, parece que la puesta del Sol en los días del paso zenital quedaba como el único fenómeno viable con el que pudo relacionarse la desviación de aproximadamente 17° al norte del poniente, tan recurrente en la arquitectura mesoamericana.⁴³

⁴² Dicho de otra manera, la diferencia entre las fechas del paso del Sol por el zenit de Tenayuca y las que registra la orientación de la pirámide es de aproximadamente dos semanas.

⁴³ El artículo de Palacios (1932) sobre el principio del año y del siglo indígenas fue, al parecer, inspirado tanto por la interpretación que se daba a la orientación de la pirámide de Tenayuca como por la popularidad general de la idea sobre la importancia del paso zenital del Sol en el antiguo México.

Marquina y Ruiz (1932: 15ss) mencionaron también las coincidencias entre los puntos de ocaso del Sol en ciertas fechas significativas y las direcciones en las que se ocultaban, en la época más probable de la construcción de la pirámide de Tenayuca, algunas estrellas y constelaciones que, según los reportes coloniales, tenían importancia en el Altiplano Central prehispánico. Notaron que las Pléyades, Antares, Orión y Aldebarán marcaban los lugares donde se ponía el Sol en el solsticio de verano, el solsticio de invierno, los equinoccios y los días del paso del Sol por el zenit, respectivamente (*ibid.*: 17). Además de que también en este caso las correspondencias entre los eventos referidos son poco exactas (*cf. ibid.*: 13, dibujo; Dow; 1967: 332s), no hay pruebas de que hayan sido advertidas por los observadores prehispánicos.

También es necesario hacer un comentario acerca de las dos serpientes que acompañan los altares laterales –una situada al norte y la otra al sur de la pirámide– y que por su tocado fueron interpretadas como serpientes de tipo *xiuhcōatl*, relacionadas con el Sol. Según Caso (1935: 295ss) y Marquina (1964: 175), la serpiente del lado norte señala con su cabeza la dirección hacia la puesta del Sol en el solsticio de verano, en tanto que la del lado sur mira hacia el ocaso del Sol en el solsticio de invierno. En cambio, Galindo (1994: 153) asienta que la serpiente norte incorpora la dirección solsticial, pero la del lado sur no parece indicar ninguna alineación astronómicamente importante. Las cabezas de las serpientes fueron encontradas en los escombros y posteriormente colocadas en su lugar, por lo que la restauración, advierte Caso (1935: 296), no puede considerarse como astronómicamente exacta. Tanto los azimuts proporcionados por Caso como mis propias mediciones revelan que las correspondencias entre la orientación de las cabezas y los fenómenos referidos son, efectivamente, muy aproximadas, por lo que la intencionalidad de estos alineamientos queda en duda.

Caso (*ibid.*: 296) observó, además, que los alineamientos entre las serpientes y algunas esquinas de la pirámide señalan las puestas de algunas estrellas brillantes, pero por falta de datos comparables de otros sitios, de nuevo, no es posible comprobar que estas correspondencias fueran intencionales.

Ponce de León (1991: 427ss, plano 12) describe otro fenómeno que pudo haberse observado en Tenayuca. Según sus mediciones, las escalinatas de la quinta y séptima etapa constructiva de la pirámide, que son las que fueron encontradas en el mejor estado de conservación, pre-

En un breve artículo publicado en 1976, Marquina atribuyó al eje de la pirámide de Tenayuca el azimut de 19° al norte del poniente, comentando que pudo “observar que el día que éste [el Sol] pasó por el cenit, se ocultó exactamente en frente y en dirección del eje principal del monumento” (Marquina 1976: 59). El autor pudo tener esta impresión si observaba sobre la pirámide de la quinta fase, cuya escalinata está desviada unos 19°52' al norte del poniente, considerablemente más que los cuerpos del edificio (*cf.* tabla 5.89).

sentan la inclinación sobre el plano horizontal de 43.14° en promedio, y la orientación de aproximadamente 17.5° , por lo que en los días cercanos a los equinoccios los rayos solares se hacen rasantes a las escaleras y alfardas precisamente cuando el Sol cruza el plano vertical que contiene el eje este-oeste de las escalinatas. De acuerdo con mis propias mediciones, el ángulo de la pendiente dado por Ponce de León corresponde a la escalera de la séptima etapa, cuyas alfardas centrales tienen el azimut medio de $106^\circ 50'$; para que el Sol tenga la altura equivalente a la inclinación de la escalinata y, al mismo tiempo, que su azimut coincida con el de las alfardas –es decir, para que, en el momento cuando sus rayos pasen rasando por la escalinata, el Sol esté en su eje, indicado por las alfardas–, su declinación debe ser $1^\circ 41'$, lo que ocurre unos 4 días después/antes del equinoccio de primavera/otoño. La disposición de la escalinata de la quinta fase es algo diferente. El azimut medio de las alfardas centrales, resultante de las mediciones a lo largo de sus aristas, es $109^\circ 52'$ y su pendiente aproximadamente $45^\circ 47'$; para que el Sol tenga el mismo azimut y la misma altura, su declinación debe ser $0^\circ 56'$, lo que sucede 2 días después/antes del equinoccio de primavera/otoño, es decir, en los días que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro partes iguales. Es posible que esta disposición de la escalera fuera intencional, considerando que Ponce de León (1991: 420ss) encuentra varios edificios prehispánicos en que el azimut y la pendiente de la escalinata corresponden a la declinación del Sol en estas fechas.

El fenómeno de “Sol rasante” no es muy vistoso, salvo que hubiera ciertos elementos arquitectónicos que produjeran efectos de luz y sombra, como los que describe Ponce de León (1991: 422ss, planos 7 y 8) en relación con la Pirámide del Sol en Teotihuacan. Para la pirámide de Tenayuca podemos suponer que tales efectos fueron logrados mediante las mismas alfardas que en sus extremos superiores cambian de pendiente, volviéndose casi verticales. Siempre que el Sol está al oriente de la pirámide, estas partes salientes arrojan sus sombras hacia el poniente, pero en determinados días el Sol, al alcanzar la altura igual a la inclinación de la escalinata, se encuentra a lo largo del eje de las alfardas, por lo que las sombras de los voladizos, alineándose con las alfardas y cayendo sobre el piso frente a la escalinata, forman rectángulos que parecen ser prolongaciones de las alfardas.

La orientación y la inclinación de la escalinata de la quinta etapa constructiva, que es la mejor conservada, sugieren que las fechas en que se pretendía lograr el juego de luz y sombra eran los llamados días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre, $\pm 1^d$). La declinación del Sol calculada con base en los datos disponibles acerca de la escalinata de la séptima época (que coincide con la sexta) no corresponde exactamente a estas fechas, pero hay que advertir que actualmente



Figura 35. Salida del Sol sobre el cerro al noreste del cerro Chiquihuite el 30 de abril de 1995, observada en lo alto de la pirámide de Tenayuca.

se conserva sólo la parte inferior de esta escalinata, por lo que los resultados de las mediciones no necesariamente reproducen la situación original con exactitud. Parece indicativo, sin embargo, que tanto el azimut medio como la inclinación de las alfardas son notablemente menores en la séptima etapa que en la quinta. Las alfardas y los escalones de esta última están considerablemente desviados respecto al eje este-oeste de la estructura, en el sentido de las manecillas de reloj, en tanto que en la escalinata de la séptima época los escalones son casi perpendiculares a las alfardas, cuyo azimut medio prácticamente coincide con el del eje de la estructura (*cf.* planos en Marquina 1935; 1964: 169, láminas 49, 51).⁴⁴ Si suponemos que estos cambios de orientación en la escalinata más tardía, debidos tal vez a la intención de lograr mayor regularidad en la planta de la estructura (líneas más paralelas y perpendiculares), fueron acompañados por el deseo de mantener su función astronómica –es decir, los juegos de luz y sombra en las mismas fechas que señalaba la escalinata de la construcción anterior–, la solución hubiera consistido en darle a la nueva escalinata una pendiente menor; y esto es precisamente lo que encontramos.

Aunque este cuadro reconstructivo parece verosímil, son necesarias algunas advertencias. Para la estructura más tardía no es posible comprobar que haya producido los efectos descritos en las fechas mencionadas, puesto que la mayor parte de la escalinata ya no existe. Las alfardas de la quinta etapa, a su vez, no son exactamente paralelas entre sí: mientras que la alfarda norte ni siquiera es confiable para nuestras consideraciones, ya que se encontró bastante destruida (Reygadas 1935: 65, fotos 7-9, 12) y fue restaurada posteriormente, los azimuts de las aristas norte y sur de la doble alfarda central difieren, pero la arista sur es paralela a la arista norte de la alfarda sur. Estas irregularidades sugieren que los juegos de luz y sombra, si es que fueron logrados deliberadamente mediante la disposición adecuada de elementos arquitectónicos, no marcaban las fechas con mucha precisión, pero podían ser observados como hierofanías solares que revestían de carácter mítico y simbólico ciertas fechas tradicionalmente significativas. El hecho de que se encontraron diversas estructuras en cuyas escaleras pudo observarse el “descenso del astro rey” en los días de cuarto del año (Ponce de León 1991: 420ss, 437) aumenta la probabilidad de que también esta consideración astronómica era importante en el diseño geométrico y la construcción de ciertos edificios ceremoniales en Mesoamérica.

⁴⁴ Los azimuts medios del eje este-oeste de la estructura, de las alfardas y de los escalones de la quinta etapa son 106°38', 109°52' y 18°10', respectivamente. Los azimuts medios de los escalones y alfardas de la séptima etapa son 17° y 106°50', respectivamente.

Parece difícil atribuir a la casualidad el hecho de que el cerro Tláloc, visible en el horizonte este de Tenayuca, hacia el sur del contorno del cerro Chiquihuite, señala las salidas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre (figura 34), que dividen el año en intervalos de 105 y 260 días; además, las fechas 30 de abril y 14 de agosto, que dividen el año en aproximadamente los mismos intervalos, son marcadas por otro cerro, ubicado al noreste del Chiquihuite (figura 35; nombre desconocido; $\lambda = 99^{\circ}06'31''$; $\phi = 19^{\circ}32'44''$; $asnm = 2\,680$ m). El caso merece ser examinado detenidamente, por lo que veamos algunos detalles.

Las declinaciones que corresponden a los dos alineamientos y en las que se basan las fechas citadas, determinadas para la época alrededor del año 1200 d.C., fueron calculadas, como en todos los casos, para el centro del disco solar sobre el horizonte. Pero también es posible que el momento más importante para los observadores fuera cuando el disco solar tocaba el horizonte con su limbo inferior; en este caso los mismos azimuts requieren declinaciones algo mayores, por lo que también pueden cambiar las fechas correspondientes (véase capítulo 3, "Procedimientos de cálculo" y 4, "Técnicas de observación"). Para que el Sol, observado desde la pirámide de Tenayuca, sea visible exactamente encima del cerro Tláloc, tocando con su limbo inferior la cumbre del monte, debe tener la declinación de $-13^{\circ}46'$, es decir, $6'$ mayor de la requerida para que el cerro Tláloc esté alineado con el centro del disco solar. La misma diferencia se observa en relación con el otro cerro, con el que el Sol se alinea, tocándolo tangencialmente, cuando tiene la declinación de $14^{\circ}43'$ (figura 36; *cf.* valores en la tabla 5.90, válidos para el centro del disco solar alineado con uno y otro cerro).

En la tabla 5.93 se presentan las fechas gregorianas, en un periodo de cuatro años cerca de 1200 d.C., en las que el Sol, a la hora de su salida, tenía las declinaciones requeridas para que el centro del disco solar o el limbo inferior estuviera alineado con el cerro Tláloc y la prominencia al noreste del Chiquihuite (en otros periodos de 4 años en la misma época –es decir, relativamente cercanos al año 1200– los patrones de declinaciones serían comparables). Los comentarios a la derecha de las declinaciones indican cuál fue el fenómeno que pudo ser observado en la fecha correspondiente: dependiendo de la declinación del Sol en el momento de su salida, pudo observarse el "Sol central" y/o "tangencial". La fecha de cada fenómeno ha sido determinada al comparar la declinación del Sol en el momento de su salida con la que es requerida, según se acaba de argumentar, para que el Sol se encuentre en la posición central o tangencial: el día más idóneo para poder observar uno u otro evento era aquel en que la declinación del Sol en el momento de su orto se aproximaba más al valor ideal calculado con base en los datos sobre el alineamiento. En varias ocasiones una misma fecha correspondía a ambos eventos. Por otra parte, a ve-

ces no es posible establecer el día más exacto del fenómeno: nótese, por ejemplo, que en el año 1198 las declinaciones del Sol en las mañanas del 13 y 14 de agosto fueron $14^{\circ}52'$ y $14^{\circ}34'$, respectivamente; puesto que cada uno de los valores difiere $9'$ de la declinación $14^{\circ}43'$, requerida para que el Sol se alineara tangencialmente con el cerro correspondiente, el evento ocurrió con la misma inexactitud en ambos días: mientras que en el 13 de agosto pudo verse un poco a la izquierda del cerro, el día siguiente salió con la misma (aunque pequeña) distancia hacia su derecha. Con el propósito de hacer evidente la razón por la que se han determinado las fechas de los eventos indicados, también se presentan algunas declinaciones en las fechas "vecinas", en las que no se podía observar ningún fenómeno.

Si resumimos los datos citados en la tabla 5.93, el centro del disco solar pudo verse alineado con la cumbre del cerro Tláloc en las fechas citadas en la tabla 5.94. Como se observa, los intervalos entre las fechas consecutivas, a partir del 12 de febrero de 1195, son: 260, 105, 260 (año bisiesto), 105, 261, 104, 261 y 105 días. Ahora bien, la tabla 5.95 presenta las fechas en que el Sol pudo verse en la posición tangencial sobre la cumbre del cerro Tláloc. En este caso podemos observar cuatro intervalos de exactamente 260 días, tres de 105 días y uno de 106 días.

Si hacemos el mismo resumen para el otro cerro, resulta que éste pudo verse alineado con el centro del disco solar en las fechas citadas en la tabla 5.96. En cambio, el Sol salió colocado tangencialmente sobre el mismo cerro en los días que se citan en la tabla 5.97. También en el caso de este cerro observamos que las fechas señaladas por el limbo inferior del disco solar marcan intervalos que se aproximan más a 105 y 260 días que los intervalos entre las fechas registradas por el Sol central. Es probable, por lo tanto, que las fechas claves del calendario observacional de Tenayuca eran señaladas por las posiciones tangenciales del Sol sobre el horizonte a lo largo de los alineamientos. Las fechas que marcaba el cerro Tláloc nos hacen pensar en que era particularmente importante el intervalo de 260 días, ya que se presenta cuatro veces en el lapso de cuatro años; recordemos que los eventos separados por el intervalo de 260 días ocurrían en las mismas fechas de *tonalpohualli*. Si el mismo intervalo pretendía lograrse también mediante el alineamiento hacia el otro cerro, la explicación más probable de las pequeñas discrepancias que se observan es la siguiente.

El azimut hacia el cerro al noreste del Chiquihuite fue medido desde la parte más alta de la pirámide, que corresponde a la plataforma superior de la quinta etapa constructiva. Asumiendo que los alineamientos hacia este cerro y el monte Tláloc fueron intencionales –es decir, que el lugar para la construcción de la pirámide fue seleccionado con premeditación, habiéndose buscado el punto del que las direcciones hacia dos marcado-

res naturales en el horizonte este coincidieran con los puntos de salida del Sol en las fechas significativas-, es obvio que las observaciones motivadas por este objetivo fueron realizadas en el nivel del terreno natural.

Tabla 5.93

FECHAS, DECLINACIONES DEL SOL (δ_{\odot}) Y FENÓMENOS SEÑALADOS POR DOS PROMINENCIAS DEL HORIZONTE ESTE DE TENAYUCA, PARA UN PERIODO DE 4 AÑOS A FINALES DEL SIGLO XII D.C.

<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	δ_{\odot}	<i>Fenómeno observable</i>
1195	feb 11	-14°05'	
	feb 12	-13°45'	Sol central; Sol tangencial
	abr 29	14°20'	
	abr 30	14°39'	Sol central; Sol tangencial
	ago 13	14°57'	
	ago 14	14°39'	Sol central; Sol tangencial
	oct 30	-13°48'	Sol central; Sol tangencial
	oct 31	-14°07'	
1196	feb 12	-13°50'	Sol central; Sol tangencial
	abr 29	14°35'	Sol central; Sol tangencial
	abr 30	14°53'	
	ago 13	14°43'	Sol central; Sol tangencial
	oct 29	-13°43'	Sol central; Sol tangencial
	oct 30	-14°03'	
1197	feb 11	-13°55'	Sol central; Sol tangencial
	feb 12	-13°35'	
	abr 29	14°30'	Sol central
	abr 30	14°48'	Sol tangencial
	ago 13	14°48'	Sol tangencial
	ago 14	14°29'	Sol central
	oct 29	-13°38'	Sol tangencial
	oct 30	-13°58'	Sol central
1198	feb 11	-14°00'	Sol central
	feb 12	-13°40'	Sol tangencial
	abr 30	14°44'	Sol central; Sol tangencial
	ago 13	14°52'	Sol tangencial?
	ago 14	14°34'	Sol central; Sol tangencial?
	oct 30	-13°53'	Sol central; Sol tangencial
1199	feb 12	-13°44'	Sol central; Sol tangencial
	abr 30	14°40'	Sol central; Sol tangencial
	.	.	.
	.	.	.

Considerando que la parte alta de la estructura, tal como se preserva actualmente, se eleva unos 16 m encima del terreno circundante, el cerro en cuestión, como visto desde abajo, tendría la altura aparente de unos 3°54'. La diferencia de 9' respecto a la altura de 3°45', medida desde la parte más elevada de la pirámide (tabla 5.90), se debe a que el cerro ubicado al noreste del Chiquihuite está relativamente cerca, a menos de 6.5 km de distancia. La considerablemente mayor altura del cerro observado desde el nivel del terreno natural resulta en que el mismo azimut corresponde a la declinación de 14°41' para el Sol central, y 14°46' para el Sol tangencial (figuras 36 y 37). La consecuencia es que las fechas de los eventos solares cambian: si consultamos, nuevamente, las declinaciones en la tabla 5.93, encontramos que el Sol, observado desde el lugar donde se iba a construir la pirámide, salía alineado con su limbo inferior con el cerro en las fechas que se presentan en la tabla 5.98.

Tablas 5.94 y 5.95

FECHAS REGISTRADAS POR EL CENTRO DEL DISCO SOLAR (TABLA 5.94) Y EL LIMBO INFERIOR DEL DISCO SOLAR (TABLA 5.95) ALINEADO CON EL CERRO TLÁLOC, E INTERVALOS INTERMEDIOS, PARA UN PERIODO DE 4 AÑOS A FINALES DEL SIGLO XII D.C.

Tabla 5.94			Tabla 5.95		
<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>
1195	feb 12	260	1195	feb 12	260
	oct 30			oct 30	
1196	feb 12	260	1196	feb 12	260
	oct 29			oct 29	
1197	feb 11	261	1197	feb 11	260
	oct 30			oct 29	
1198	feb 11	261	1198	feb 12	260
	oct 30			oct 30	
1199	feb 12	105	1199	feb 12	105
	.			.	

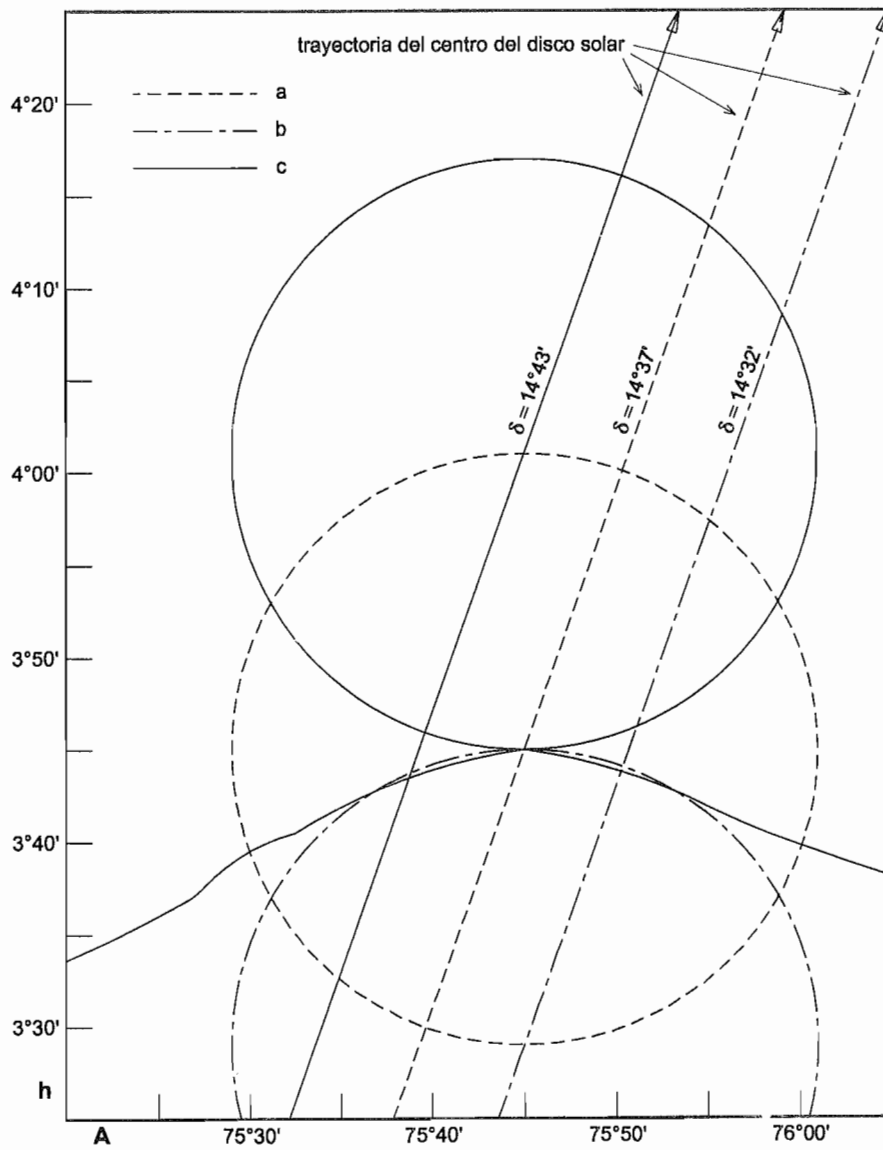


Figura 36. Distintas posiciones del disco solar con relación a la cumbre del cerro al noreste del Chiquihuite, observadas desde la pirámide de Tenayuca (en el centro de la plataforma superior). Nótese las diferentes declinaciones del Sol al observar el centro del disco solar (a), el limbo superior (b) y el limbo inferior (c) alineado con la cumbre del cerro.

Tablas 5.96 y 5.97

FECHAS REGISTRADAS POR EL CENTRO DEL DISCO SOLAR (TABLA 5.96) Y EL LIMBO INFERIOR DEL DISCO SOLAR (TABLA 5.97) ALINEADO CON EL CERRO AL NORESTE DEL CHIQUIHUIITE, E INTERVALOS INTERMEDIOS, PARA UN PERIODO DE 4 AÑOS A FINALES DEL SIGLO XII D.C.

Tabla 5.96

<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>
1195	abr 30	106
	ago 14	
1196	abr 29	106
	ago 13	
1197	abr 29	107
	ago 14	
1198	abr 30	106
	ago 14	
1199	abr 30	259
:	:	:
:	:	:

Tabla 5.97

<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>
1195	abr 30	106
	ago 14	
1196	abr 29	106
	ago 13	
1197	abr 30	105
	ago 13	
1198	abr 30	105-106
	ago 13-14	
1199	abr 30	259-260
:	:	:
:	:	:

Tabla 5.98

FECHAS REGISTRADAS POR EL LIMBO INFERIOR DEL DISCO SOLAR ALINEADO CON EL CERRO AL NORESTE DEL CHIQUIHUIITE, E INTERVALOS INTERMEDIOS, PARA UN PERIODO DE 4 AÑOS A FINALES DEL SIGLO XII D.C., OBSERVANDO AL NIVEL DEL TERRENO NATURAL.

<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>
1195	abr 30	106
	ago 14	
1196	abr 30	105
	ago 13	
1197	abr 30	105
	ago 13	
1198	abr 30	105
	ago 13	
1199	abr 30	260
:	:	:
:	:	:

Podemos notar que en un lapso de cuatro años el intervalo de 260 días aparece cuatro veces; algún desfase o cambio en la duración del intervalo se habría producido sólo de vez en cuando, durante muchos años de observación, y fueron precisamente estas variaciones ocasionales las que pudieron haberles permitido a los sacerdotes-astrónomos seguir el curso del año trópico (de 365.2422 días) y detectar los desfases de su calendario oficial (de 365 días) con mucha precisión.

La pregunta que nos queda es: ¿de dónde observaban los sacerdotes de Tenayuca, después de haberse construido la pirámide? La plataforma superior, donde se encontraban los dos santuarios, hoy desaparecidos, parecería ser el lugar más indicado, pero si el cerro al noreste, por haberse disminuido su altura, ya no señalaba con precisión las fechas y los intervalos importantes, ¿cómo pudo haberse resuelto el problema?

La misma secuencia constructiva de la pirámide, arqueológicamente explorada, parece ser el vestigio material de la solución que encontraron los observadores del cielo de Tenayuca.

La pirámide de la primera época tenía la altura de unos 8 m (Marquina 1964: 168). Es probable que los encargados de las observaciones astronómicas, al haberse construido el primer templo, se percataron del hecho de que no cualquier punto sobre la plataforma superior era igualmente apropiado para observar las salidas del Sol sobre el cerro hacia el noreste en las fechas significativas, por las que se había elegido el lugar para la construcción del edificio; el Sol, colocado tangencialmente sobre el cerro, marcaba las fechas con mayor precisión si se observaba desde la parte sur de la plataforma superior, donde se elevaba –como en general en los templos dobles de este tipo– el santuario del dios solar (López Luján 1993: 68s, nota 11). Observando desde esta área, la declinación del Sol requerida para que saliera tangencialmente sobre el cerro era igual a la que correspondía al punto de observación colocado en el piso, unos metros hacia el norte: la disminuida altura del cerro observado desde la plataforma se compensaba con un menor azimut que tenía el mismo cerro, visto desde un punto desplazado hacia el lado sur de la plataforma (figura 37).

Esta reconstrucción de la posible práctica observacional puede parecer conjetural; pero hay datos arqueológicos que la apoyan. Marquina (1964: 168) hace notar que “no coinciden los ejes de las estructuras superpuestas, sino que se van desalojando sensiblemente hacia el sur.” Como dice el mismo autor en otro lugar: el templo superior norte quedaba siempre en el mismo lugar (visto de planta), en tanto que el templo sur en cada etapa sucesiva fue desplazado más hacia el sur (Marquina 1935: 98; 1964: láminas 49, 50). Es precisamente este hecho, constatado arqueológicamente y presentado en los dibujos reconstructivos de

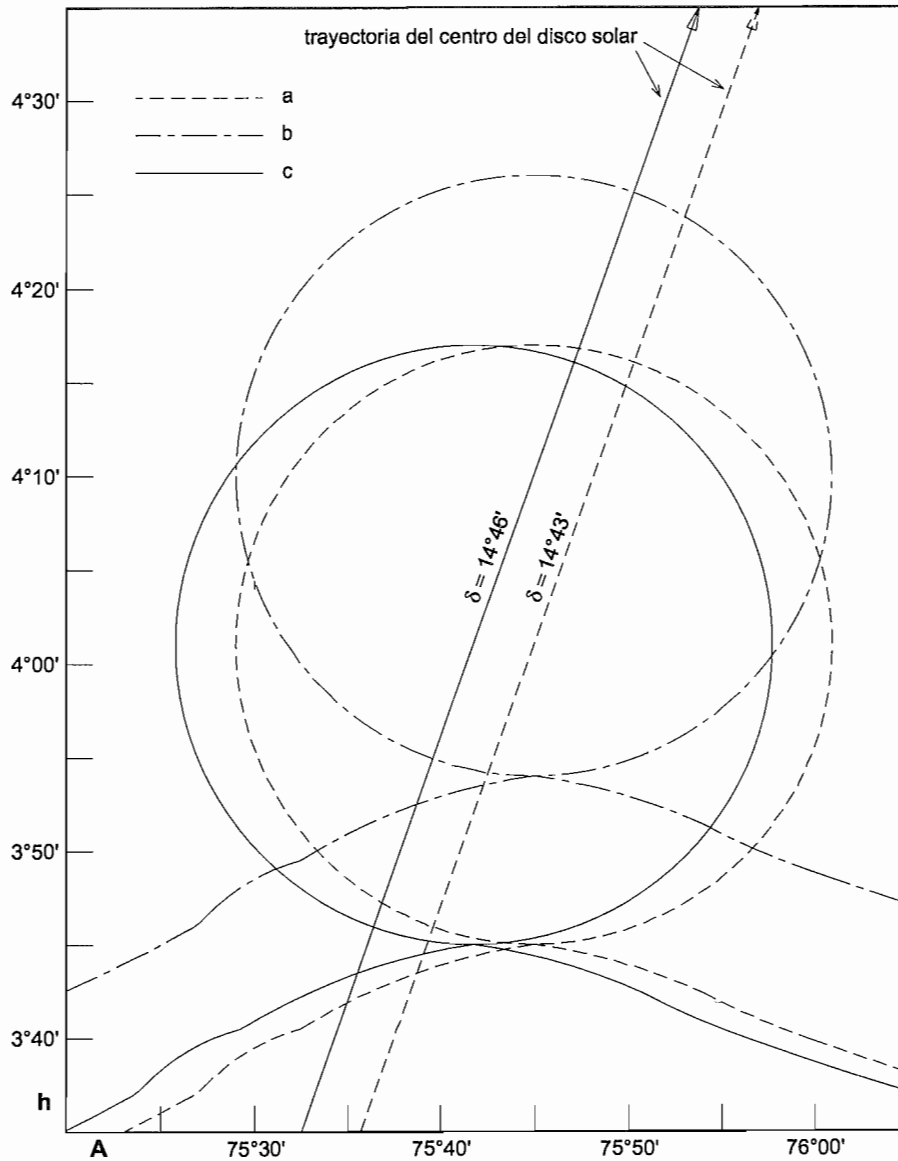


Figura 37. El limbo inferior del disco solar alineado con la cúspide del cerro al noreste del Chiquihuite, observado desde el centro de la plataforma superior de la pirámide de Tenayuca (a), desde el centro de la base de la pirámide al nivel del terreno natural (b), y desde el extremo sur de la plataforma superior (c). Nótese que el Sol tiene en los casos (b) y (c) la misma declinación.

Marquina (*ibid.*) –sin que se le hubiese dado explicación alguna– el que habla a favor de la proposición de que el cerro al noreste era un marcador importante en el calendario de horizonte y que las observaciones se hacían desde el área del santuario sur: para poder seguir observando los mismos eventos solares en las fechas separadas por intervalos ideales, era necesario, al aumentar la altura de la pirámide, desplazar el punto de observación hacia el sur (figura 38).

Cabe agregar que el azimut hacia el cerro en cuestión ($75^{\circ}45'$), citado en la tabla 5.90, fue medido aproximadamente desde el centro de la plataforma superior, cerca de la escalinata. Cuando se desplaza el observador hacia el lado sur, el azimut disminuye unos $3'$, por lo que la declinación correspondiente del Sol aumenta, volviéndose $14^{\circ}40'$ para el Sol central y $14^{\circ}46'$ para la posición tangencial del disco solar sobre el cerro. Esta última declinación es igual a la que fue calculada para el azimut de $75^{\circ}45'$ y la altura del cerro de $3^{\circ}54'$, es decir, para los valores que corresponden al observador situado en el centro de la pirámide, pero al nivel del terreno sobre el que se eleva la construcción (figura 37).

El desplazamiento de los santuarios meridionales hacia el sur, detectado en las construcciones superpuestas sucesivas (figura 38), ha de relacionarse solamente con el cerro que marcaba las salidas del Sol en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, ya que el cerro Tláloc, que señalaba otro par de fechas importantes, está tan lejos (casi 50 km) que al desplazar el punto de observación unos metros en cualquier dirección ni el azimut ni la altura del monte cambian perceptiblemente. En el caso de que también el alineamiento hacia la parte más alta del cerro Chiquihuite, en su lado norte, jugara algún papel en el esquema calendárico observacional (las fechas correspondientes son 10 de abril y 3 de septiembre, 20-21 días antes/después de 30 de abril/13 de agosto; véase tabla 5.90), los desplazamientos de los templos sur servirían también para mantener las fechas que señalaba este cerro. No obstante, el Chiquihuite no es un marcador muy preciso, ya que se eleva a tan sólo 4 km de distancia y, además, no cuenta con una cumbre pronunciada. Actualmente hay construcciones modernas en la parte más alta del Chiquihuite, por lo que no es posible determinar con seguridad el punto que originalmente fue el más alto y que, quizás, servía como marcador astronómico.

La orientación de la pirámide de Tenayuca y los alineamientos hacia el cerro Tláloc y la prominencia al noreste del Chiquihuite parecen pertenecer a los dos grupos de alineamientos de la familia de 17° (véase capítulo 4): si el azimut de la orientación intencionada de la pirámide era unos minutos menor del que aparece en la tabla 5.89, el calendario observacional pudo haber sido tal como se reconstruye en la tabla 4.1.

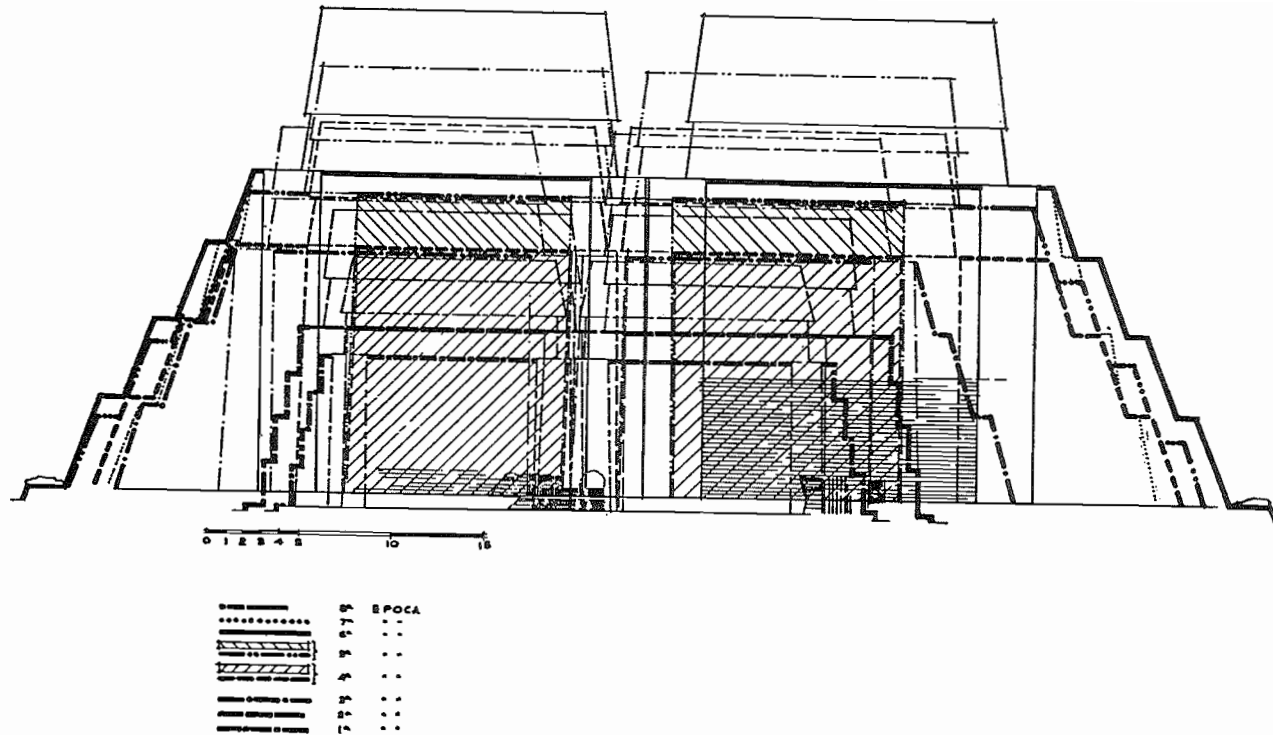


Figura 38. Sección transversal de la pirámide de Tenayuca; vista hacia el oriente (según Marquina 1964: 167, lám. 50).
 Nótese el cambio de posición de los santuarios sur en las sucesivas etapas constructivas.

Huexotla, México

Ubicación

Los restos de arquitectura y otros vestigios arqueológicos de la ciudad prehispánica de Huexotla abarcan un área bastante grande, extendiéndose desde las porciones sur de los poblados modernos de San Mateo y San Luis Huexotla, localizados al sur de Texcoco, a los campos de cultivo hacia el sur y sureste. $\lambda = 98^{\circ}52'20''$; $\varphi = 19^{\circ}28'30''$; asnm = 2 270 m (grupo Santa María).

Datos básicos sobre el sitio

Huexotla (sitio Tx-A-87 de Parsons 1971: 136-139) fue, según lo atestiguan las fuentes históricas y lo comprueban tanto la extensión del sitio como la naturaleza de los vestigios arqueológicos, un centro regional muy importante durante el Posclásico Tardío, pero sus inicios probablemente se remontan a las últimas etapas del Posclásico Temprano (Parsons 1971: 136-139, 376-379, figs. 27-30, láminas 48-50; Noguera 1972: 85s; García García 1987).

Las mediciones de las orientaciones fueron efectuadas en las estructuras tradicionalmente conocidas entre los lugareños como El Circular, Santa María, La Comunidad y San Marcos (García García 1987: 78ss); las primeras tres corresponden a los tlateles 43, 34 y 20, respectivamente, de Parsons (1971: 137s, 376-378, fig. 29, láminas 48b, 49a, 50a). Se trata, mejor dicho, de conjuntos arquitectónicos que se componen normalmente de varias estructuras superpuestas o adyacentes. El edificio principal de El Circular, ubicado al sureste del poblado y conocido localmente también como Palmilla o Kiosco de las Estrellas, es un templo de planta redonda construido en dos etapas cuyas escalinatas dan hacia el oriente. Las características formales de la estructura revelan su asociación con el culto de Ehécatl-Quetzalcóatl, apoyada también por algunos detalles del contexto arqueológico (Batres 1904: 6, 15; Pollock 1936: 147, 159ss, Tabla 5; Šprajc 1993a: 48s; 1993c: 274; 1996a: 79ss). Anexado al Circular por su lado suroeste se encuentra un edificio explorado recientemente, de planta aproximadamente rectangular, con la escalinata de acceso hacia el oriente; según se observa en el campo, es contemporáneo de la subestructura del templo redondo, con la que comparte también la orientación. El grupo Santa María, situado en la orilla sur del poblado moderno, consta de tres edificios; las estructuras A y B son dos fases superpuestas de un templo piramidal, cuyas escalinatas miran hacia el poniente. La Comunidad, estructura localizada inmediatamente al noreste del grupo Santa María, parece haber sido

un edificio administrativo o tal vez una residencia de alto rango, también con el acceso hacia el poniente, mientras que la función de San Marcos, que se ubica en los campos de cultivo al sur del poblado actual, es menos clara, aunque no cabe duda que, en términos generales, también debe haber sido de carácter cívico-ceremonial.

Según García García (1987: 80s, 100s), el Edificio A de Santa María y la subestructura de El Circular pertenecen a la primera época de Huexotla, caracterizada por la cerámica Azteca Temprana (ca. 1150-1350 d.C.), en tanto que las demás estructuras fueron construidas en tiempos posteriores.

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.99 valen para el siglo XV d.C., salvo las que corresponden al Edificio A de Santa María y que son válidas para el siglo XII d.C.

La orientación de la subestructura del Templo de Ehécatl (El Circular), determinada con base en las mediciones a lo largo de la alfarda norte de la escalinata, expuesta entre las dos alfardas de la segunda fase, coincide con la orientación del edificio contemporáneo anexo, ya que el paramento sur y las alfardas de la escalinata de este último son paralelos, en tanto que las líneas norte-sur –incluyendo los escalones en el lado oriente– son perpendiculares a la alfarda de la subestructura del templo circular. El paramento norte del Anexo no es paralelo a su talud sur, pero esta desviación parece derivarse de la falta del espacio debida a la presencia del templo redondo adyacente; aun si fuera otra la causa de esta disposición, el azimut del talud norte no se tomó en consideración como astronómicamente significativo, por ser el único aberrante del edificio. El azimut norte-sur de la segunda fase del Templo de Ehécatl fue medido a lo largo de las bases de ambas alfardas de la escalinata, alineadas hacia el cerro Tejolote Grande al sur (figura 39).

La orientación de la primera etapa constructiva de El Circular no se puede relacionar con el Sol; de acuerdo con los argumentos expuestos en otro lugar (Šprajc 1993a: 48ss; 1996a: 79ss; 1996b: 179ss láminas 23 y 24), la subestructura del Templo de Ehécatl fue orientada hacia los máximos extremos norte de Venus en el horizonte poniente (para el azimut hacia el oriente no es aparente ninguna referencia astronómica).⁴⁵ Esta orientación, sugerida por la única alfarda visible,

⁴⁵ Tal vez el nombre “Kiosco de las Estrellas”, una de las designaciones tradicionales por las que se conoce el montículo redondo, representa una reminiscencia de la relación que antiguamente tenía el edificio con Venus, “estrella” de la tarde.

Tabla 5.99

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN HUEXOTLA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
El Circular I (T. Ehécatl-sub y Anexo)	118°20' ± 30' 298°20' ± 30' 28°20' ± 1°	5°35' ± 20' 1°13' ± 5'	-24°26' ± 35' 26°55' ± 30'	Venus extremo N	Pico Tres Padres
El Circular II (T. Ehécatl)	107°26' ± 30' 287°26' ± 30' 195°34' ± 30'	5°50' ± 5' 0°44' ± 5'	-14°21' ± 30' 16°33' ± 30'	feb 10, nov 1 ± 2 ^d may 6, ago 7 ± 2 ^d	C. Tejolote Grande
Santa María I (Estr. A)	108°00' ± 15' 288°00' ± 15' 198°10' ± 15'	5°30' ± 5' ⊕ 0°40' ± 5'	-15°00' ± 15' 17°03' ± 15'	feb 8, nov 2 ± 1 ^d may 8, ago 5 ± 1 ^d	C. El Pino
Santa María II (Estr. B)	97°35' ± 15' 277°35' ± 15' 6°30' ± 30'	4°55' ± 5' ⊕ 0°35' ± 5'	-5°31' ± 15' 7°13' ± 15'	mar 6, oct 7 ± 1 ^d abr 8, sep 4 ± 1 ^d	
La Comunidad II	97°39' ± 10' 277°39' ± 10' 8°00' ± 15'	4°55' ± 5' ⊕ 0°35' ± 5'	-5°35' ± 10' 7°17' ± 10'	mar 6, oct 7 ± 1 ^d abr 8, sep 4 ± 1 ^d	
San Marcos	103°03' ± 20' 283°03' ± 20'	5°12' ± 5' 0°30' ± 5'	-10°31' ± 20' 12°20' ± 20'	feb 21, oct 20 ± 1 ^d abr 22, ago 20 ± 1 ^d	
muros N-S superiores inferiores	193°20' ± 10' 8°49' ± 15'				C. Tejolote Grande C. Gordo



Figura 39. El Circular de Huexotla; vista hacia el sur a lo largo de la base de la escalinata de la segunda etapa constructiva, alineada hacia el cerro Tejolote Grande.

resulta ahora más segura, ya que concuerda con la del recientemente excavado edificio anexo, que data de la misma época.

También los alineamientos incorporados en la estructura San Marcos ameritan un comentario. Los muros este-oeste de la plataforma inferior y del aposento superior son paralelos, pero los norte-sur exhiben discrepancias que, al parecer, no son fortuitas o atribuibles a la negligencia en la construcción: los muros norte-sur superiores son aproximadamente perpendiculares a los este-oeste y apuntan, además, al cerro Tejolote Grande hacia el sur (figura 40), pero los paramentos norte-sur de la plataforma (en sus lados oriente y poniente), aunque paralelos entre sí, están notablemente desviados de la perpendicular a las líneas este-oeste, tal vez a causa del propósito de los constructores de dirigirlos hacia el cerro Gordo, montaña que domina el valle de Teotihuacan al norte (figura 41).

Horizonte

Puesto que los grupos arquitectónicos medidos están relativamente distanciados uno del otro, los datos sobre el horizonte de cada uno de ellos difieren, por lo que se presentan por separado (tablas 5.100, 5.101 y 5.102). Para la estructura La Comunidad no se exponen datos sobre el horizonte, ya que se encuentra relativamente cerca del

grupo Santa María (a unos 120 m) y posee, además, la misma orientación que el Edificio B de este último. Las fechas en las tablas 5.100, 5.101 y 5.102 son válidas para el siglo XV d.C. Aunque el grupo Santa María tiene dos fases, las fechas correspondientes a los rasgos del horizonte (tabla 5.100) valen para ambas épocas.

Tabla 5.100

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL GRUPO SANTA MARÍA DE HUEXOTLA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Tláloc	112°32'	5°43'	-19°05'	ene 25, nov 17
C. Tlamacas	66°18'	2°39'	23°08'	jun 11, jul 2

Tabla 5.101

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE EL CIRCULAR DE HUEXOTLA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Tláloc	110°31'	5°58'	-17°08'	feb 1, nov 10

Tabla 5.102

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE SAN MARCOS DE HUEXOTLA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Tláloc	110°47'	5°49'	-17°26'	ene 31, nov 11

Intervalos

Los intervalos entre las fechas que registran las estructuras y los rasgos prominentes del horizonte fueron calculados para cada edificio por separado, es decir, no se calcularon intervalos entre las fechas registradas en conjuntos distintos, ya que éstos no constituyen un solo complejo arquitectónico y pudieron haber estado en uso en momentos diferentes (tablas 5.103, 5.104, 5.105 y 5.106).



Figura 40. San Marcos de Huexotla; vista hacia el sur a lo largo de un muro sobre la plataforma, alineado hacia el cerro Tejolote Grande.

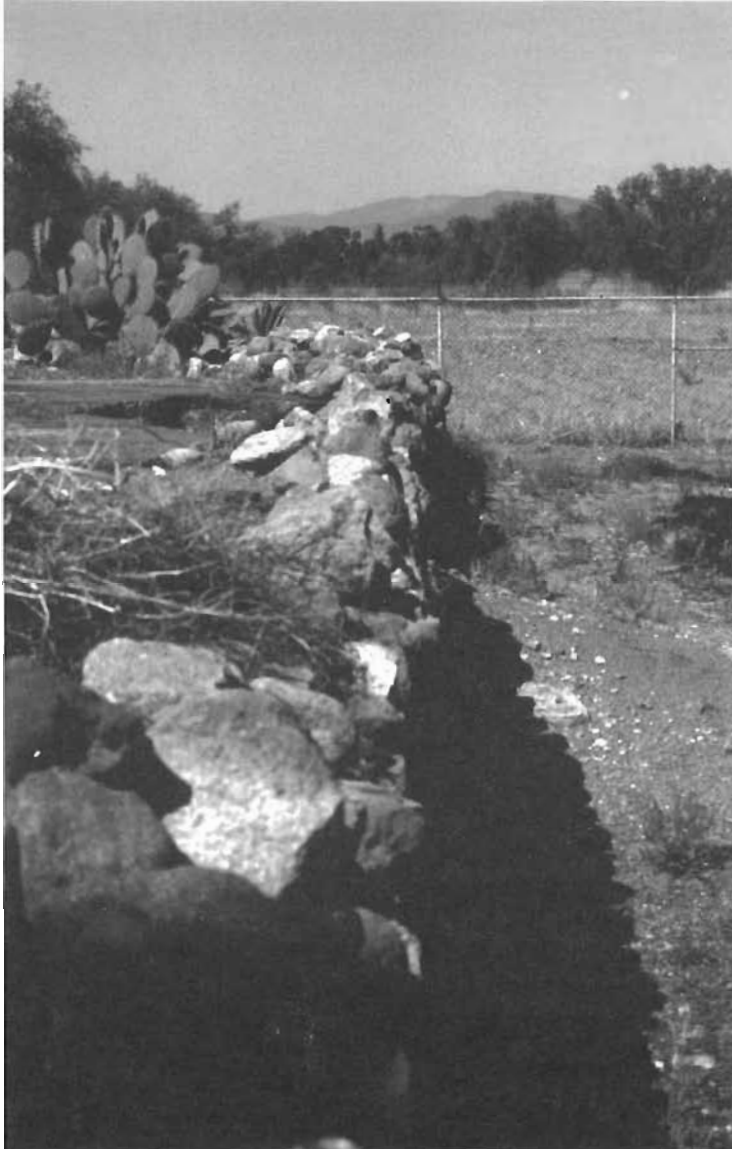


Figura 41. San Marcos de Huexotla; vista hacia el norte a lo largo del paramento este de la plataforma, alineado hacia el cerro Gordo.

Tabla 5.103

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL EDIFICIO A DEL GRUPO SANTA MARÍA DE HUEXOTLA.

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
14, 15	E estr. - E Tláloc
21	E - E Tlamacas
34	W estr. - E Tlamacas
69	E - E Tláloc
89	W - W estr.
89	E - W estr.
98	E - E estr.
103, 104	W estr. - E Tláloc
123	E estr. - E Tlamacas
137, 138	E Tláloc - E Tlamacas

Tabla 5.104

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL EDIFICIO B DEL GRUPO SANTA MARÍA DE HUEXOTLA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
21	E - E Tlamacas
33	E - W estr.
40, 41	E estr. - E Tláloc
64	W estr. - E Tlamacas
69	E - E Tláloc
73, 74	W estr. - E Tláloc
97	E estr. - E Tlamacas
137, 138	E Tláloc - E Tlamacas
149	W - W estr.
150	E - E estr.

Tabla 5.105

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL CIRCULAR, ETAPA 2, HUEXOTLA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
9	E estr. - E Tláloc
83	E - E Tláloc
85, 86	E - W estr.
93	W - W estr.
94, 95	W estr. - E Tláloc
101	E - E estr.

Tabla. 5.106

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN SAN MARCOS DE HUEXOTLA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
21, 22	E estr. - E Tláloc
60, 61	E - W estr.
81	E - E Tláloc
81, 83	W estr. - E Tláloc
120	W - W estr.
124	E - E estr.

Discusión

Mientras que la estructura de San Marcos señalaba fechas separadas predominantemente por múltiplos de 20 días (véase tabla 5.106), la función astronómico-calendárica de los demás edificios no es aparente. Cabe mencionar, sin embargo, que al medir el eje de la iglesia de San Luis, construida en el siglo XVI sobre lo que debió ser el templo principal de la ciudad prehispánica (McAndrew 1965: 241; González Aparicio 1973: 92; García García 1987: 12, 100), obtuve el azimut de $96^{\circ}09'$, que parece más significativo, ya que corresponde a las fechas 10 de marzo y 4 de octubre en el horizonte oriente ($\oplus h = 4^{\circ}50'$; $\delta = -4^{\circ}12'$) y 4 de abril y 7 de septiembre en el poniente ($h = 0^{\circ}55'$; $\delta = 6^{\circ}00'$); puesto que éstas dividen el año en intervalos de 25, 156, 27 y 157 días, es probable que el templo prehispánico subyacente, cuya orientación debe haber sido parecida, registrara fechas separadas por intervalos que eran predominantemente múltiplos de 13 días (26 días o 2 treceñas y 156 días o 12 treceñas).⁴⁶ Si consideramos que las orientaciones de la Estructura B de Santa María y del edificio La Comunidad son semejantes a la de la iglesia de San Luis, ubicada a unos 300 m hacia el norte (*cf.* tabla 5.99), es de suponer que fue el templo principal el que incorporaba el alineamiento astronómico, dictando la disposición de los edificios circunvecinos, cuyas orientaciones no eran funcionales y, por tanto, no reproducen el alineamiento intencionado con mucha precisión. También llama la atención que, según lo sugieren los intervalos (tablas 5.103, 5.104, 5.105 y 5.106), ninguna de las estructuras tenía un calendario de horizonte. Sin embargo, si examinamos los intervalos en las tablas 5.103 y 5.104, válidos para el grupo

⁴⁶ No sobra recordar que las fechas 9 de marzo, 4 de octubre, 4 de abril y 7 de septiembre eran señaladas por las etapas tardías del Templo Mayor de Tenochtitlan (*v. infra*, tablas 5.161 y 5.168).

Santa María, y consideramos la ubicación de la iglesia de San Luis respecto a este grupo (a unos 300 m al norte), resulta probable que, observando en el templo principal, el intervalo entre las fechas de salida del Sol sobre el cerro Tláloc hubiese sido 65 días (5 trecenas) y entre las señaladas por el cerro Tlamacas 26 días (2 trecenas).

Si el templo principal de la ciudad prehispánica señalaba las puestas del Sol el 7 de septiembre (*supra*), tal vez fue esta fecha la que determinó la selección del patrono de la iglesia, ya que en el calendario juliano del siglo XVI correspondía al 28 de agosto, mientras que la fiesta de San Luis cae el 25 de agosto (García García 1987: 12). Es posible que también el nombre tradicional del grupo Santa María esté relacionado con las fechas registradas por la orientación que tenía el templo principal y que, según se acaba de argumentar, probablemente estaba incorporada también en los edificios aledaños: el 4 de abril, fecha de registro poniente de esta orientación, equivalía en el calendario juliano del siglo XVI al 25 de marzo, fiesta de la Anunciación de María; por otra parte, si el nombre Santa María fue asignado al grupo de ruinas prehispánicas apenas después de la adopción de la reforma gregoriana en México (en 1583: Caso 1967: 98s), podría tener que ver con las fiestas de la Natividad de María o de la Virgen del Rosario, celebradas el 8 de septiembre y el 7 de octubre, respectivamente, recordando que dos de las fechas de registro solar de la orientación que debe haber sido la más importante en los tiempos tardíos de Huexotla prehispánica eran 7 de septiembre y 4 de octubre (*cf. supra*).⁴⁷ Asimismo, llama la atención que una de las fechas registradas por el edificio de San Marcos es 22 de abril (tabla 5.99), considerando que el día de San Marcos es el 25 de este mes.

En vista de estas coincidencias cabe agregar el dato sobre las ruinas de una capilla del siglo XVI, ubicadas al sureste del poblado y conocidas con el nombre Santiago (García García 1987: 79): aunque la orientación del montículo prehispánico subyacente no se puede determinar, parece interesante que el azimut del eje de la capilla ($A = 108^{\circ}40'$) corresponde a las fechas 6 de febrero y 4 de noviembre en el horizonte oriente ($h = 5^{\circ}45'$; $\delta = -15^{\circ}31'$) y 10 de mayo y 2 de agosto en el poniente ($\oplus h = 0^{\circ}45'$; $\delta = 17^{\circ}42'$); como se observa, una de estas fechas es muy cercana al 4 de agosto, que en el siglo XVI era el equivalente gregoriano del 25 de julio, día de Santiago, del calendario juliano.

⁴⁷ La Virgen del Rosario, cuyas fiestas tal vez tienen alguna relación con el fin de la época de lluvias (Katz 1994: 106), es patrona de la iglesia de Coatepec, poblado al sur de Huexotla.

Los Melones, México

Ubicación

En la ciudad de Texcoco, al costado sur de la calle de Abasolo. $\lambda = 98^{\circ}52'53''$; $\varphi = 19^{\circ}30'30''$; asnm = 2 250 m.

Datos básicos sobre el sitio

El sitio forma parte de los vestigios de la ciudad prehispánica de Texcoco, importante centro regional en el Posclásico Tardío y miembro de la Triple Alianza (sitio Tx-A-56 de Parsons 1971: 117-120, 361s, láminas 38-39; Noguera 1972: 75-77). Por la cerámica Azteca III que predomina en el sitio, Noguera (1972: 77) afirma que "se trata de un periodo cultural muy reciente y contemporáneo de los aztecas." Las tres estructuras que se conservan corresponden a los tlateles 89, 90 y 91 de Parsons (1971: 362), quien los clasificó como cívico-ceremoniales, pero Noguera (1972: 77), mencionando "la gran cantidad de cerámica ordinaria", señala que "posiblemente se trata de un lugar de habitación y en ese sentido la localidad de Los Melones quizás estaba alejada del centro ceremonial principal de Tetzcoco". Mientras que las estructuras al este y oeste de la zona parecen haber sido conjuntos residenciales de alto rango, la estructura más pequeña hacia el sur, compuesta de dos cámaras con pisos a distintos niveles y con el acceso del lado poniente, debió tener una función diferente; según Noguera (1972: 76), "se trata de un edificio en parte religioso y en parte habitación, si se tiene en cuenta que frente a la entrada, o sea la cámara principal, hay un ancho vestíbulo, y más adelante, al este, restos de un pequeño altar o adoratorio de piedra basáltica muy bien labrada."

Orientaciones

Las fechas citadas en la tabla 5.107 son válidas para el siglo XV d.C.

Aunque las orientaciones de todos los edificios son semejantes, la más relevante fue probablemente la de la estructura sur, cuyo carácter ceremonial parece más evidente (*cf.* Noguera 1972: 76). También es posible que las orientaciones en esta parte del asentamiento prehispánico fueran simplemente adaptadas a la traza urbana, cuya orientación pudo haber sido dictada, así como en Tenochtitlan (*v. infra*, "Templo Mayor de Tenochtitlan, D.F."), por la del templo principal de la ciudad; éste fue –según la descripción de Ixtlilxóchitl (Parsons 1971: 119)– muy parecido al Templo Mayor de Tenochtitlan, y resulta más que probable

que, en general, la arquitectura y el urbanismo en ambas ciudades fueran regidos por principios análogos. Si tomamos en consideración las orientaciones en el sitio de Los Melones, es indicativo que en el núcleo del Texcoco moderno, en el que seguramente sobreviven algunos aspectos de la traza urbana prehispánica (Kubler 1972: 102), son muy comunes las desviaciones entre 4° y 5° al sur del oriente: observando que las manifiestan no sólo el antiguo convento, probablemente construido en el lugar del centro ceremonial prehispánico (González Aparicio 1973: 92), sino también las calles de la ciudad, Tichy (1991: 73, 75, 87, 102, 157, 172) concluye que estas orientaciones, persistiendo desde antes de la Conquista, debieron haber tenido una importancia especial en el Texcoco prehispánico. Al comentar que no encontró edificios prehispánicos cuyas orientaciones pudieran medirse, Tichy (1991: 157) aparentemente desconocía las estructuras de Los Melones, que apoyan su opinión.

Tabla 5.107

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN LOS MELONES

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
Estr. Sur	94°51' ± 15'	3°30' ± 5'	-3°27' ± 20'	mar 12, oct 2 ± 1 ^d
(tlatel 91 de Parsons)	274°51' ± 15' 4°40' ± 1°40'	⊕0°38' ± 10'	4°40' ± 20'	abr 1, sep 11 ± 1 ^d

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.108 y 5.109 son válidas para el siglo XV d.C.

Tabla 5.108

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE LOS MELONES

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Tlamacas	77°52'	2°44'	12°17'	abr 22, ago 21

Tabla 5.109

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE LOS MELONES

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
⊕ Pico Tres Padres	291°19'	1°32'	20°29'	may 22, jul 21

Tabla 5.110

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN LOS MELONES

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
20, 21	E - W estr.	60	W - W Tres Padres
21	W estr. - E Tlamacas	71, 73	E estr. - W Tres Padres
30, 31	E Tlamacas - W Tres Padres	121	E - E Tlamacas
41, 42	E estr. - E Tlamacas	161	E - E estr.
51, 52	W estr. - W Tres Padres	163	W - W estr.

Intervalos

Véase tabla 5.110.

Discusión

Parece que la finalidad de la orientación era lograr intervalos de 20 días entre los registros oriente y poniente, mientras que la relación entre esta orientación y el calendario de horizonte es menos clara. El intervalo de 60 días entre las fechas que registraba la cumbre más alta del Pico Tres Padres, y los intervalos de 51 o 52 días entre el registro poniente de la estructura y el del Pico Tres Padres, quizá no sean casuales (véase tabla 5.110).

Tx-A-20 (Parsons), México

Ubicación

En la cumbre del cerro Azteca (localmente conocido como cerro de las Promesas), a unos 8.5 km al norte de Texcoco. $\lambda = 98^{\circ}52'09''$; $\varphi = 19^{\circ}35'24''$; asnm = 2 620 m.

Datos básicos sobre el sitio

En el lado oriente de una extensa área nivelada que parece haber sido plaza se encuentra un montículo piramidal, sobre el que está construida una capilla moderna. La cerámica de superficie es predominantemente azteca tardía. Se trata de un recinto ceremonial, es probable que sin

ocupación permanente (Parsons 1971: 98s, fig. 14; Sanders *et al.* 1979: 171, mapa 18).

Tabla 5.111

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN EL SITIO TX-A-20

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas*</i>
plaza	102° ± 1° 282° ± 1°	⊕ 0°50' ± 10' ⊕ -0°15' ± 10'	-11°07' ± 1° 11°03' ± 1°	feb 20, oct 22 ± 2 ^d abr 18, ago 24 ± 2 ^d

Orientaciones

No se han encontrado muros prehispánicos expuestos, pero la orientación de la plaza, medida a lo largo de su borde sur, aproximadamente coincide con la de la capilla moderna encima del montículo, por lo que es probable que esta estructura tenga la misma orientación (tabla 5.111).

Horizonte

Véanse tablas 5.112 y 5.113.

Tabla 5.112

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL SITIO TX-A-20

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas*</i>
⊕ C. Tlamacas	106°37'	1°43'	-15°07'	feb 8, nov 3

Tabla 5.113

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL SITIO TX-A-20

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas*</i>
⊕ Pico Tres Padres	270°45'	0°44'	0°56'	mar 23, sep 21

Intervalos

Véase tabla 5.114.

Tabla 5.114

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL SITIO TX-A-20

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
12	E estr. - E Tlamacas	69, 71	W estr. - E Tlamacas
26, 28	W estr. - W Tres Padres	97	E - E Tlamacas
31	E estr. - W Tres Padres	121	E - E estr.
43	E Tlamacas - W Tres Padres	128	W - W estr.
57, 59	E - W estr.	182	W - W Tres Padres

Cerro Tláloc, México

Ubicación

En la parte más alta del Monte Tláloc, al oriente de la cuenca de México. $\lambda = 98^{\circ}42'44''$; $\varphi = 19^{\circ}24'41''$; asnm = 4 120 m.

Datos básicos sobre el sitio

Los vestigios arqueológicos en la cumbre del cerro Tláloc constituyen uno de los más importantes sitios de alta montaña relacionados con el culto de los cerros y el dios de la lluvia (Lorenzo 1957; Iwaniszewski 1986b; 1994b). Diversas fuentes coloniales mencionan el cerro Tláloc o la sierra de Tlalocan, y algunas también mencionan las ceremonias que se efectuaban allí en la época azteca y describen el santuario, cuyos restos se conservan hasta la actualidad (Broda 1991a: 475s; Morante 1992; 1997). La estructura, que tenía muros de piedra burdamente labrada, se compone de un doble encierro de planta aproximadamente rectangular y de una calzada de acceso que, flanqueada por dos muros de unos 150 m de largo, sube desde la ladera poniente de la montaña hasta el recinto cuadrangular, ubicado en la cumbre. El material cerámico del sitio sugiere que el lugar era visitado –probablemente tenía funciones rituales– desde el Preclásico, pero sobre todo durante el Posclásico Tardío, cuando también debió ser construido el recinto ceremonial cuyas ruinas se conservan (Parsons 1971: 151s; Iwaniszewski 1994b; Solís *et al.* 1996).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.115 son válidas para el siglo XV d.C.

Tabla 5.115

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL CERRO TLÁLOC

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
única:					
encierro	94°46' ± 2°	⊕ -1°10' ± 10'	-5°03' ± 2°	mar 8, oct 6 ± 5 ^d	C. Tlamacas?
	274°46' ± 2°	⊕ -0°50' ± 10'	4°03' ± 2°	mar 30, sep 12 ± 5 ^d	
	3°00' ± 1°				
calzada	101°42' ± 10'	5°12' ± 15'	-9°16' ± 20'	feb 25, oct 17 ± 1 ^d	C. Tlapanco
	281°42' ± 10'	⊕ -0°40' ± 10'	10°39' ± 15'	abr 17, ago 25 ± 1 ^d	

En la tabla 5.115 se presentan valores medios de los azimuts este-oeste y norte-sur, basados en los azimuts que para diversos muros de ambos encierros cuadrangulares proporciona Iwaniszewski (1994b: 162, Tabla 1).⁴⁸ El mal estado de estos muros y sus divergentes azimuts impiden conclusiones confiables acerca de la orientación de la estructura. Aveni *et al.* (1988: 301) afirman que el edificio está orientado, con el azimut de $273^{\circ}30'$, hacia el Templo Mayor de Tenochtitlan. Iwaniszewski (1994b: 162, 167s, Tabla 2) observa que la orientación del muro norte del encierro interior (azimuts entre $90^{\circ}30'$ y 91°) aproximadamente corresponde a las salidas del Sol en los equinoccios y sugiere que los muros sur de ambos encierros (azimuts entre 96° y $97^{\circ}30'$) marcaban las salidas del Sol en los días 1 de marzo y 13 de octubre, es decir, 20 días antes/después del equinoccio de primavera/otoño. La propuesta, implicando que los diversos muros este-oeste –con orientaciones diferentes– señalaran fechas distintas, parece algo problemática, tanto por la falta de analogías como por la incertidumbre en cuanto a la orientación exacta de cada uno de los muros. Iwaniszewski (1994b: 167s) hace notar que la orientación de los muros sur aproximadamente corresponde a la del Templo Mayor de Tenochtitlan, pero podría ser aun más significativo que el valor medio de los azimuts este-oeste ($94^{\circ}46'$; véase tabla 5.115) concuerda con las orientaciones predominantes en Texcoco (véase comentario al sitio de Los Melones, *supra*), es decir, precisamente en el área para cuyos habitantes el cerro Tláloc, por su cercanía, sin duda tenía gran importancia. Por otra parte, quizá no sea fortuito que este azimut hacia el oeste ($274^{\circ}46'$) corresponde a la dirección hacia el cerro Tepetzinco (hoy Peñón de los Baños), de cuyo significado ritual han escrito varios autores (*e. g.*: González Aparicio 1973: 45s; Aveni 1991b: 66s; Broda 1991b: 85ss); aunque Iwaniszewski (1994b: 168), retomando el dato de Tichy (1991: 161, n. 74, mapa 3), advierte que la línea entre el Tepetzinco y el cerro Tláloc tiene el azimut de 94.5° ,⁴⁹ agrega que éste difiere unos 2° - 3° de la orientación de la estructura del cerro Tláloc, a la que en este contexto atribuye la orientación de 96° - 97.5° , aparentemente tomando como relevantes sólo los azimuts de los muros sur.

Los restos de los muros norte-sur exhiben azimuts entre 1.5° y 5° (Iwaniszewski 1994b: 162, tabla 1), siendo su promedio 3° (*cf.* tabla 5.115), por lo que no es imposible que su disposición original coincidiera con la dirección hacia el cerro Tlamacas al norte, como supone

⁴⁸ Para rectificar la aserción de Solís *et al.* (1996: 157) de que “nunca se había realizado un mapa topográfico detallado”, hay que decir que el plano de la estructura en el cerro Tláloc fue publicado por Iwaniszewski (1994b: fig. 3).

⁴⁹ Este azimut es, según mis cálculos, $94^{\circ}40'$ y, en la dirección inversa, $274^{\circ}47'$.

Iwaniszewski (1994b: 168): la línea desde la cumbre del cerro Tlálloc a la cumbre del cerro Tlamacas tiene el azimut de aproximadamente 2.5° .⁵⁰

El azimut de la calzada de acceso, dada su longitud de unos 150 m, puede determinarse con mayor certeza que los azimuts originales de los muros que componen el encierro. Según mis propios cálculos basados en los apuntes de campo,⁵¹ el valor de $101^\circ 42'$ citado en la tabla 5.115 representa el azimut de la calzada más correctamente que el de $101^\circ 31'$ dado por Iwaniszewski (1994b: 162, tabla 2) y, anteriormente, por Aveni *et al.* (1988: 301). Existe la posibilidad de que la calzada fuera intencionalmente dirigida hacia el cerro Tepeyac en la cuenca de México (Broda 1991b: 92; Iwaniszewski 1994b: 168); asimismo, apunta al cercano cerro Tlapanco (llamado Huepango por Aveni *et al.* 1988: 301, fig. 8).

La altura del horizonte correspondiente al azimut de la calzada hacia el oriente ($5^\circ 12'$, véase tabla 5.115) fue medida desde el extremo poniente (*i.e.* inferior) de la calzada y representa, por lo tanto, el ángulo entre el plano horizontal y el punto donde la calzada, como vista desde su arranque, alcanza el encierro, formando la línea del horizonte este. El valor de esta elevación no es muy confiable, ya que depende del lugar preciso de observación, por lo que tampoco es posible determinar con seguridad la declinación correspondiente a la orientación de la calzada hacia el este; es poco probable, inclusive, que este alineamiento fuese astronómicamente importante, considerando que, por la inmediata cercanía de la línea del horizonte este, un mismo evento –la salida del Sol en determinada fecha– pudo observarse prácticamente desde un solo punto.

Cabe advertir que las demás alturas del horizonte citadas en la tabla 5.115 no fueron medidas en el campo –tanto por problemas de visibilidad como por el hecho de que la orientación de la estructura cuadrangular no parecía evidente– sino calculadas con base en las cartas topográficas. Aunque los resultados de estos cálculos son confiables, en este caso puede haber errores, ya que la mayor parte de la línea del horizonte está tan lejos que no ha sido posible localizarla con seguridad en las cartas. Por otra parte, no se han tomado en consideración los posibles efectos de la refracción terrestre, por ser muy irregulares. Cuando se trata de distancias grandes (como en este caso), las alturas pequeñas del horizonte, calculadas sin tomar en cuenta la refracción de la luz en el aire, difieren de las alturas aparentes, relevantes para nuestros

⁵⁰ Por lo tanto, esta línea no es perpendicular a la que une el cerro Tlálloc con el Tepetzinco, como la representa Tichy (1991: mapa 3; Iwaniszewski 1994b: 168).

⁵¹ S. Iwaniszewski e I. Šprajc, levantamiento topográfico de la estructura en el cerro Tlálloc: notas de campo, diciembre de 1987.

propósitos (*cf.* Thom 1971: 29ss). Debido a la refracción *terrestre* (distinta de la atmosférica, que siempre ha sido considerada en los cálculos de declinaciones), es posible que las alturas aparentes del horizonte difieran unos minutos de los valores calculados que aparecen en la tabla 5.115.⁵² Sin embargo, estas inseguridades en cuanto a las alturas del horizonte en realidad no tienen relevancia alguna, considerando el grado de los márgenes de error de los azimuts.

Horizonte

Los datos sobre el horizonte este, basados en mis propias notas de campo y cálculos (tablas 5.116 y 5.117), difieren ligeramente (hasta 3') de los de Iwaniszewski (1994b: 162, tabla 2). Las fechas en las tablas 5.116 y 5.117 son válidas para el siglo XV d.C. Las fechas 9 y 10 de febrero, señaladas por el cerro La Malinche y el Pico de Orizaba, respectivamente, fueron determinadas ya por Morante (1992: 33; 1997: 118).

Tabla 5.116

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL CERRO TLÁLOC

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. La Malinche	105°32'	0°03'	-14°44'	feb 9, nov 2
Pico de Orizaba	105°19'	0°02'	-14°27'	feb 10, nov 1
Cofre de Perote	86°33'	-0°32'	2°56'	mar 28, sep 15

Tabla 5.117

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL CERRO TLÁLOC

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
Nevado de Toluca	252°55'	0°10'	-16°08'	feb 4, nov 6

Intervalos

Véase tabla 5.118.

⁵² A manera de ejemplo, mencionemos que las alturas aparentes de las cumbres de La Malinche y el Pico de Orizaba, medidas desde el cerro Tláloc, resultan ser aprox. 7' y 10', respectivamente, más grandes que las calculadas.

Tabla 5.118

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL CERRO TLÁLOC

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
5, 4	E La Malinche - W Toluca	47, 48	E La Malinche - E Perote
6, 5	E Orizaba - W Toluca	48, 50	W encierro - E Orizaba
11	E encierro - E calzada	49, 51	W encierro - E La Malinche
15	E calzada - E Orizaba	51, 53	E - W calzada
16	E calzada - E La Malinche	52	E Perote - W Toluca
18	W encierro - W calzada	54, 55	W encierro - W Toluca
20, 21	E encierro - E Perote	66, 68	W calzada - E Orizaba
20, 21	W calzada - E Perote	67, 69	W calzada - E La Malinche
21, 20	E calzada - W Toluca	72, 73	W calzada - W Toluca
22, 24	E - W encierro	90	W - W Toluca
26	E encierro - E Orizaba	99	E - E La Malinche
27	E encierro - E La Malinche	101	E - E Orizaba
31, 32	E calzada - E Perote	130	W - W calzada
32, 31	E encierro - W Toluca	131	E - E calzada
33, 35	W encierro - E calzada	153	E - E encierro
40, 42	E encierro - W calzada	166	W - W encierro
46, 47	E Orizaba - E Perote	171	E - E Perote

Tabla 5.119

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DEL CERRO TLÁLOC

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Fecha</i>
		101	
E Orizaba	feb 10	26	nov 1
E encierro	mar 8	20	oct 6
E Perote	mar 28	20	sep 15
W calzada	abr 17	20	ago 25
		130	

Discusión

En la tabla 5.119 se presenta el esquema del posible calendario observacional compuesto por intervalos que son o se aproximan a múltiplos de 13 y de 20 días. Iwaniszewski (1994b: 169s, Tabla 3) propone un esquema algo diferente: combina las fechas registradas por La Malinche con las que señala la calzada en el poniente y el encierro cuadrangular en el oriente, y al suponer que los muros norte y sur del encierro registraban distintos pares de fechas, sugiere que el calendario observacional estaba basado en intervalos de 20 días. Al incluir también las fechas

9 de mayo y 5 de agosto, aproximadamente 20 días después y antes de las fechas que registra la calzada, argumenta que el 9 de mayo era la fecha en la que se celebraba, en el cerro Tláloc, la fiesta azteca de Huey Tozoztli (*ibid.*: 168, tabla 3). La inclusión de estas fechas en el calendario observacional del cerro Tláloc, sin embargo, no parece justificada, tanto porque los días 9 de mayo y 5 de agosto no son registrados por ningún alineamiento como por los argumentos que hablan en contra de una correlación fija del calendario mexica (véase capítulo 4, "Argumentos en contra de intercalaciones en el calendario mesoamericano").

Cerro de la Estrella, D. F.

Ubicación

En la Ciudad de México, en la parte más alta del cerro de la Estrella en Iztapalapa. $\lambda = 99^{\circ}05'23''$; $\phi = 19^{\circ}20'35''$; asnm = 2 450 m.

Datos básicos sobre el sitio

En la parte alta del cerro se encuentran vestigios arqueológicos de distintos periodos (Blanton 1972: 164, figs. 44, 47 y 50; Sánchez Caero 1992), pero los restos arquitectónicos datan del Posclásico Tardío. En la cumbre se localiza la llamada Pirámide del Fuego Nuevo, construida en tres etapas y orientada con su escalinata hacia el oeste. En la ladera al poniente se encuentra, al pie de un peñasco, una pequeña escalinata, orientada hacia el poniente y contemporánea de la última fase de la pirámide (Sánchez Caero 1992: 27). Las dos estructuras formaban parte de un pequeño recinto cívico-ceremonial aislado, sin ocupación permanente (sitio Ix-A-74 de Blanton 1972: 164s).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.120 son válidas para el siglo XIV d.C.

La orientación este-oeste de la pirámide fue determinada con base en las mediciones a lo largo de los taludes sur de sus varias etapas constructivas, paralelos entre sí y claramente alineados hacia la cumbre del volcán Guadalupe, conocido también como cerro Santa Catarina, al oriente (figura 42), como ya observó Ponce de León (1982: 26, 28, foto 5); que usó para este monte el nombre de Huitlaxochíotl. El azimut nortesur citado en la tabla 5.120, basado en las mediciones a lo largo de los

Tabla 5.120

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE EN EL CERRO DE LA ESTRELLA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
pirámide	101°50' ± 15' 281°50' ± 15' 12°20' ± 15'	1°43' ± 5' 1°26' ± 5'	-10°39' ± 20' 11°33' ± 20'	feb 21, oct 21 ± 1 ^d abr 20, ago 22 ± 1 ^d	V. Guadalupe

escalones en el lado poniente de la pirámide, concuerda con el azimut de $282^{\circ}24'$ que, según Aveni (comunicación personal a Johanna Broda, abril de 1977), corresponde a la perpendicular a la base del edificio. La desviación de $10^{\circ}15'$ al sur del oriente, asignada al eje de esta estructura por Ponce de León (1982: 26, 28), es un dato erróneo que no coincide con su propia aserción comprobada fotográficamente (*ibid.*: 29, foto 6) de que el Sol sale alineado con la pirámide el día 20 de febrero.

La escalinata en la ladera poniente de la Pirámide del Fuego Nuevo parece estar desviada unos 16° al norte del oeste, pero esta orientación no se ha tomado en cuenta en los análisis, ya que las líneas medibles son cortas y sus azimuts muy divergentes, por lo que es demasiado grande el posible margen de error.

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.121 y 5.122 son válidas para el siglo XIV d.C.

Tabla 5.121

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL CERRO DE LA ESTRELLA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Tiáloc	79°09'	2°12'	10°54'	abr 18, ago 25
C. Telapón	85°32'	2°12'	4°52'	abr 2, sep 10
C. Papayo	95°32'	1°29'	-4°49'	mar 8, oct 5
V. Iztaccíhuatl	110°58'	2°55'	-18°45'	ene 26, nov 15

Tabla 5.122

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL CERRO DE LA ESTRELLA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. San Miguel	251°00'	2°48'	-16°58'	feb 1, nov 8
C. La Malinche	290°13'	1°40'	19°31'	may 17, jul 26

Intervalos

Véase tabla 5.123.



Figura 42. Salida del Sol el 20 de febrero de 1995, observada a lo largo del talud sur de la Pirámide de Fuego Nuevo en el cerro de la Estrella.

Tabla 5.123

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL CERRO DE LA ESTRELLA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
6, 7	E Iztaccíhuatl - W San Miguel	66	E Telapón - E Iztaccíhuatl
15, 16	E pirámide - E Papayo	70	W - W La Malinche
16	E Tláloc - E Telapón	70, 71	E Papayo - W La Malinche
18, 19	W pirámide - E Telapón	72	E - E Iztaccíhuatl
20, 18	E pirámide - W San Miguel	76, 75	E Tláloc - W San Miguel
25	E Telapón - E Papayo	78	W pirámide - W San Miguel
26, 25	E pirámide - E Iztaccíhuatl	82	E Tláloc - E Iztaccíhuatl
27	W pirámide - W La Malinche	84, 85	W pirámide - E Iztaccíhuatl
29, 30	E Tláloc - W La Malinche	85	W - W San Miguel
35, 34	E Papayo - W San Miguel	85, 87	E pirámide - W La Malinche
40, 41	E pirámide - E Telapón	105	W San Miguel - W La Malinche
41	E Tláloc - E Papayo	111, 112	E Iztaccíhuatl - W La Malinche
41	E Papayo - E Iztaccíhuatl	123	E - E pirámide
43, 44	W pirámide - E Papayo	124	W - W pirámide
45, 46	E Telapón - W La Malinche	129	E - E Tláloc
56, 57	E pirámide - E Tláloc	154	E - E Papayo
58, 60	E - W pirámide	161	E - E Telapón
60, 59	E Telapón - W San Miguel		

Discusión

Aunque un calendario observacional completo no es aparente, varios intervalos en la tabla 5.123 llaman la atención por ser múltiplos de 13 o 20 días o sus aproximaciones. La presencia de santuarios prehispánicos en las cumbres de numerosos cerros en el altiplano central de México, así como en otras partes de Mesoamérica, es comprensible en vista del importante papel que tenían las montañas en la cosmovisión mesoamericana (Broda 1982c; 1991a; 1991b; 1993). No obstante, el hecho de que diversos montes, como vistos desde la cumbre del cerro de la Estrella, marcaban fechas de salida o puesta del Sol separadas por intervalos significativos, tal vez contribuyó a la importancia especial del lugar, manifiesta particularmente en la costumbre de los mexicas de encender cada 52 años sus Fuegos Nuevos encima de este cerro, el antiguo Huixachtécatl (Broda 1982a). Posiblemente los intervalos más significativos fueron los que separaban las salidas del Sol sobre el Iztaccíhuatl, el volcán Guadalupe y el Telapón. El volcán Guadalupe, al que está orientada la pirámide hacia el oriente (figura 42), marcaba las fechas que caían 26/25 días después/antes de las que señalaba el Iztaccíhuatl, mientras que el cerro Telapón registraba las salidas del Sol 40/41 días después/antes de las fechas señaladas por el volcán Guadalupe y, por tanto, por la estructura en el horizonte oriente.

Calixtlahuaca, México

Ubicación

Los templos de Ehécatl y de Tláloc se localizan en las laderas norte y noroeste del cerro El Tenismó, al suroeste del poblado de Calixtlahuaca y a unos 6 km al noroeste de la ciudad de Toluca, pero el sitio arqueológico se extiende en todas las direcciones. $\lambda = 99^{\circ}41'34''$; $\varphi = 19^{\circ}19'58''$; asnm = 2 690 m (Templo de Ehécatl).

Datos básicos sobre el sitio

Las estructuras principales de este sitio matlatzinca fueron exploradas y restauradas por García Payón (1936; 1941; 1979). En las faldas del cerro El Tenismó se encuentran el Templo de Ehécatl y el Conjunto de Tláloc, en tanto que el grupo arquitectónico llamado Calmécac y una plataforma sin explorar están situados al pie del cerro y en la orilla oeste del poblado moderno de Calixtlahuaca. El Templo de Ehécatl o

Quetzalcóatl es una estructura de planta circular, con cuatro etapas constructivas que tienen la misma orientación y las escalinatas de acceso del lado oriente. Asociada al edificio fue excavada una estatua de Ehécatl. A unos 150 m al suroeste se ubica el llamado Templo de Tláloc, una estructura de planta rectangular y con la escalinata de acceso hacia el este. En la plazuela al oriente del templo y a lo largo de su eje se encuentra el *tzompantli*, una estructura de planta cruciforme, con varios cráneos esculpidos de piedra y empotrados en sus muros. Otra estructura cuadrangular, con la escalinata hacia el sur, flanquea la plazuela por su lado norte. Las estructuras de este conjunto pertenecen a la última etapa del sitio y tienen la misma orientación. El grupo arquitectónico llamado Calmécac se compone de varios basamentos y aposentos arreglados alrededor de una plaza (García Payón 1936; 1941: 92ss; 1979; Marquina 1964: 223-235).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.124 son válidas para el siglo XV d.C.

La línea del horizonte este del Templo de Tláloc está formada por la ladera norte del cerro El Tenismó en la inmediata cercanía, por lo que el registro oriente de la estructura probablemente no era relevante. Parece que la orientación intencionada de los templos de Tláloc y de Ehécatl era la misma, y que era particularmente importante su registro poniente, que corresponde a los días de cuarto del año.

Al medir a lo largo de las bases de las escalinatas del Templo de Tláloc y del Templo de Quetzalcóatl, Aveni (1991a: 268, 351; Aveni y Gibbs 1976: 512s, tabla 1) determinó los azimuts $1^{\circ}50'$ y $1^{\circ}12'$, respectivamente (retomados por Tichy 1991: 60); también observó que las dos estructuras, con la misma orientación, parecen reflejar "un esfuerzo consciente por conservar un alineamiento particular pese a la intervención del terreno" (Aveni 1991a: 268). En efecto, la ubicación y la orientación de ambos edificios no pueden explicarse como condicionadas por la configuración del terreno sino, según todo parece indicar, por factores astronómicos. Ponce de León (1982: 31, 59, nota 24), que toma el promedio de los azimuts de Aveni, asigna a las dos estructuras la desviación de aproximadamente 1.5° al norte del poniente.

El complejo llamado Calmécac, cuya función parece haber sido principalmente residencial, manifiesta orientaciones divergentes, pero es posible que la Estructura I –tal vez basamento de un templo (cf. Marquina 1964: 232s, lámina 67)– tuviera una orientación solsticial, ya que el azimut de su eje este-oeste es *ca.* $63^{\circ}30'$. Al poniente de este edificio y en el lado opuesto del patio central se ubican dos pequeños basamen-

tos con escalinatas hacia el este, marcados por Marquina (*ibid.*) con el número II; el edificio norte de este grupo al parecer comparte la orientación con la Estructura I, en tanto que el basamento sur, con el azimut este-oeste de *ca.* 60°25'/240°25', podría haber sido orientado hacia los extremos máximos sur de Venus en el horizonte poniente.⁵³ En vista de la asociación del planeta Venus con Ehécatl-Quetzalcóatl parece significativo el hallazgo de "caracoles cortados" en el conjunto (García P. 1979: 324). Sin embargo, las orientaciones en el Calmécac no se determinaron con suficiente exactitud, por lo que no se toman en consideración en los análisis del presente trabajo. Cabe llamar la atención al hecho de que los edificios de este complejo arquitectónico están desviados *al norte del oriente*; también una gran plataforma prehispánica que se encuentra en el poblado de Calixtlahuaca, y que no ha sido explorada, manifiesta la desviación al norte del este, contraria a la práctica común en Mesoamérica.

Tabla 5.124

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN CALIXTLAHUACA

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
Templo de Ehécatl	90°40' ± 1° 270°40' ± 1° 0°50' ± 1°30'	0°57' ± 5' 1°00' ± 10'	-0°25' ± 1° 0°52' ± 1°	mar 19, sep 24 ± 2 ^d mar 22, sep 20 ± 2 ^d
Templo de Tláloc	90°54' ± 30' 270°54' ± 30' 1°15' ± 1°	1°55' ± 20' 0°52' ± 10'	-0°17' ± 40' 1°02' ± 35'	mar 20, sep 24 ± 2 ^d mar 22, sep 20 ± 1 ^d

Horizonte

Los datos en la tabla 5.125 valen para el observador en el Templo de Ehécatl. Las fechas son válidas para el siglo XV d.C. El cerro que señalaba las salidas del Sol en las fechas 29 de abril y 15 de agosto se localiza al oriente de los pueblos San Lorenzo y Sacamulpa Huitzitzilapan (nombre desconocido: $\lambda = 99^{\circ}24'51''$; $\varphi = 19^{\circ}24'09''$; asnm = 3 430 m).

⁵³ Sobre las orientaciones venusinas en la arquitectura mesoamericana véase Šprajc 1993a: 45ss; 1993c; 1996a: 72ss; 1996b: 170ss.

Tabla 5.125

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE CALIXTLAHUACA

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. El Coyote	65°28'	1°20'	23°27'	jun 21
C. La Malinche	70°27'	1°04'	18°41'	may 14, jul 30
C. ?	75°10'	1°16'	14°19'	abr 29, ago 15
C. San Miguel	100°33'	1°23'	-9°34'	feb 24, oct 18

Intervalos

En el cálculo de intervalos (tabla 5.126) se han tomado en consideración solamente las fechas de registro del Templo de Ehécatl, porque asumimos que las que señalaba el Templo de Tláloc eran las mismas.

Tabla 5.126

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN CALIXTLAHUACA

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
15, 16	E La Malinche - E C. ?	77	E - E La Malinche
23, 24	E estr. - E San Miguel	79, 80	E La Malinche - E San Miguel
26, 28	W estr. - E San Miguel	91	W estr. - E El Coyote
38, 36	W estr. - E C. ?	94, 95	E estr. - E El Coyote
38, 39	E El Coyote - E La Malinche	108	E - E C. ?
41, 40	E estr. - E C. ?	117, 119	E El Coyote - E San Miguel
53, 52	W estr. - E La Malinche	129	E - E San Miguel
53, 55	E El Coyote - E C. ?	176	E - E estr.
56	E estr. - E La Malinche	182	W - W estr.
64	E C. ? - E San Miguel		

Discusión

En el calendario observacional parecen haber sido relevantes las posiciones tangenciales del Sol sobre el horizonte. La declinación requerida para que el limbo inferior del disco solar esté alineado con el cerro El Coyote es 23°32', que corresponde a la declinación solsticial del Sol alrededor del año 1300 d.C. Es decir, el cerro marcaba los solsticios de verano con mayor precisión si se observaba el Sol en su posición tangencial; en cambio, hoy en día el mismo cerro señala los solsticios si se observa el centro del disco solar, ya que la declinación correspondiente (23°27') es prácticamente igual al ángulo de oblicuidad de la eclíptica en la actualidad.

Por otra parte, las fechas que registraba el cerro San Miguel tendían a estar separadas por el intervalo de 130 días (10 treceñas) si eran determinadas por el limbo inferior del Sol alineado con el cerro.

Tabla 5.127

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE CALIXTLAHUACA

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
		130		
E San Miguel	feb 24	26	27	oct 17
W estructura	mar 22	39	38	sep 20
E C. ?	abr 30	52	53	ago 13
E El Coyote	jun 21			jun 21

Los datos sobre el horizonte en la tabla 5.125 valen para el observador sobre el Templo de Ehécatl, desde donde se observa el horizonte oriente en mayor extensión que desde el Templo de Tláloc; sin embargo, cabe advertir que el cerro que, observando desde el Templo de Ehécatl, señalaba las salidas del Sol en las fechas 29 de abril y 15 de agosto, registraba los días 30 de abril y 13 de agosto desde el Templo de Tláloc ($A = 74^{\circ}49'$; $h = 1^{\circ}13'$; $\delta = 14^{\circ}38'$), particularmente si se observaba el limbo inferior del disco solar alineado con el cerro ($\delta = 14^{\circ}43'$). Si estas fechas, determinadas mediante observaciones en el Conjunto de Tláloc, formaban parte del calendario observacional –aunque las demás fechas significativas eran marcadas por las prominencias en el horizonte oriente sólo si se observaba en el Templo de Ehécatl–, el esquema ideal, compuesto por intervalos que son o se acercan a múltiplos de treceñas, pudo haber sido el que se presenta en la tabla 5.127.

Yautepec, Morelos

Ubicación

El edificio llamado Palacio se localiza en la orilla suroeste del poblado moderno de Yautepec, pero el sitio arqueológico se extiende en todas las direcciones. $\lambda = 99^{\circ}04'09''$; $\phi = 18^{\circ}52'46''$; asnm = 1 210 m (El Palacio).

Datos básicos sobre el sitio

Aunque existen restos de ocupación humana a partir del Preclásico, el sitio llegó a ser un importante centro regional apenas durante el Posclásico Tardío, periodo al que pertenece la única estructura cívico-ceremonial del sitio que ha sido parcialmente restaurada (Smith *et al.* 1994). El edificio de planta rectangular, llamado Tecpan o Palacio, parece haber tenido funciones residenciales y administrativas (de Vega Nova 1996: 158); con una superficie de más de 6 000 m² es el palacio azteca más grande del México central (Smith *et al.* 1994: 2). Los elementos arquitectónicos excavados en la sección poniente de la estructura manifiestan dos orientaciones que corresponden a distintas etapas constructivas: los cuartos 1 a 4 sobre la gran plataforma y los restos de algunos muros sur y poniente de esta última comparten la orientación y pertenecen a la etapa temprana, cuando la escalinata de acceso a la plataforma probablemente daba al oriente; en tanto que la plataforma ampliada, con la escalinata del lado poniente y un basamento superior, cuya pequeña escalinata de su lado poniente permitía el acceso hacia la sección oriente del edificio (aún sin explorar), representan elementos tardíos que exhiben una orientación diferente (*cf.* De Vega Nova y Mayer 1992; De Vega Nova 1996: 153ss, figs. 7-10, 13-16).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.128 son válidas para el siglo XIV d.C. Los paramentos norte-sur de la etapa tardía del Palacio están alineados hacia el volcán Oollica, ubicado en la sierra de Chichinautzin al norte (figura 43).

Tabla 5.128

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN YAUTEPEC					
Estructura	A	h	δ	Fechas	Alineamiento hacia
El Palacio					
época temprana	106°10' ± 30'	1°14' ± 5'	-14°58' ± 30'	feb 8, nov 2 ± 2 ^d	
	286°10' ± 30'	2°58' ± 5'	16°58' ± 30'	may 4, ago 8 ± 2 ^d	
	16°15' ± 1°		11'		
época tardía	100°13' ± 30'	1°10' ± 5'	-9°23' ± 30'	feb 24, oct 17 ± 2 ^d	
	280°13' ± 30'	3°16' ± 5'	10°39' ± 30'	abr 17, ago 25 ± 2 ^d	
	10°10' ± 30'				V.Oollica

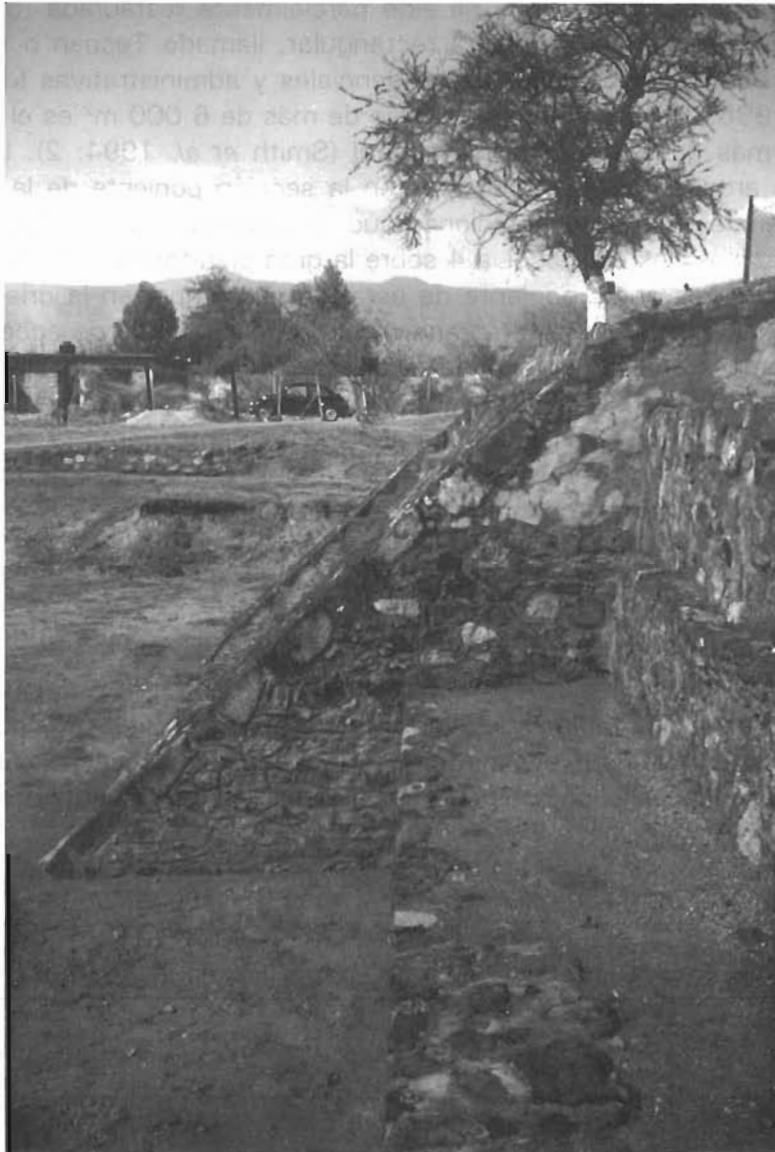


Figura 43. Palacio de Yautepec; vista hacia el norte a lo largo de la fachada poniente de la etapa tardía, alineada hacia el volcán Ololica.

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.129 y 5.130 son válidas para el siglo XIV d.C.

Tabla 5.129

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL PALACIO DE YAUTEPEC

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
V. Popocatépetl	71°20'	4°43'	19°07'	may 16, jul 28

Tabla 5.130

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL PALACIO DE YAUTEPEC

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Las Tetillas (cumbre este)	269°29'	5°47'	1°20'	mar 23, sep 19

Intervalos

Puesto que las dos etapas constructivas no coexistían, la tabla 5.131 no incluye intervalos entre las fechas registradas por las dos orientaciones. La estructura tardía evidentemente señalaba fechas separadas por intervalos que eran predominantemente múltiplos de 13 días.

Tabla 5.131

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN YAUTEPEC

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
12, 11	W estr. tempr. - E Popocatépetl	81	E estr. tard. - E Popocatépetl
25	W estr. tard. - W Las Tetillas	85, 86	E - W estr. tempr.
27, 28	E estr. tard. - W Las Tetillas	96	W - W estr. tempr.
29, 28	W estr. tard. - E Popocatépetl	97	E estr. tempr. - E Popocatépetl
42	W estr. tempr. - W Las Tetillas	98	E - E estr. tempr.
43, 44	E estr. tempr. - W Las Tetillas	130	E - E estr. tard.
52, 53	E - W estr. tard.	130	W - W estr. tard.
54, 53	E Popocatépetl - W Las Tetillas	180	W - W Las Tetillas
73	E - E Popocatépetl		

Teopanzolco, Morelos

Ubicación

Al noreste del centro de la ciudad de Cuernavaca. $\lambda = 99^{\circ}13'19''$; $\varphi = 18^{\circ}55'47''$; asnm = 1560 m.

Datos básicos sobre el sitio

Varias estructuras que se conservan y que han sido exploradas y restauradas formaban parte de un centro cívico-ceremonial que floreció en el Posclásico Tardío, desde el siglo XIV d.C. hasta la Conquista (Angulo 1976: 197s). La Estructura I, edificio principal del sitio, es un templo piramidal con al menos dos superposiciones, cuyas escalinatas dobles de acceso dan hacia el poniente. La última etapa constructiva está conservada sólo en su parte inferior, mientras que la subestructura fue encontrada en mucho mejor estado; en su plataforma superior se conservan restos de dos santuarios (Marquina 1964: 220-223, lámina 63, fotos 87 y 88; Noguera 1975: 134ss; Angulo 1976: 183s). Parece que las dos superposiciones tenían la misma orientación.

A unos 30 m al oriente de la Estructura I se localizan restos de la Estructura II, que fue un templo de dimensiones más modestas ("Templo de Tezcatlipoca"); flanqueando la plaza al poniente de la pirámide principal se encuentran otros basamentos menores (Angulo 1976: 184ss).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.132 son válidas para el siglo XIV d.C.

Tabla 5.132

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE TEOPANZOLCO

Estructura	A	h	δ	Fechas	Alineamiento hacia
Estr. I	$92^{\circ}37' \pm 15'$	$1^{\circ}03' \pm 5'$	$-2^{\circ}15' \pm 20'$	mar 15, sep 29 ± 1^d	
	$272^{\circ}37' \pm 15'$	$3^{\circ}10' \pm 10'$	$3^{\circ}26' \pm 20'$	mar 29, sep 14 ± 1^d	C. del Aire
	$1^{\circ}25' \pm 1^{\circ}$				C. Tres Cruces

Los azimuts de orientación este-oeste en la tabla 5.132 se basan en los muros de los dos santuarios superiores de la subestructura, ambos claramente orientados hacia el pico sur (el más alto) del cerro del Aire al poniente, como ya notó Ponce de León (1982: 31s, 34, foto

9), el cual les asignó la desviación de 2.5° al norte del poniente. Aveni (1991a: 268, 355; Aveni y Gibbs 1976: 511s, tabla 1) determinó para la base de la escalinata exterior el azimut 0°43'. Los azimuts de las líneas norte-sur de las dos etapas expuestas de la estructura varían considerablemente más que los de las líneas este-oeste. La evidente falta de perpendicularidad en la planta del edificio probablemente puede explicarse por la topografía circundante: Ponce de León (1982: 59, n. 26) hace notar que el eje norte-sur de la estructura pasa por el cerro Acatlipa hacia el sur y por el cerro Tres Cruces hacia el norte. En tanto que casi todas las líneas norte-sur observables en el edificio, en efecto, apuntan aproximadamente hacia la cima poniente (la más alta) del cerro Tres Cruces (o Tres Cumbres; $A = 1^{\circ}35'$), su correspondencia con la dirección hacia el poco prominente cerro Acatlipa ($A = 182^{\circ}27'$) es menos exacta; sin embargo, a este último cerro parecen estar dirigidas las líneas norte-sur de la adyacente Estructura II, aunque sus paramentos este-oeste son –por ser más rectangular su planta– aproximadamente paralelos a los de la Estructura I. De hecho, todas las estructuras expuestas de Teopanzolco exhiben aproximadamente la misma orientación, probablemente regida por la del templo principal.

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.133 son válidas para el siglo XIV d.C.

Tabla 5.133

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE TEOPANZOLCO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
V. Popocatepetl	80°39'	3°13'	9°49'	abr 15, ago 28
C. La Corona	94°15'	1°21'	-3°41'	mar 11, oct 2
C. Las Tetillas	115°13'	0°22'	-23°47'	dic 21 ?

Intervalos

Véase tabla 5.134.

Discusión

La Estructura I está evidentemente orientada hacia el cerro del Aire al poniente y registra las puestas del Sol en las fechas 29 de marzo y 14 de septiembre, separadas por el intervalo de 169 días (13 trecenas).

Casi el mismo intervalo separa las fechas que señala la estructura hacia el oriente; debido a las alturas del horizonte este y oeste, sin embargo, los intervalos "ideales" entre las fechas de registro oriente y poniente no se pudieron obtener con una sola orientación. Podemos suponer que la Estructura I señalaba únicamente las puestas del Sol, en tanto que las salidas del Sol eran marcadas por la Estructura II, situada al oriente de la Estructura I: si las dos estaban en uso simultáneamente –lo cual parece muy probable, considerando el lapso relativamente corto del florecimiento del sitio–, desde la Estructura II no se podían observar los fenómenos en el horizonte oeste, ya que la Estructura I bloqueaba la vista en esa dirección; por lo tanto, también es probable que la Estructura I –aunque más alta que la adyacente Estructura II, por lo que el horizonte este tal vez pudo verse desde su plataforma superior– servía sólo para observar las puestas del Sol. La orientación de la Estructura II es parecida a la de la Estructura I, pero su estado de preservación no permite determinarla con exactitud. El azimut medio de los taludes este-oeste de su cuerpo principal es aproximadamente $92^{\circ}05'$; si éste representa la orientación intencionada del templo, las fechas de salida del Sol correspondientes fueron 16 de marzo y 28 de septiembre, separadas por el intervalo de 169 días entre sí y, además, por intervalos de 13/14 días de las fechas de registro poniente de la Estructura I.

Tabla 5.134

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TEOPANZOLCO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
4, 3	E estr. - E La Corona	84, 83	E estr. - E Las Tetillas
14, 15	E - W estr.	98	W estr. - E Las Tetillas
17	W estr. - E Popocatépetl	115	E Popocatépetl - E Las Tetillas
18	W estr. - E La Corona	135	E - E Popocatépetl
31, 32	E estr. - E Popocatépetl	160	E - E La Corona
35	E Popocatépetl - E La Corona	167	E - E estr.
80	E La Corona - E Las Tetillas	169	W - W estr.

También cabe notar que las dos escalinatas de la Estructura I-sub tienen la inclinación de aproximadamente $50^{\circ}10'$. Puesto que su orientación, indicada por las alfardas, coincide con la de la estructura ($A = 92^{\circ}37'$; véase tabla 5.132), el Sol requiere la declinación de unos $12^{\circ}50'$, para que se encuentre en el eje del edificio y, al mismo tiempo, tenga la altura equivalente a la inclinación de las escalinatas. La declinación citada corresponde a las fechas 24 de abril y 19 de agosto, separadas por el intervalo de 117 días (9 trecenas) entre sí y por intervalos de 26 días (2 trecenas) de las fechas de registro poniente

de la estructura. El fenómeno de "Sol rasante" (cf. Ponce de León 1991: 420ss) pudo haber sido recalcado mediante las sombras arrojadas por los "cubos" que se encuentran en los extremos superiores y a media altura de las alfardas (cf. Marquina 1964: 222s, fotos 87 y 88), como ya fue descrito en relación con la pirámide de Tenayuca (*supra*, "Tenayuca, México"). Las escalinatas de la última etapa de la Estructura I se conservan sólo en su parte inferior, por lo que resulta más difícil determinar con precisión su orientación y pendiente originales. Las partes conservadas y restauradas de las alfardas centrales exhiben el azimut medio de aproximadamente $91^{\circ}43'$, en tanto que su inclinación es cerca de $45^{\circ}30'$, que corresponden a la declinación de aproximadamente $12^{\circ}15'$; las fechas correspondientes hubiesen sido 22 de abril y 21 de agosto, separadas por el intervalo de 121 días (aproximadamente 6 veintenas). No obstante, el hecho de que tanto la inclinación como el azimut de las alfardas de la última etapa parecen haber sido menores que en la subestructura suscita la sospecha de que el fenómeno de Sol rasante tal vez se intentaba lograr (si es que la orientación y la inclinación de las escalinatas realmente fueron dictadas por consideraciones astronómicas) en las mismas fechas que en la etapa constructiva anterior (cf. circunstancias parecidas en la pirámide de Tenayuca: *supra*).

Al observar desde la Estructura I (para la que valen los datos sobre el horizonte en la tabla 5.133), el Sol en los solsticios de invierno no salía exactamente alineado con el cerro Las Tetillas, ya que las declinaciones extremas del Sol en el siglo XIV fueron aproximadamente $\pm 23^{\circ}31'$; sin embargo, la dirección hacia el cerro hubiese sido exactamente solsticial para el observador situado en alguno de los templos menores que flanquean la plaza al poniente de la Estructura I.

Cerro de los Ídolos, México

Ubicación

En la parte alta del cerro de los Ídolos, al poniente del poblado de Malinalco. $\lambda = 99^{\circ}30'10''$; $\varphi = 18^{\circ}57'17''$; asnm = 1 980 m (Estructura II).

Datos básicos sobre el sitio

La ocupación del cerro de los Ídolos se remonta al Clásico (Galván 1984: 29, 167), pero las estructuras localizadas en la cumbre perte-

necen al Posclásico Tardío (José Hernández Rivero: comunicación personal, 1996). En tanto que los edificios en la ladera sur del cerro datan de las últimas décadas antes de la llegada de los españoles (v. *infra*, "Malinalco, México"), el sitio en la cumbre podría ser de un periodo más temprano, perteneciendo a la época antes de la conquista mexicana de la región (Townsend 1982a: 119). Según Galván (1984: 27), "todo indica que su función fue de carácter religioso y acaso administrativo, más que de habitación permanente o vivienda."

El estado actual de los restos arquitectónicos sólo nos ha permitido determinar la orientación de la Estructura II, que es un basamento de planta aproximadamente cuadrada, ubicado en medio de la Plataforma A en la parte más alta del cerro (nomenclatura según el levantamiento topográfico preliminar de Alejandro Tovalín, "Proyecto Malinalco 1987-88"); durante las excavaciones de la estructura se encontró una escultura del dios Ehécatl (José Hernández Rivero: comunicación personal, 1996).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.135 valen para principios del siglo XV d.C.

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.136 son válidas para principios del siglo XV d.C.

Tabla 5.135

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA
EN EL CERRO DE LOS ÍDOLOS

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
Estr. II	105°32' ± 30'	2°30' ± 15'	-13°53' ± 35'	feb 12, oct 30 ± 2 ^d
	285°32' ± 30'	11°40' ± 30'	18°17' ± 40'	may 12, jul 31 ± 3 ^d

Tabla 5.136

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL CERRO DE LOS ÍDOLOS

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Coauixtla	85°30'	5°10'	5°53'	abr 5, sep 8
C. La Cruz de Tejaltepec	115°32'	2°24'	-23°16'	dic 21 ?

Intervalos

Véase tabla 5.137.

Tabla 5.137
INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS
EN EL CERRO DE LOS ÍDOLOS

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
37, 39	W estr. - E Coauixtla
52	E estr. - E Coauixtla
53, 52	E estr. - E Tejaltepec
80	W - W estr.
89, 91	E - W estr.
105, 104	E Coauixtla - E Tejaltepec
105	E - E estr.
142, 143	W estr. - E Tejaltepec
156	E - E Coauixtla

Malinalco, México

Ubicación

En la ladera sur del cerro de los Ídolos, al poniente del poblado de Malinalco: $\lambda = 99^{\circ}30'08''$; $\varphi = 18^{\circ}57'08''$; asnm = 1 870 m (Estructura IV).

Datos básicos sobre el sitio

Las estructuras que fueron exploradas y que se localizan en una terraza artificial, en parte labrada en la montaña y completada con terraplenes y muros de contención, pertenecen a la época de la dominación de los mexicas, quienes conquistaron la región en 1476 (García Payón 1946; 1974; Marquina 1964: 204ss, lámina 59, foto 76; Townsend 1982a: 111, 119s; Schroeder 1985: 77ss). Según Townsend (*ibid.*), la construcción de los edificios empezó en los últimos años del reinado de Ahuízotl, hacia 1495, y continuó al menos hasta el año 1515. Evidentemente se trata de un centro ceremonial, pero las interpretaciones sobre el simbolismo de distintos edificios y la naturaleza del ritual asociado difieren (*cf.* García Payón 1946; 1974; Marquina 1964: 204-216; Mendoza 1977; Townsend 1982a; Hernández 1997; Broda *s.a.*).

La Estructura I es un templo monolítico tallado en la roca, con un aposento de planta circular y la escalinata dando al sur (García Payón 1974: figuras 6-17; Marquina 1964: 207ss, lámina 60, fotos 77-80).

Por su entrada en forma de las fauces abiertas de una serpiente o monstruo, así como por las esculturas zoomorfas que adornan su interior y la escalinata, el edificio ha sido interpretado como una cueva artificial o entrada al inframundo, como templo dedicado al culto de la tierra y del Sol; también se ha asociado con las órdenes militares de los caballeros águilas y tigres, y con los rituales destinados para consolidar y legitimar el poder imperial mexicana (García Payón 1974: 34ss; Mendoza 1977; Townsend 1982a; Hernández 1997).

La Estructura II, un basamento piramidal con la escalinata de acceso del lado poniente, se encontró muy destruida (García Payón 1974: 30), pero –según Sáenz (1963: 4s, fotos 6 y 7)– habían suficientes datos para su reconstrucción.

La Estructura III, orientada con su entrada hacia el sur, se compone de un aposento interior de planta aproximadamente circular y de un “vestíbulo” de planta rectangular (Marquina 1964: 211ss, lámina 61, fotos 81 y 82). Con base en la iconografía de los fragmentos de pintura mural, así como en otros hallazgos, García Payón (1974: 30ss, 49s, 58) interpretó el edificio como “una especie de crematorio” para los guerreros difuntos. En relación con las Estructuras I y III cabe mencionar que, según Broda (1991b: 110; s.a.), los santuarios orientados hacia el sur parecen estar asociados al culto de las diosas de la tierra.

La Estructura IV es un edificio relativamente grande de planta rectangular, en parte tallado en la roca del cerro y en parte construido de mampostería (Marquina 1964: 212ss, foto 83). Mencionando que la estructura, orientada hacia el este, tenía el techo dividido en dos niveles, entre los que podían pasar los rayos solares y alcanzar el altar en las primeras horas de la mañana, García Payón (1974: 32s, 44) sugiere que se trata de un “templo del Sol” donde se realizaban las fiestas de Nahuí Ollin cada 260 días. Desafortunadamente no conocemos evidencias arqueológicas que puedan sustentar esta hipótesis, cuyo origen ha de buscarse en las referencias históricas sobre el recinto ceremonial de Tenochtitlan; pero en todo caso, las fiestas que se hacían constantemente en intervalos de 260 días, es decir, siempre en las mismas fechas de *tonalpohualli*, no podían tener una correlación fija con ciertas fechas del año trópico, determinadas mediante las observaciones del Sol.

Por último, las Estructuras V y VI parecen haber sido pequeños adoratorios de planta redonda y con escalinatas hacia el poniente; la construcción de la Estructura VI nunca fue terminada (García Payón 1974: 33; Sáenz 1963: 4ss, fotos 8 y 9; Marquina 1964: 215).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.138 son válidas para fines del siglo XV d.C.

Tabla 5.138

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN MALINALCO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
Estr. II	94°57' ±? 274°57' ±?	4°35' ±? 14°10' ±?	-3°13' ±? 9°08' ±?	mar 12, oct 1 ±? abr 13, ago 29 ±?
Estr. IV	107°16' ± 15' 15°15' ± 15'	3°17' ± 10'	-15°14' ± 20'	feb 7, nov 3 ± 1 ^d

La Estructura II se encontró en un estado muy deteriorado (García Payón 1974: 30); el azimut este-oeste citado en la tabla corresponde a la parte inferior del talud norte que es original (José Hernández Rivero: comunicación personal, 1996) y que conserva restos de estuco. Puesto que ésta es la única línea confiable de la estructura, las demás no se midieron, por lo que no se puede estimar el posible margen de error de la orientación este-oeste y tampoco se incluye el azimut de orientación norte-sur. Aveni (1991a: 353) proporciona para esta estructura el azimut 93°27'.

Las Estructuras I y III no se toman en consideración, porque sus fachadas miran hacia el sur (*cf.* capítulo 3, "Orientaciones arquitectónicas"). Aveni (1991a: 353) proporciona para la fachada de la Estructura III el azimut de 102°16'. Los azimuts de las líneas incorporadas en la Estructura I son tan divergentes que no es posible asignar una sola orientación a toda la estructura: Aveni, dando en un lugar (1991a: 353) el azimut 184°05' para la perpendicular a la fachada del edificio, en realidad midió diversas líneas este-oeste y obtuvo azimuts que varían entre 90°48' y 95°48', en tanto que para el eje norte-sur estableció el valor de 182°54' (Anthony Aveni: comunicación personal a Johanna Broda 1977). Según Galindo (1990: S21, figura 4), sin embargo, el eje de simetría exterior del aposento redondo, que pasa exactamente en medio de la entrada, no coincide con el eje de simetría interior, definido por la línea que une las cabezas del águila central y del jaguar esculpidos en el piso y cuyo azimut es 180°35'. En vista de estas discrepancias, difícilmente podemos coincidir con la afirmación de que "el monumento tiene una perfecta orientación hacia el sur" (Torres Montes *et al.* 1989: 113). Aun menos aparentes son las bases para sustentar la opinión de que "la puerta de acceso, su pórtico, las escalinatas, la pequeña plataforma superior y los cuerpos

piramidales, tienen como objetivo la observación solar en el transcurso del día" (*ibid.*).

Para la Estructura IV no se presentan datos correspondientes al azimut de orientación hacia el oeste: debido a la inmediata cercanía de la línea del horizonte poniente, formada por la escarpada ladera del cerro al que está adosada la estructura, la declinación correspondiente al azimut hacia el oeste varía al desplazarse el observador tan sólo unos metros, por lo que resulta sumamente improbable que el edificio señalase algún fenómeno astronómico en esta dirección. Aveni (1991a: 353; Broda s.a.) midió sólo la pared poniente de la estructura y obtuvo el azimut 15°09'.

Por consiguiente, el azimut de 105°09', asignado al eje de simetría de la Estructura IV por Galindo (1990: S29, fig. 11), en realidad corresponde a la perpendicular a la pared monolítica poniente del edificio. Como observa el autor (*ibid.*: S25), esta línea imaginaria pasa por el horizonte este muy cerca de un corte formado por un afloramiento rocoso al suroeste de la cumbre del cerro Aguazarca. Sin embargo, el hecho visualmente comprobable en el sitio es que las líneas definidas por las paredes norte y sur de la estructura, así como por dos escalones paralelos que delimitan el espacio interior, pasan, prolongadas hacia el oriente, considerablemente al sur del corte. Parece más probable que estas líneas, cuya orientación respecto al horizonte oriente es físicamente observable y que son casi exactamente paralelas, son las que definen la orientación este-oeste de la estructura con mayor exactitud que la invisible perpendicular a una pared norte-sur. Hay que reconocer, empero, que el eventual significado astronómico de la orientación determinada (tabla 5.138) no es aparente.

No se han tratado de determinar las orientaciones de las Estructuras V y VI por ser poco confiables sus paramentos reconstruidos (José Hernández Rivero: com. personal, 1996).

Horizonte

Los datos en la tabla 5.139 son válidos para el observador en la Estructura II. Las fechas valen para fines del siglo XV d.C.

Tabla 5.139

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE MALINALCO

Prominencia	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	Fechas
C. La Cruz de Tejaltepec	114°25'	3°01'	-22°00'	ene 10, dic 1

Intervalos

Véase tabla 5.140.

Tabla 5.140

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN MALINALCO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
28	E Estr. IV - E Tejaltepec	65, 66	W Estr. II - E Estr. IV
32, 33	E - W Estr. II	93, 94	W Estr. II - E Tejaltepec
33	E Estr. II - E Estr. IV	96	E - E Estr. IV
40	E - E Tejaltepec	138	W - W Estr. II
61	E Estr. II - E Tejaltepec	162	E - E Estr. II

Discusión

Es posible que la Estructura II tuviera un azimut algo mayor, señalando las salidas del Sol en las fechas 11 de marzo/2 de octubre, 60 días (= 3 veintenas) después/antes de las fechas 10 de enero/1 de diciembre, registradas por el cerro La Cruz de Tejaltepec y separadas entre sí por el intervalo de 40 días (2 veintenas).

A pesar de las incertidumbres referidas en relación con la Estructura I, cabe mencionar la hipótesis planteada por J. Romero Quiroz (*fide* Galindo 1990: S23; Hernández 1997: 49s) de que los rayos solares iluminaban la cabeza del águila central en los solsticios de invierno a mediodía, simbolizando el descenso de Huitzilopochtli. Al verificar las circunstancias requeridas para que se pudiera haber observado el evento, Galindo (1990: S23ss, figs. 4-7; 1994: 160s) calculó que la entrada al templo, actualmente destruida en su parte superior, debería haber tenido la altura mínima de 2.91 m. No obstante, cabe señalar que –según García Payón (1974: 27)– la altura original de la puerta fue apenas de 1.98 m.

Galindo (1990: S25ss; 1994: 128ss) también exploró la posible significación astronómica del corte ubicado al suroeste del cerro Aguazarca y visible en el horizonte este de Malinalco. Si observamos desde la Estructura IV, el vértice del ángulo casi recto que forma la peña relativamente vertical con la ladera del cerro hacia el sur (*cf.* Galindo 1990: figs. 8 y 13) tiene el azimut $A = 105^{\circ}17'$ y la altura $h = 3^{\circ}13'$, que corresponden a la declinación $\delta = -13^{\circ}24'$. Las fechas exactas de la salida del Sol en esta dirección dependen de la posición del disco solar observada respecto al corte. Según Galindo (1990: S27ss), la posición tangencial inmediatamente a la derecha del corte debe haber sido la más relevante, ya que en este caso las fechas del

evento tienden a ser 12 de febrero y 30 de octubre, dividiendo el año en intervalos de 105 y 260 días. Al notar que el 12 de febrero corresponde al principio del año según Sahagún (*ibid.*: S26s), y abogando en favor de ajustes periódicos realizados para mantener el año calendárico en concordancia permanente con el año trópico, Galindo (1990: S31) afirma:

the lack of an adjustment would necessarily have caused an obvious position shift of the sun with respect to the cut in the mountain on the given dates. [...] Our results certainly support the intercalation, since without insertion the derived day-interval ratios between sunrise events, framed by the cut in the mountain, would be substantially altered after a few years.

Es cierto que, al usar un calendario formal cuyo año tiene sólo 365 días, las fechas *calendáricas* de los eventos referidos cambian periódicamente, pero hay que advertir que los *intervalos entre los fenómenos observados son siempre iguales*, formando un patrón constante que puede ser seguido y registrado mediante el sistema calendárico formal. En general, los alineamientos astronómicos en los sitios arqueológicos efectivamente sugieren que los mesoamericanos podían determinar con mucha precisión la discrepancia entre el año solar y el calendárico, pero no constituyen ninguna prueba de que estos conocimientos fueran aplicados en la práctica a manera de intercalaciones (*cf.* capítulo 4, "Argumentos en contra de intercalaciones en el calendario mesoamericano").

Cabe advertir que la declinación del Sol requerida para que el disco solar se vea tangente tanto a la pared vertical del corte como (con su limbo inferior) a la ladera de la montaña a la derecha es de aproximadamente $-13^{\circ}34'$, y que a finales del siglo XV d.C. las fechas en las que la declinación del Sol se aproximaba más a este valor eran 12 de febrero y 29 de octubre, separadas por intervalos de 106 y 259 días; para que éstos fueran casi siempre 105 y 260 días, marcados por las fechas 11-12 de febrero y 29-30 de octubre –como sucede en otros casos de estos alineamientos–, la declinación correspondiente del Sol debería ser unos 10' menor, pero este valor de declinación no se encuentra indicado por ningún rasgo sobresaliente del horizonte. En otras palabras, en las fechas separadas por intervalos "ideales", el Sol salía ligeramente al sur del corte, por lo que es posible, incluso, que no exista una relación causal entre la ubicación de la Estructura IV y el accidente en el horizonte oriente de Malinalco. En todo caso, el punto exacto que pudiese haber servido como marcador astronómico no es obvio, debido a la silueta peculiar de esta formación en la ladera del cerro Aguazarca, por lo que los datos correspondientes al corte no se tomaron en consideración en los análisis del presente estudio.

El Tepozteco, Morelos

Ubicación

Sobre afloramientos rocosos de la ladera sur del cerro Tepozteco, al norte del poblado de Tepoztlán: $\lambda = 99^{\circ}06'03''$; $\varphi = 19^{\circ}00'00''$; asnm = 2 100 m.

Datos básicos sobre el sitio

El sitio, delimitado por precipicios y escarpadas laderas del cerro en el que se localiza, debe haber sido un centro ceremonial. La estructura principal es el templo tradicionalmente conocido como Casa del Tepozteco (Saville 1896; Marquina 1964: 216-220; Noguera 1975: 132ss). En efecto, el santuario construido sobre un basamento piramidal debió ser consagrado a Tepoztécatl, uno de los más importantes dioses del pulque, relacionado también con la fertilidad (Seler 1904: 347ss; Besso-Oberto 1980: 15). La estructura superior, a la que asciende una escalinata del lado poniente, está relativamente bien preservada; tiene dos aposentos abiertos hacia el poniente. En las paredes interiores se conservan restos de diversos símbolos representados en relieve. Asociadas al edificio fueron encontradas dos lápidas esculpidas, una con el glifo de Ahuízotl y la otra con el signo calendárico 10 Tochtli. Este último ha sido interpretado como glifo correspondiente al año 1502, el último del reinado del gobernante azteca cuyo glifo nominal aparece en el otro relieve. Es posible, entonces, que la última etapa constructiva del templo, que posee al menos una subestructura, fuera terminada y consagrada en ese año (Saville, 1896: 226; Seler 1904: 346s; Noguera 1975: 134; Besso-Oberto 1980: 13); no obstante, según Chimalpahin, el templo fue construido por Ahuízotl en 1482, antes de su coronación (Angulo 1976: 201). Frente a la escalinata de acceso al templo se encuentra una pequeña plataforma de planta cuadrada (Marquina 1964: 217, lámina 62).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.141 son válidas para fines del siglo XV d.C.

La línea del horizonte oriente, formada por un afloramiento rocoso, se encuentra a escasos 80 m de distancia y es muy accidentada, por lo que el registro oriente de la estructura que varía en función del punto exacto de observación probablemente no era relevante.

Según Aveni y Gibbs (1976: 512), la base de la escalinata está desviada $18^{\circ}00'$ al oeste del sur; en otros lugares Aveni (1975: 171,

tabla 2; 1991a: 355) da los azimuts de $288^{\circ}40'$ y $287^{\circ}42'$. Este último es retomado por Tichy (1991: 99, 219) y Ponce de León (1982: 63, nota 50), quien también hace notar que el eje norte-sur de la estructura prolongado hacia el sur pasa por el cerro Chalchiltépetl.⁵⁴

Tabla 5.141

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE EL TEPOZTECO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
templo	$108^{\circ}01' \pm 10'$	$7^{\circ}53' \pm 2^{\circ}$	$-14^{\circ}13' \pm 1^{\circ}$	feb 10, oct 31 $\pm 3^d$	C. Chalchiltépetl
	$288^{\circ}01' \pm 10'$	$3^{\circ}05' \pm 5'$	$17^{\circ}58' \pm 15'$	may 11, ago 1 $\pm 1^d$	
	$198^{\circ}17' \pm 30'$				

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.142 son válidas para fines del siglo XV d.C. El cerro designado como C. ? se localiza a unos 2 km al noreste del cerro Zempoala (nombre desconocido; $\lambda = 99^{\circ}20'11''$, $\varphi = 19^{\circ}03'16''$; asnm = 3510 m).

Tabla 5.142

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE EL TEPOZTECO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. Zempoala	$279^{\circ}51'$	$3^{\circ}20'$	$10^{\circ}20'$	abr 16, ago 26
C. ?	$283^{\circ}45'$	$3^{\circ}03'$	$13^{\circ}56'$	abr 27, ago 15

Intervalos

Véase tabla 5.143.

⁵⁴ Este nombre aparece en la carta topográfica E14-A-59 del INEGI, escala 1: 50,000. Ponce de León (1982: 63, nota 50) usa para este cerro el nombre Chichiltépetl; la forma correcta sería Chalchiuhtépetl (Johanna Broda: comunicación personal, octubre de 1997).

Tabla 5.143

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL TEPOZTECO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
11	W Zempoala - W C. ?	82	W - W estr.
14	W estr. - W C. ?	90, 91	E - W estr.
25	W estr. - W Zempoala	102	E - E estr.
65, 66	E estr. - W Zempoala	110	W - W C. ?
76, 77	E estr. - W C. ?	132	W - W Zempoala

Discusión

Si recordamos que las deidades del pulque, entre las que se encuentra Tepoztécatl, estaban relacionadas con la Luna (Brotherston 1995), podría ser significativo el intervalo de 82 días (tabla 5.143) que separa las fechas del registro poniente de la estructura: es el múltiplo entero más exacto de tres meses siderales de la Luna ($3 \times 27.321661^d = 81.964983^d$). Al transcurrir un mes sideral, la Luna vuelve al mismo lugar entre las estrellas, pero "en virtud del número fraccionario de días de que consta el periodo sideral, la Luna ocupará esta posición $\frac{1}{3}$ de día (8 horas) después por la noche. Si el observador hace el primer registro a medianoche, debería hacer el segundo un mes sideral después, a las 8 a.m., cuando el Sol ya ha salido y las estrellas han dejado de ser visibles" (Aveni 1991a: 87s). Es decir, un periodo sideral de la Luna no siempre es directamente observable. Pero "al cabo de un periodo de $3 \times 27\frac{1}{3} = 82$ días, la Luna llegará a su posición original [...] a la misma hora de la noche. Por simple conveniencia, al señalar el movimiento de la Luna entre las constelaciones, los astrónomos antiguos tal vez hayan concedido mayor importancia al periodo de 82 días que al de $27\frac{1}{3}$ " (*ibid.*: 88). En efecto, la cuenta de meses siderales de la Luna en periodos de 82 días ha sido etnográficamente documentada entre los quichés de Momostenango en Guatemala (Tedlock 1983: 66s; 1991: 187s; 1992: 31ss). Si la orientación del templo del Tepozteco tiene que ver con la cuenta de periodos de tres meses siderales de la Luna, significa que la Luna pudo observarse entre las mismas estrellas a la misma hora en las dos noches que siguieron a la primera y a la segunda puesta anual del Sol en la dirección señalada por el templo.

Por otra parte, llama la atención el hecho de que el intervalo entre las fechas de registro poniente de la estructura se aproxima al periodo de 80 días (4 veintenas); si las dos fechas fueran 12 de mayo y 31 de julio, separadas por el intervalo de 80 días, las fechas señaladas por el cerro Zempoala caerían aproximadamente 26 días (2 trecenas) antes y

después de las puestas del Sol en el eje del edificio. Sin embargo, el estado de preservación de la estructura permite establecer su orientación con bastante seguridad y con un margen de error pequeño: el azimut de orientación citado en la tabla 5.141 corresponde al eje de simetría del santuario superior, definido por las jambas de la entrada al aposento interior y por las bases de las columnas del vestíbulo, y coincide con el valor medio de los azimuts medidos a lo largo de las paredes interiores este-oeste, casi exactamente paralelas entre sí. Por consiguiente, la orientación del edificio difícilmente puede relacionarse con las fechas 12 de mayo y 31 de julio, que corresponderían a un azimut más de 10' mayor que el determinado, aunque podemos especular que el azimut de orientación original era mayor que el actual y que el cambio fue producido por pequeños desplazamientos del terreno ocasionados por movimientos telúricos, cuyos efectos fueron tal vez más acentuados en el peñón sobre el que se localiza el templo.

La inclinación de la escalinata, cuyo eje coincide con el del templo, es de 55° aproximadamente, por lo que la declinación solar requerida para el fenómeno de "Sol rasante" (*cf.* Ponce de León 1991: 420ss) es 5°41', que corresponde a las fechas 3 de abril y 8 de septiembre. Éstas caen 13 días antes/después de la puesta del Sol en la dirección del cerro Zempoala, lo que quizá no sea accidental. También parece significativo que el 8 de septiembre, fiesta de la Natividad de la Virgen, sigue siendo una fecha importante en Tepoztlán, poblado cuyas raíces prehispánicas son indudables (*cf.* Seler 1904: 342): las ceremonias relacionadas con la festividad, que tiene que ver con las leyendas sobre el rey Tepoztécatl, se realizan no sólo en el pueblo sino también en la pirámide del Tepozteco. Además, en esta fecha el Sol, observado desde Tepoztlán, sale alineado con la cumbre del volcán Popocatepetl (Morante 1988).

Tecoaque, Tlaxcala

Ubicación

Al suroeste del valle de Apan, a unos 28 km al este de Texcoco y a 6 km al oeste de Calpulalpan. $\lambda = 98^{\circ}37'27''$; $\phi = 19^{\circ}35'03''$; asnm = 2 640 m.

Datos básicos sobre el sitio

El sitio estaba ocupado durante el Clásico y, después de un lapso de abandono, en el Posclásico. Hasta la fecha se han explorado una estructura de planta circular e, inmediatamente al norte de esta, una estructura de planta rectangular, ambas con escalinatas de acceso del lado oriente. Los hallazgos asociados sugieren que se trata de edificios ceremoniales. En la estructura rectangular se conservan restos de columnas en el patio interior, rodeado por banquetas a lo largo de los lados norte, poniente y sur, braseros rituales y un altar sobre la banqueta poniente. El edificio circular era evidentemente un templo de Ehécatl. El lugar, al parecer el centro ceremonial del poblado mencionado en las fuentes como Zultepec o Zoltepec, fue conquistado por los españoles; por lo tanto, ambas estructuras probablemente no son anteriores al Posclásico Tardío (Jarquín y Martínez 1994).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.144 son válidas para el siglo XV d.C.

El eje del Templo de Ehécatl pasa, prolongado hacia el oriente, por la cumbre sur del cerro San Nicolás y, prolongado hacia el poniente, por el cerro Chame (figura 44). Algunas líneas norte-sur del Templo de Ehécatl están alineadas hacia el cerro Iglesia Vieja al norte. El altar situado inmediatamente al oriente del Templo de Ehécatl está desviado respecto a este último; el azimut de su eje este-oeste es aproximadamente $107^{\circ}30'$, cercano al de la orientación de la estructura rectangular (véase tabla 5.144).

Horizonte

Los datos en las tablas 5.145 y 5.146 son válidos para el observador en el Templo de Ehécatl; las fechas valen para el siglo XV d.C.

Discusión

Puesto que las fechas de registro oriente del Templo de Ehécatl dividen el año en intervalos de 105 y 260 días, quizá no sea coincidencia que, al observar desde el edificio rectangular, el cerro Chame señalara las puestas del Sol en las fechas 30 de abril y 12 de agosto ($A = 284^{\circ}33'$; $h = 3^{\circ}37'$; $\delta = 14^{\circ}52'$). Las fechas registradas por la estructura rectangular dividen el año en cuatro periodos aproximadamente iguales.

Tabla 5.144

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN TECOAQUE

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
Templo Ehécatl	105°00' ± 30' 285°00' ± 30' 13°30' ± 30'	0°55' ± 3' 3°35' ± 5'	-13°54' ± 30' 15°16' ± 30'	feb 12, oct 30 ± 2 ^d may 1, ago 11 ± 2 ^d	C. San Nicolás sur C. Chame
estructura rectangular	106°55' ± 30' 286°55' ± 30' 16°56' ± 30'	0°50' ± 2' 2°51' ± 10'	-15°44' ± 30' 16°50' ± 30'	feb 6, nov 5 ± 2 ^d may 7, ago 6 ± 2 ^d	



Figura 44. Templo de Ehécatl de Tecoaque; vista hacia el poniente a lo largo del eje de la estructura, orientada hacia el cerro Chame.

Tabla 5.145

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE TECOAQUE

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. El Rosario	76°44'	0°49'	12°39'	abr 24, ago 20
C. San Nicolás norte	102°13'	0°56'	-11°17'	feb 19, oct 22

Tabla 5.146

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE TECOAQUE

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. La Cantera	277°03'	3°44'	7°50'	abr 9, sep 2

Intervalos

Véase tabla 5.147.

Tabla 5.147

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TECOAQUE

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
5, 6	W T. Ehécatl - W estr. rect.	71, 72	W T. Ehécatl - E San Nicolás N
6	E T. Ehécatl - E estr. rect.	77	W estr. rect. - E San Nicolás N
7, 8	E T. Ehécatl - E San Nicolás N	77	E estr. rect. - E El Rosario
7, 9	W T. Ehécatl - E El Rosario	78, 80	E - W T. Ehécatl
13, 14	W estr. rect. - E El Rosario	84, 85	E T. Ehécatl - W estr. rect.
13, 14	E estr. rect. - E San Nicolás N	84, 86	W T. Ehécatl - E estr. rect.
15, 13	E El Rosario - W La Cantera	91	W - W estr. rect.
22	W T. Ehécatl - W La Cantera	90, 91	E - W estr. rect.
27, 28	W estr. rect. - W La Cantera	93	E - E estr. rect.
49, 50	E San Nicolás N - W La Cantera	102	W - W T. Ehécatl
56, 58	E T. Ehécatl - W La Cantera	105	E - E T. Ehécatl
62, 64	E estr. rect. - W La Cantera	118	E - E El Rosario
64, 63	E El Rosario - E San Nicolás N	120	E - E San Nicolás N
71	E T. Ehécatl - E El Rosario	146	W - W La Cantera

Los Reyes, México

Ubicación

Al noroeste del volcán La Caldera, en el poblado Los Reyes, del municipio de La Paz, que forma parte de la zona sureste del área conurbada de la Ciudad de México: $\lambda = 98^{\circ}58'56''$; $\phi = 19^{\circ}21'05''$; asnm = 2 260 m.

Datos básicos sobre el sitio

Se trata de un templo piramidal construido sobre una plataforma, probablemente perteneciente a las últimas etapas del Posclásico Tardío (Carlos Navarrete: comunicación personal, septiembre de 1996). La escalinata de acceso se encuentra del lado poniente. La estructura está restaurada, pero no hay un informe publicado. Evidentemente se trata del sitio Ix-A-41 de Blanton (1972: 142s), donde fue encontrada la cerámica predominantemente Azteca Tardía; Blanton (*ibid.*) menciona una pirámide de 35 m de diámetro y 6 m de altura, localizada en el extremo sur del sitio, en un área con muy poca cerámica de tipos Azteca, Tolteca Tardío y Clásico, pero agrega que la estructura ha de ser azteca, según lo indica la cerámica encontrada sobre y alrededor de ella.

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.148 valen para principios del siglo XV d.C.

Tabla 5.148

DATOS SOBRE LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE LOS REYES

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
pirámide	101°05' ± 30'	2°48' ± 15'	-9°34' ± 35'	feb 24, oct 18 ± 2 ^d
	281°05' ± 30'	⊕ 1°12' ± 7'	10°45' ± 30'	abr 17, ago 25 ± 1 ^d
	13°30' ± 2°			

Horizonte

Las fechas en la tabla 5.149 son válidas para principios del siglo XV d.C.

Tabla 5.149

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE LOS REYES

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
⊕ C. Tláloc	76°42'	3°32'	13°39'	abr 27, ago 17
⊕ C. Telapón	85°40'	3°36'	5°13'	abr 3, sep 10

Intervalos

La estructura evidentemente señalaba fechas separadas por intervalos que tendían a ser múltiplos de 13 días (tabla 5.150).

Tabla 5.150

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN LOS REYES

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
10, 8	W estr. - E Tláloc	62	E estr. - E Tláloc
14, 16	W estr. - E Telapón	112	E - E Tláloc
24	E Tláloc - E Telapón	129	E - E estr.
38	E estr. - E Telapón	130	W - W estr.
52, 54	E - W estr.	160	E - E Telapón

Texcotzingo, México

Ubicación

En las laderas y la cumbre del cerro Texcotzingo, al sur del pueblo San Nicolás Tlaminca y a unos 7 km al este de Texcoco: $\lambda = 98^{\circ}49'04''$; $\varphi = 19^{\circ}29'48''$; asnm = 2560 m (área F).

Datos básicos sobre el sitio

En la ladera poniente del cerro hay vestigios cerámicos del Preclásico (sitios Tx-LF-12 y Tx-TF-20 de Parsons 1971: 32s, 45), pero el resto del sitio pertenece al Posclásico Tardío (sitio Tx-A-62 de Parsons 1971: 122-125, láminas 41-46). Se trata de un complejo cívico-ceremonial construido a mediados del siglo XV d.C. por el gobernante texcocano Nezahualcóyotl y extensamente descrito por Fernando de Alva Ixtlilxóchitl (1985, II: 114ss; Reyes, 1888; Parsons 1971: 122ss; Noguera 1972: 77ss; Schroeder 1985: 66-77). Debido a los comentarios de Ixtlilxóchitl, el sitio ha sido tradicionalmente considerado como un lujoso bosque de recreo, diseñado y disfrutado por Nezahualcóyotl, pero las características de diversas estructuras sugieren que el lugar fue importante también –o sobre todo– por sus funciones rituales. De hecho, Townsend (1982b: 50ss; 1987: 389) interpreta el sitio exclusivamente como espacio ceremonial: "The set of monuments at Tetzcotzingo form a ritual landscape, showing the elements of nature that were most significant to agricultural man in the highland environment" (Townsend 1987: 389).

Diversos monumentos cuyos restos se conservan están ubicados a lo largo de una vereda que circunda el cerro y en cuya sección sur se observan partes del canal por el que llegaba el agua desde la sierra al oriente. El acueducto de Texcotzingo formaba parte de un complejo sistema hidráulico construido para suministrar el agua a los poblados y campos de cultivo en las estribaciones de la sierra. La última parte del canal que llega a Texcotzingo está construida sobre un terraplén de considerables dimensiones, que une el cerro Texcotzingo con el cerro Metécatl, ubicado inmediatamente al oriente; la construcción se conoce como "Calzada de Tylor", en honor al ilustre antropólogo británico, quien la describió en un libro publicado en 1861 (Palerm y Wolf 1972: 128s, 136s; Parsons 1971: 123s, 146ss, figs. 24 y 32, láminas 41 y 42a).

Parsons (1971: 123ss, fig. 24) divide el sitio en ocho áreas. En tanto que en el área A, ubicada en las faldas poniente del cerro, predomina el material preclásico, sin que haya vestigios arquitectónicos, las demás

áreas son posclásicas, destacándose por restos de estructuras, que han sido parcialmente restauradas, y otros monumentos.

El canal principal que rodea el cerro por su ladera sur parece terminar en el área B, tradicionalmente conocida como "Baño del Rey" y situada en la ladera poniente. Aparte de una cavidad circular tallada en la roca, hay restos de construcciones de mampostería dispuestas en varias terrazas, aparentemente mirando hacia el poniente (Parsons 1971: 124, lámina 44a).

El área C se localiza en las faldas sur del cerro. A un lado del camino con el canal se encuentra el complejo conocido como "Baño de la Reina", cuyo rasgo principal es una cavidad circular esculpida en la roca; de aquí baja una serie de escalinatas, también talladas en la ladera rocosa del cerro, hacia un conjunto de estructuras; la más grande forma un espacio rectangular (*ibid.*: 124, láminas 43b, 44b).

El área D, que se encuentra en el lado oriente del cerro y en el extremo poniente de la Calzada de Tylor, parece haber sido un templo; en parte tallado en la roca y en parte construido de mampostería, mirando con su escalinata de acceso hacia el este (*ibid.*: 123s, láminas 41b, 42a, 45a). En vista de su asociación con el acueducto, Townsend (1982b: 59; 1987: 389) relaciona esta estructura con la diosa Chalchiuhtlicue.

En las faldas, arriba del área D, y al oriente de la cumbre del cerro se localiza el área E, con varias plataformas o terrazas y una pequeña cueva artificial, excavada en una pared casi vertical de la roca natural (Parsons 1971: 125, lámina 45b). Según Townsend (1982b: 53ss, figs. 9 y 10), quien interpreta esta área como lugar de reuniones y monumentos escultóricos dedicados a Nezahualcóyotl, la cueva fue hecha por buscadores de tesoros en tiempos coloniales; no obstante, los restos de banquetas y taludes esculpidos en la roca frente a la cueva son evidentemente de origen prehispánico.

En la parte más alta del cerro, en el área F, se encuentran restos de una amplia construcción, actualmente muy destruida, así como una roca parcialmente labrada (Parsons 1971: 125). En vista de la presencia de un rostro de Tláloc grabado en un afloramiento de piedra, Townsend (1982b: 58s, fig. 12; 1987: 389) sugiere que al menos un edificio de la cumbre estaba dedicado a este dios.

Al poniente de la cumbre y arriba del área B ("Baño del Rey") se localiza el área G, en la que se conservan fragmentos de relieves esculpidos en la roca (Parsons 1971: 125, lám. 46a); se trata de dos personajes que Townsend (1982b: 59ss; 1987: 389) interpreta como deidades de tipo Tlazoltéotl-Cintéotl, relacionadas con el ciclo agrícola y las primicias.

Por último, en la ladera norte del cerro y a un lado de la vereda se sitúa el área H, una escalinata que da hacia el poniente y una cavidad circular esculpidas en la roca (Parsons 1971: 125). Aparentemente se

trata de restos de un templo, cuya parte superior se encuentra casi totalmente destruida.

A pesar del deterioro que han sufrido los monumentos de Texcotzingo, algunas áreas definidas arqueológicamente y observables en el campo pueden identificarse con ciertas partes del sitio referidas en la descripción de Alva Ixtlilxóchitl (1985, II: 114ss; *cf.* Parsons 1971: 122s).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.151 son válidas para el siglo XV d.C.

Los azimuts este-oeste del área B se basan en los restos de la estructura superior (posiblemente templo), particularmente en los paramentos norte y sur de un muro que está situado en el costado sur de la plataforma superior y que conserva restos de estuco. Los taludes norte y sur de las plataformas inferiores no son paralelos entre sí, por lo que no se han tomado en consideración. El azimut hacia el norte que aparece en la tabla 5.151 y que corresponde a la dirección hacia el cerro Gordo visible en el horizonte norte está incorporado no sólo en la cara poniente del muro referido de la estructura superior sino también en el canal de desagüe que corre –como última parte del acueducto que llevaba el agua al “Baño del Rey”– a lo largo de la terraza inmediata inferior, así como en el talud poniente de esta terraza y en el de la extrema inferior, ambos con restos de estuco. Aunque los azimuts de los taludes de la terraza superior y de la segunda intermedia no corresponden con esta dirección –y son, además, divergentes entre sí–, no parece fortuito el hecho de que cuatro líneas de este conjunto arquitectónico, tan evidentemente relacionado con el agua, estén alineadas hacia el cerro Gordo, cuyo simbolismo acuático e importancia en la cosmovisión de los habitantes de la región son bien conocidos (*cf.* Tobriner 1972).

Para el área C se presentan promedios de los azimuts medidos en diversas estructuras que tienen aproximadamente la misma orientación.

La estructura del área D está en parte excavada en la rocosa y escarpada ladera oriente del cerro, por lo que no es probable que su orientación funcionara hacia el poniente. Cabe señalar que la llamada Calzada de Tylor, con restos del acueducto, se encuentra en frente de la estructura, exactamente en su eje que, prolongado hacia el oriente, pasa por una ligera elevación visible en el horizonte (figura 45). Podría ser significativo que los vecinos de Tlaxpan comentaron, en el siglo pasado, que éste “era un lugar destinado para adorar el Sol” (Reyes, 1888: 142). También es interesante que Reyes (1888: 141) midió esta estructura hace más de cien años y obtuvo “un azimut magnético de 88° del N. al W. [...] que corresponde á un azimut verdadero de 80°

próximamente"; puesto que se trata del ángulo al poniente del norte, el valor coincide con el azimut de 100°, resultado de mis propias mediciones (tabla 5.151).

Las estructuras del área E están muy destruidas, pero algunos restos de taludes tallados en la roca frente a la cueva artificial sugieren que su orientación fue igual a la de la estructura del área D.

La orientación citada para el área F se basa en el azimut de una sola y relativamente corta hilera de piedras que se conserva como base de un muro en la cumbre del cerro, por lo que no se pueden estimar los posibles márgenes de error. Los azimuts de algunos taludes de mampostería que se observan en las faldas inmediatamente al oriente y al sur de la cima son divergentes y no se han tomado en consideración; evidentemente se trata de muros de contención construidos para sostener la(s) estructura(s) superior(es). No se ha podido identificar el alineamiento que menciona Townsend (1982b: 53), refiriéndose aparentemente a esta área:

An architectural fragment below the summit shows an angle 14°24' east of north, a measurement within the range of orientations published by Aveni and Gibbs for other highland ruins. This leads to the inference that Tetzcotzingo had astronomical functions akin to those of the Tenochtitlan pyramid, as a place where religious and state events were coordinated to the seasonal cycle at equinoctial times.

No hay que dudar de las propiedades astronómicas de los monumentos arquitectónicos de Texcotzingo, pero también es obvio que una conclusión tan específica no se puede derivar del dato citado que, además de ser aislado, es difícilmente relacionable con los equinoccios.

Tabla 5.151

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN TEXCOTZINGO					
<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
área B	85°22' ± 1° 265°22' ± 1° 358°52' ± 30'	18°30' ± 1° 0°35' ± 10'	10°16' ± 75' -4°18' ± 1°	abr 17, ago 27 ± 3 ^d mar 9, oct 4 ± 2 ^d	C. Gordo
área C	93°46' ± 1° 273°46' ± 1° 3°00' ± 2°	5°55' ± 15' 0°40' ± 10'	-1°36' ± 1° 3°39' ± 1°	mar 16, sep 27 ± 2 ^d mar 29, sep 13 ± 2 ^d	
área D	100°00' ± 20' 12°00' ± 30'	5°14' ± 5'	-7°40' ± 20'	mar 1, oct 13 ± 1 ^d	C. ?
área F	82°45' ± ? 262°45' ± ?	3°15' ± ? 0°31' ± ?	7°52' ± ? -6°47' ± ?	abr 10, sep 3 ± ? mar 3, oct 10 ± ?	
área H	105°30' ± 1° 285°30' ± 1° 15°30' ± 1°	5°00' ± 10' 0°16' ± 10'	-12°52' ± 1° 14°33' ± 1°	feb 14, oct 27 ± 3 ^d abr 29, ago 13 ± 3 ^d	

Los relieves del área G están muy deteriorados, pero podemos suponer que miraban hacia las puestas del Sol en los solsticios de verano: las partes lisas de la roca tallada que se conservan tienen el azimut de aproximadamente 25°. Según la tradición referida por Reyes (1888: 145), en este sitio "era adorado el Sol en su ocaso".

El azimut este-oeste del área H corresponde tanto a la perpendicular a los escalones esculpidos en la roca madre como a la cara sur, aparentemente labrada, de una gran roca que se encuentra en la parte superior, donde debió estar el santuario. Puesto que la alfarda sur, que es la única que se conserva, no es perpendicular a los escalones, es probable que no fuera paralela a la alfarda norte, actualmente desaparecida, por lo que su azimut no se ha tomado en consideración.

Horizonte

Los datos en las tablas 5.152 y 5.153 son válidos para el observador en el área F, es decir, en la cumbre del cerro Texcotzingo. Las fechas valen para el siglo XV d.C.

Tabla 5.152

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE TEXCOTZINGO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
C. Tlamacas	65°55'	2°38'	23°29'	jun 21 \pm 3 ^d

Tabla 5.153

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE TEXCOTZINGO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
Pico Tres Padres	289°14'	0°38'	18°12'	may 12, jul 31

Intervalos

Véase tabla 5.154.

Tabla 5.154

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TEXCOTZINGO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
6	W área B - W área F	45, 44	E área B - W área F
7	E área B - E área F	47	E área B - E área D
7	W área B - E área C	51, 52	W área B - W área H
8, 9	W área B - E área D	53	W área H - E Tlamacas
12, 10	W área C - E área F	55, 54	E área F - E área H
12, 14	E área B - W área H	57, 58	W área F - W área H
13	E área C - W área F	57, 58	E área C - W Tres Padres
13	W área H - W Tres Padres	59, 61	E área D - W área H
13, 14	E - W área C	62, 61	E área B - E área H
15, 14	E área D - E área H	64, 65	W área B - W Tres Padres
15, 16	E área C - E área D	65, 67	E área B - E Tlamacas
17	W área F - E área H	70, 71	W área F - W Tres Padres
19, 17	E área B - W área C	72, 74	E área F - E Tlamacas
19, 21	E área F - W área H	72, 74	E área D - W Tres Padres
20, 21	W área B - W área C	74, 75	E - W área H
23	W área B - E área H	80	W - W Tres Padres
25, 24	E área C - E área F	84	W área C - E Tlamacas
25, 27	E área B - W Tres Padres	87, 88	E área H - W Tres Padres
26, 27	W área C - W área F	97, 98	E área C - E Tlamacas
28, 30	W área C - E área D	104, 105	W área B - E Tlamacas
30	E área C - E área H	106	W - W área H
31	W área C - W área H	110	E - E área H
32, 31	E área B - E área C	110, 111	W área F - E Tlamacas
32, 31	W área B - E área F	112, 114	E área D - E Tlamacas
32, 34	E área F - W Tres Padres	127, 128	E área H - E Tlamacas
38, 37	E - W área F	132	E - E área B
39, 38	E - W área B	139	E - E área D
40	E Tlamacas - W Tres Padres	144	W - W área F
40	E área D - E área F	146	E - E área F
43, 44	W área C - E área H	156	W - W área B
44	W área C - W Tres Padres	168	W - W área C
44, 45	E área C - W área H	170	E - E área C

Discusión

Si se observaba desde la cumbre del cerro Texcotzingo (área F), el cerro Tlamacas marcaba las salidas del Sol en el solsticio de verano, y el pico Tres Padres las puestas del Sol en las fechas separadas por 80 días (véase tablas 5.152, 5.153 y 5.154); estos hechos tal vez contribuyeron a la importancia especial del cerro Texcotzingo y a la construcción de los edificios cuyas orientaciones, al parecer, tenían la función de hacer posible el manejo de un complicado calendario observacional. Parece que para poder determinar las fechas correspondientes con los alineamientos era relevante la posición tangencial del disco solar encima del horizonte, ya que en este caso el intervalo entre las puestas

del Sol sobre el pico Tres Padres era constantemente 80 días (4 veintenas), mientras que las fechas de registro oriente del área D, cuya orientación se ha podido determinar con bastante precisión (figura 45), estaban separadas por 140 días (7 veintenas). Si el azimut de la estructura del área F (poco confiable: *v. supra: Orientaciones*) era algo mayor del citado en la tabla 5.151, un posible calendario observacional pudo haber sido el que se presenta en la tabla 5.155. No obstante, podemos notar que también los intervalos entre las fechas señaladas por las áreas B, C y F parecen significativos (tabla 5.154) y pudieron haber formado parte de otros esquemas observacionales.

Tabla 5.155

ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE TEXCOTZINGO

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
		140		
E área D	mar 1	39	39	oct 12
E área F	abr 9	20	21	sep 3
W área H	abr 29	13	13	ago 13
W Pico Tres Padres	may 12	40	40	jul 31
E Tlamacas	jun 21			jun 21

Tlatelolco, D.F.

Ubicación

En la Plaza de las Tres Culturas, al norte del centro histórico de la Ciudad de México: $\lambda = 99^{\circ}08'13''$; $\phi = 19^{\circ}27'03''$; asnm = 2 240 m (Templo Mayor).

Datos básicos sobre el sitio

Las estructuras cuyos restos se conservan y que han sido exploradas y restauradas formaban parte del centro cívico-ceremonial de un importante asentamiento mexicana del Posclásico Tardío, rival y, por último, pueblo tributario de Tenochtitlan. De acuerdo con algunas fuentes documentales, Tlatelolco fue fundado en 1337 o 1338 (Solís y Morales

1990: 13; Guilliem 1999: 37); sin embargo, en vista de la presencia de la cerámica Azteca II, y considerando las semejanzas entre varios elementos arquitectónicos de las etapas tempranas del Templo Mayor de Tlatelolco y de la pirámide de Tenayuca, así como algunos datos históricos, según los cuales los tlatelolcas salieron de Tula cerca del año 1200 d.C., es posible que los inicios del asentamiento sean algo más tempranos (Espejo 1944; Angulo 1991: 112s; Salvador Guilliem: comunicación personal, mayo de 1996).

El Templo Mayor, que es la estructura principal del sitio, tiene siete etapas constructivas sobrepuestas y dos ampliaciones de la fachada oeste, caracterizándose cada una de las superposiciones por una doble escalinata que da hacia el poniente. El edificio mejor preservado es el de la etapa II, fechada alrededor de 1400 d.C. (Guilliem 1999: 87ss).

Inmediatamente al sur del Templo Mayor se localiza el Templo Calendárico, así denominado por los signos de *tonalpohualli* que adornan su cuerpo inferior: en los lados norte, este y sur se encuentran relieves de los glifos de 39 días consecutivos –o 3 trecenas–, empezando con el 1 Cipactli en la cara norte, en tanto que los signos de la siguiente trecena estaban pintados, junto con una escena mitológica, en la fachada poniente del edificio, sobre un elemento arquitectónico en medio de la escalinata de acceso (González R. 1964: 18; Guilliem 1989). La estructura expuesta es contemporánea de la quinta etapa del Templo Mayor (mediados del siglo XV), pero posee una subestructura (Salvador Guilliem: comunicación personal, mayo de 1996).

Entre las demás estructuras se destaca el Templo de Ehécatl, situado en el extremo suroeste de la zona abierta al público. La última de sus dos fases constructivas, ambas de planta circular y con escalinata de acceso hacia el oriente, es contemporánea con la etapa IV del Templo Mayor (Guilliem 1999).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.156 son válidas para el siglo XIV d.C.

Los datos sobre la orientación del Templo Mayor corresponden a la etapa II, que es la mejor preservada. El azimut de orientación este-oeste representa el promedio de los azimuts de los taludes norte y sur, en tanto que las dos escalinatas están considerablemente desviadas: el azimut de su eje de simetría, indicado por las alfardas centrales, es aproximadamente $101^{\circ}58'$. Puesto que F. A. Piñones y C. Jiménez G., quienes realizaron las mediciones en 1944, proporcionan para el eje de la estructura el rumbo astronómico $S78^{\circ}09'45''E$ (Espejo 1945: 10s), equivalente al azimut $101^{\circ}50'15''$, es probable que, en realidad, midieron el eje de simetría de las alfardas; éste es aproximadamente perpendicular

Tabla 5.156

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN TLATELOLCO

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>	<i>Alineamiento hacia</i>
T. Mayor	98°31' ± 30' 278°31' ± 30' 10°45' ± 1°	⊕ 1°50' ± 5' ⊕ 2°10' ± 5'	-7°29' ± 30' 8°41' ± 30'	mar 1, oct 12 ± 1 ^d abr 11, ago 30 ± 1 ^d	
T. Calendárico	97°22' ± 40' 277°22' ± 40' 7°30' ± 1°	⊕ 1°56' ± 5' ⊕ 2°11' ± 5'	-6°22' ± 40' 7°36' ± 40'	mar 4, oct 9 ± 2 ^d abr 8, sep 2 ± 2 ^d	Pico Tres Padres
T. de Ehécatl	101°30' ± 1° 281°30' ± 1° 12°30' ± 1°	⊕ 2°08' ± 30' ⊕ 2°01' ± 20'	-10°11' ± 75' 11°26' ± 70'	feb 22, oct 19 ± 3 ^d abr 19, ago 23 ± 3 ^d	C. Telapón

a los escalones (azimuts cerca de $11^{\circ}47'$: Aveni y Gibbs 1976: 511ss, tabla 1, y mis propias mediciones).

Tanto el Templo Mayor como el Templo Calendárico están actualmente inclinados debido a hundimientos irregulares del terreno: el punto más bajo de cada edificio se encuentra en su esquina noroeste, pero la inclinación es particularmente acentuada en la dirección este-oeste, estando la fachada principal (poniente) notablemente más hundida que la parte oriente de cada estructura. Aunque los asentamientos fueron acompañados por ligeros desplazamientos en el plano horizontal (*v. infra*, "Templo Mayor de Tenochtitlan, D.F." y Apéndice 1), los azimuts medios actuales (tabla 5.156) no se han corregido por este efecto. El ángulo de inclinación del Templo Mayor en la dirección este-oeste es cerca de 4° , pero la inclinación en la dirección norte-sur es apenas perceptible, por lo que el desplazamiento de alineamientos horizontales provocado por hundimientos debe haber sido insignificante. Las inclinaciones del Templo Calendárico en las direcciones este-oeste y norte-sur son cerca de 3° y 2° , respectivamente, y podemos calcular que los azimuts este-oeste/norte-sur de la orientación original del edificio pudieron sufrir un decremento/incremento de hasta $6'$, pero las magnitudes exactas de estos desplazamientos dependen de la irreconstruible secuencia de los movimientos (véase Apéndice 1). Por lo tanto, las correcciones aplicables a uno u otro grupo de alineamientos serían pequeñas y, además, poco relevantes, si consideramos que debido a las divergencias que manifiestan los azimuts de los paramentos de la estructura los valores medios tienen márgenes de error relativamente grandes (tabla 5.156).

Si recordamos la desviación de la escalinata de la etapa II del Templo Mayor respecto al eje este-oeste del basamento, cabe notar que las escalinatas de las etapas posteriores tienden a ser más perpendiculares a este eje: sus azimuts son, según Aveni (1991a: 356; Aveni y Gibbs 1976: 512, tabla 1), $9^{\circ}57'$, $9^{\circ}43'$, $9^{\circ}36'$, $8^{\circ}58'$, $9^{\circ}30'$, $9^{\circ}09'$, $9^{\circ}30'$ y $7^{\circ}39'$.⁵⁵ Podemos observar que los azimuts citados se acercan a la perpendicular al azimut medio este-oeste de la etapa II; como ya hizo notar Aveni (1991a: 268; Aveni y Gibbs 1976: 511), no es patente ninguna variación sistemática en el tiempo. Aunque los azimuts de las diversas escalinatas superpuestas sugieren que la estructura en todas las épocas tenía la misma orientación, igual a la que fue determinada para la etapa II, no es imposible que las etapas tardías tuvieran una orientación diferente; las orientaciones este-oeste de las etapas cons-

⁵⁵ Tichy (1991: 219, tabla 12-3) cita azimuts de Aveni; escogiendo el azimut de $101^{\circ}47'$, correspondiente a La etapa II, como representativo de la orientación del Templo Mayor, añade que coincide con la dirección hacia el cerro Telapón (*ibid.*: 120, tabla 7-1, nota 43).

tructurativas posteriores a la segunda no se han podido determinar con seguridad, puesto que sólo se conservan partes de algunos de sus cuerpos inferiores.⁵⁶

La orientación del Templo de Ehécatl no se puede establecer con mucha precisión, ya que los azimuts de las alfardas son bastante divergentes. No obstante, parece significativo que la orientación determinada coincide aproximadamente con la que manifiestan no sólo algunos restos arquitectónicos inmediatamente al noreste de la iglesia colonial de Santiago Tlatelolco, entre ellos un basamento circular con escalinata hacia el poniente, sino también algunas calles actuales de la vecindad (*v. infra: Discusión*).

Horizonte

Las fechas en las tablas 5.157 y 5.158 son válidas para el siglo XIV d.C.

Tabla 5.157

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DE TLATELOLCO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
⊕ C. Tlamacas	77°02'	0°57'	12°26'	abr 22, ago 20
⊕ C. Tláloc	95°32'	2°12'	-4°33'	mar 8, oct 4

Tabla 5.158

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DE TLATELOLCO

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
⊕ C. La Malinche	267°27'	2°42'	-1°34'	mar 16, sep 26
⊕ Monte Alto	280°14'	2°16'	10°20'	abr 16, ago 26

Intervalos

Los intervalos en la tabla 5.159 separan fechas que valen para el siglo XIV; aunque el Templo Calendárico y el Templo de Ehécatl son más tardíos, no se citan las fechas correspondientes a los alineamientos en su época (siglo XV), ya que los intervalos en todo caso quedan iguales.

⁵⁶ Cabe mencionar que el Templo Mayor de Tenochtitlan, cuya etapa II es en todos los aspectos, incluyendo la orientación, muy parecida a la etapa II del Templo Mayor de Tlatelolco, adopta a partir de la etapa III una orientación diferente (*v. infra*, "Templo Mayor de Tenochtitlán, D.F.").

Tabla 5.159

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN TLATELOLCO

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
4, 5	E T. Calendárico - E Tláloc	39	E Tláloc - W M. Alto
5, 4	W T. Mayor - W M. Alto	41, 43	E - W T. Mayor
6	E Tlamacas - W M. Alto	42	W T. Ehécatl - E Tláloc
7	E T. Mayor - E T. Ehécatl	43, 44	E T. Calendárico - W M. Alto
7, 8	E T. Mayor - E Tláloc	45	E Tlamacas - E Tláloc
8, 7	W T. Mayor - W T. Ehécatl	45, 47	W T. Calendárico - E T. Ehécatl
8, 7	W T. Calendárico - W M. Alto	46, 47	E T. Calendárico - W T. Ehécatl
8	E Tláloc - W La Malinche	46, 47	E T. Mayor - W M. Alto
10	E T. Calendárico - E T. Ehécatl	48, 50	W T. Mayor - E T. Ehécatl
11, 10	W T. Mayor - E Tlamacas	49, 50	E T. Mayor - W T. Ehécatl
11, 10	W T. Calendárico - W T. Ehécatl	49, 50	E T. Calendárico - E Tlamacas
12, 13	E T. Calendárico - W La Malinche	52, 53	E T. Mayor - E Tlamacas
14, 13	W T. Calendárico - E Tlamacas	53, 54	E T. Ehécatl - W M. Alto
14, 15	E T. Ehécatl - E Tláloc	56, 57	E - W T. Ehécatl
15, 16	E T. Mayor - W La Malinche	59, 60	E T. Ehécatl - E Tlamacas
22, 23	E T. Ehécatl - W La Malinche	120	E - E Tlamacas
23, 24	W T. Calendárico - W La Malinche	126	E - E T. Ehécatl
26, 27	W T. Mayor - W La Malinche	126	W - W T. Ehécatl
31	W La Malinche - W M. Alto	132	W - W M. Alto
31, 32	W T. Calendárico - E Tláloc	140	E - E T. Mayor
34	W T. Ehécatl - W La Malinche	141	W - W T. Mayor
34, 35	W T. Mayor - E Tláloc	146	E - E T. Calendárico
35, 37	E - W T. Calendárico	147	W - W T. Calendárico
37	E Tlamacas - W La Malinche	155	E - E Tláloc
38, 40	E T. Mayor - W T. Calendárico	171	W - W La Malinche
38, 40	W T. Mayor - E T. Calendárico		

Discusión

Tanto la orientación del Templo de Ehécatl como la de los restos de estructuras al noreste de la iglesia de Santiago Tlatelolco coinciden aproximadamente con la que manifiestan varias calles actuales del área. Según el análisis de Barlow (1947), basado en los mapas coloniales de la ciudad, algunas calles de Tlatelolco son de origen prehispánico, por lo que es probable que en ciertas porciones de la traza urbana actual sobreviva la orientación que, aunque átestiguada en pocos monumentos arquitectónicos, tal vez regía sectores importantes del Tlatelolco prehispánico.

En este contexto cabe recordar que también González Aparicio (1973) encontró vestigios del urbanismo prehispánico en la configuración actual de la Ciudad de México. Según este autor, uno de los grandes ejes de trazo urbano unía el cerro Tepetzinco, hoy Peñón de los Baños, con la cima del cerro que Sahagún menciona con el nombre Otoncalpulco, donde actualmente se encuentra la iglesia de Los Remedios, en Naucalpan; el eje es paralelo a un tramo de la actual calza-

da México-Tacuba, casi coincide con las calzadas Los Gallos y Nonoalco y prosigue por la calle Constancia, pasando por las iglesias de San Salvador Xochimanca, San Miguel Nonoalco, Santiago Tlatelolco y Concepción Tequixpeuhca, probablemente construidas sobre las ruinas de templos prehispánicos (*ibid.*: 45s). Según González Aparicio (1973: 46), "el eje Los Remedios-Tepetzinco tiene una orientación norte 77 grados oeste, y en su extremo occidental se ponía el sol en determinados días del año, por lo que es posible suponer que al ocurrir este fenómeno se celebraban grandes ceremonias, aunque también es fácil que el eje se relacionara con el movimiento de las estrellas." Al trazar la línea referida en una carta topográfica de la Ciudad de México, podemos comprobar que su azimut es en realidad 101° (79° al oeste del norte), como ya observó Tichy (1991: 175), pero la relación que guarda con varios rasgos de la configuración urbana actual es casi exactamente como la describe González Aparicio. También es probable que el eje reconstruido tenga alguna relación con fenómenos astronómicos, en particular con el Sol, aunque no necesariamente sólo con las puestas, como sugirió el autor citado. De hecho, lo que parece que fue un eje de trazo podría ser una supervivencia de orientaciones idénticas que se referían no sólo al mismo evento astronómico sino también al mismo punto del horizonte local, por lo que estaban distribuidas a lo largo de una sola línea. Veamos algunos detalles.



Figura 45. Área D, Texcotzingo; salida del Sol el 29 de febrero de 1996 a lo largo del eje de la estructura.

La iglesia Inmaculada Concepción Tequipeuhca se localiza en medio de la calle Constancia, en el barrio de Tepito, al oriente de Tlatelolco. Según una placa informativa en la iglesia, ya en el siglo XVI existía en este lugar una ermita, que se menciona en la obra de Sahagún, por lo que es probable que fuera construida encima de algún templo prehispánico, conservando la orientación. Tanto la iglesia como la calle Constancia, mencionada por Barlow (1947) entre las calles de probable origen prehispánico, están alineadas hacia el cerro Telapón al oriente, teniendo el azimut de aproximadamente $101^{\circ}30'$. También la calzada Los Gallos, al poniente de Tlatelolco, está orientada hacia el cerro Telapón. En su orilla norte se ubica la iglesia de San Salvador de las Flores (o Xochimanca), cuyo eje es paralelo a la calzada. La iglesia tiene en su fachada el año 1634, pero es posible, de nuevo, que se trate de un lugar de culto de origen prehispánico. Ahora bien, el azimut de la calzada Los Gallos es unos minutos menor que el de la calle Constancia, pero las fechas de salida del Sol que corresponden a las dos orientaciones son las mismas, ya que también la altura del cerro Telapón, observado desde la calzada Los Gallos, que está más lejos del cerro que la calle Constancia, es algo menor. En otras palabras, observando desde la calzada Los Gallos y la calle Constancia, los valores de azimut y altura del cerro Telapón difieren ligeramente, pero corresponden a la misma declinación (figura 46).

El eje reconstruido por González Aparicio (1973: 45s) pasa también por la iglesia de San Miguel Nonoalco, construida en los siglos XVII y XVIII y situada en la orilla sur de la actual calzada Nonoalco.⁵⁷ Su orientación es parecida a las que se acaban de mencionar. Aunque esta última no se ha determinado con precisión, los dos casos discutidos, junto con el grupo de orientaciones prehispánicas de Tlatelolco, manifiestas en el Templo de Ehécatl y en el conjunto al extremo noreste del sitio, sugieren que a lo largo del presunto eje de trazo había varias construcciones ceremoniales que estaban orientadas hacia el cerro Telapón y que, además, registraban las mismas fechas de salida del Sol. La pequeña diferencia que se observa entre las orientaciones de la calle Constancia y la calzada Los Gallos hace suponer que los azimuts de las estructuras, aunque muy parecidos (valores cerca de $101^{\circ}30'$), iban disminuyendo conforme crecía la distancia del cerro Telapón y, por tanto, decrecía su altura sobre el plano horizontal, con lo que las fechas de salida del Sol que marcaba el cerro eran las mismas. De esta manera podemos explicar el hecho de que la línea que conecta los puntos con orientaciones conocidas (la calle Constancia con la iglesia Inmaculada

⁵⁷ Marquina (1960: fig. 1) menciona que en el plano de México atribuido a Cortés se encuentra marcado con el número 26 el "teocalli donde hoy está la Iglesia de S. Miguel Nonoalco."

Concepción Tequipeuhca, el Templo de Ehécatl de Tlatelolco y la calzada Los Gallos con la iglesia de San Salvador Xochimanca) no pasa exactamente por el cerro Telapón, sino que tiene un azimut algo menor (101°). Si la interpretación es correcta, esta línea, aunque resultante de ciertas consideraciones astronómicas incorporadas en la arquitectura y el urbanismo, no estaba directamente relacionada con ningún fenómeno astronómico y, de hecho, tal vez no existía en la conciencia de los pobladores prehispánicos. No obstante, parece significativo que el supuesto eje pasa también por el peñón de los Baños y el cerro de Los Remedios, lugares de conocida importancia ritual antes de la Conquista; tal vez también en estos dos puntos podían observarse las salidas del Sol encima del cerro Telapón en las mismas fechas que en otros lugares situados sobre el eje referido, aunque las orientaciones de los eventuales restos prehispánicos en ambos cerros no son conocidas.⁵⁸

Entre los intervalos mostrados en la tabla 5.159 hay varios que son o se aproximan a múltiplos de 13 o de 20 días. Los intervalos entre las fechas señaladas por el Templo Mayor, el Templo Calendárico y el cerro Tlamacas sugieren la existencia de un calendario observacional en el que estaban incorporadas las fechas de registro oriente del Templo Mayor y las de registro poniente del Templo Calendárico, mientras que las fechas de registro poniente del Templo Mayor y las de registro oriente del Templo Calendárico no eran relevantes. Hay que advertir, sin embargo, que este calendario observacional, cuyo esquema ideal se presenta en la tabla 5.160 pudo estar en uso si las etapas tardías del Templo Mayor conservaron la orientación determinada para la etapa II hasta la etapa V, contemporánea con el Templo Calendárico, o al menos hasta la etapa IV, que puede relacionarse con la subestructura del Templo Calendárico (Salvador Guilliem: comunicación personal, mayo de 1996), si ésta tenía la misma orientación que el edificio sobrepuesto. También cabe puntualizar que para obtener el esquema ideal presentado en la tabla 5.160, en el que las fechas de puesta del Sol señaladas por el Templo Calendárico son 9 de abril y 1 de septiembre, debemos postular que el azimut intencionado de orientación este-oeste de la estructura era unos $20'$ más grande del que se presenta en la tabla 5.156; la corrección requerida está dentro del margen de error estimado, basado en las divergencias que manifiestan los azimuts de los paramentos norte y sur.

Por otra parte, mientras que las dos fechas registradas por el cerro Tlamacas delimitan el intervalo de 120 días (6 veintenas), llama la atención que los intervalos que separan las fechas de salida del Sol

⁵⁸ No he medido la orientación de la iglesia de Los Remedios. Según los datos inconsistentes de Tichy (1991: 72, 206, mapa 2), está desviada 8° u 11.5° al *norte* del oriente.

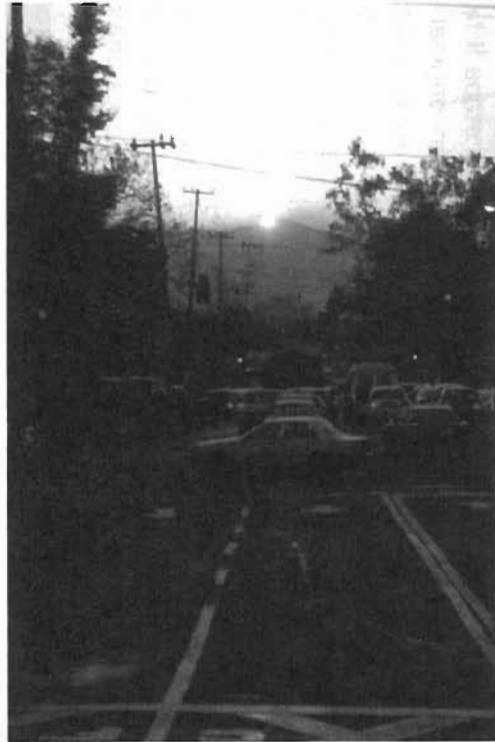


Figura 46. Ciudad de México; salida del sol el 23 de febrero de 1996 a lo largo de la calzada Los Gallos, alineada hacia el cerro Telapón.

señaladas por el Templo de Ehécatl y el cerro Tlamacas son de aproximadamente 60 días (3 veintenas).

Quiero advertir que el sitio está actualmente rodeado por edificios modernos, por lo que las prominencias del horizonte no se pudieron medir. Puesto que los azimuts y alturas en las tablas 5.157 y 5.158 fueron calculados, puede haber errores del orden de unos minutos. Por consiguiente, no es posible llegar a ninguna conclusión confiable acerca de cuál pudo haber sido la posición del Sol (centro del disco solar, limbo superior o limbo inferior sobre el horizonte) relevante para determinar las fechas correspondientes a los alineamientos.

Tabla 5.160

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE TLATELOLCO

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>		<i>Fecha</i>
		140		
E Templo Mayor	mar 1	39	41	oct 12
W Templo Calendárico	abr 9	13	12	sep 1
E Tlamacas	abr 22	120		ago 20

Si consideramos que la inclinación del Templo Mayor en la dirección este-oeste es de unos 4° y que las escalinatas de la etapa II tienen en la actualidad la pendiente de unos 42° , su inclinación original debió ser aproximadamente 38° , por lo que el Sol, para que tuviera esta altura y se encontrara, además, en el eje de las escalinatas indicado por las alfardas, requería la declinación de unos $2^\circ 55'$, que correspondía, en el siglo XIV, a las fechas 27 de marzo y 15 de septiembre. En estos días los rayos solares "rasaban" las escaleras justamente cuando el Sol estaba en el eje indicado por las alfardas y, por lo tanto, tenía el azimut cerca de $101^\circ 58'$. El fenómeno de "Sol rasante" (*cf.* Ponce de León 1991: 420ss) pudo ser recalcado mediante las sombras arrojadas por los "cubos" que se encuentran en los extremos superiores de las alfardas, como ya fue descrito en relación con la pirámide de Tenayuca (*v. supra*, "Tenayuca, México"). Las fechas citadas en las que pudieron haberse observado estos juegos de luz y sombra caen 26/27 días (2 treceñas) después/antes de las fechas de registro oriente de la estructura, por lo que tal vez fueron logradas intencionalmente, dándoles la orientación y la inclinación requeridas a las escalinatas. Las diferentes orientaciones que manifiestan las escaleras de las etapas del Templo Mayor posteriores a la segunda tal vez se deben a la intención de los constructores de

lograr los efectos mencionados de luz y sombra mediante distintos azimuts e inclinaciones, aunque también es posible que las discrepancias en los azimuts de las escalinatas reflejen simplemente la poca importancia atribuida a las líneas norte-sur.

Templo Mayor de Tenochtitlan, D.F.

Ubicación

En el centro histórico de la Ciudad de México, inmediatamente al noroeste de la Catedral Metropolitana: $\lambda = 99^{\circ}07'51''$; $\varphi = 19^{\circ}26'03''$; $asnm = 2\,240\text{ m.}$ ⁵⁹

Datos básicos sobre el sitio

Los vestigios más tempranos del asentamiento en el área que posteriormente ocupó el recinto ceremonial del Templo Mayor de Tenochtitlan datan del Posclásico Temprano (Vega Sosa 1990; Leonardo López Luján: comunicación personal, mayo de 1997). Sin embargo, los restos arquitectónicos que se han descubierto hasta la fecha pertenecen en su gran parte al Posclásico Tardío, incluyendo las diversas etapas constructivas del Templo Mayor, edificio principal del recinto sagrado de la capital mexicana. Aunque no hay consenso en cuanto a la secuencia cronológica detallada de la construcción del Templo Mayor, parece que la etapa II puede fecharse, de acuerdo con diferentes propuestas, en el siglo XIV d.C. (López Luján 1993: 73-77, fig. 14); es probable, por lo tanto, que el templo más temprano (actualmente tapado por la construcción de la llamada etapa II) fuera erigido en el mismo siglo o incluso en el anterior.

Las investigaciones realizadas a la fecha (véase el historial y la bibliografía en López Luján 1993: 19ss) han permitido distinguir siete principales épocas constructivas del Templo Mayor. Cada una de las superposiciones conocidas, todas semejantes en su forma, se caracteriza por una doble escalinata del lado poniente. Sobre el basamento de la fase II se conservan aún restos de los santuarios gemelos superiores dedicados a los dioses Tláloc y Huitzilopochtli. No sólo las fuentes históricas de la época del contacto sino también la enorme cantidad de

⁵⁹ Esta altura sobre el nivel del mar fue reconstruida por González Aparicio (1973: 17ss) para el nivel del lago de Texcoco en la época prehispánica, por lo que es probable que corresponda aproximadamente también al nivel del terreno sobre el que fue edificada cada una de las etapas constructivas del Templo Mayor, aunque en la actualidad se encuentran, debido a hundimientos, en alturas menores y diferentes entre sí.

ofrendas y otros hallazgos arqueológicos señalan las actividades rituales y el complejo simbolismo asociados con el Templo Mayor de Tenochtitlan (Marquina 1960; 1964: 180-204; Matos 1981; 1982; 1984; 1988; Broda *et al.* 1987; Boone 1987; López Luján 1993).

Orientaciones

Las fechas en la tabla 5.161 correspondientes a la etapa II son válidas para el siglo XIV d.C.; las que corresponden a etapas posteriores valen para el siglo XV.

El azimut de orientación este-oeste de la etapa II se basa en el del pasillo que separa los dos santuarios superiores, ya que es probable que éste reproduzca la orientación intencionada del templo con particular fidelidad: en el dibujo del Templo Mayor que aparece en el plano de Tenochtitlan atribuido a Cortés está representado el rostro del Sol entre ambos santuarios superiores, sugiriendo que las observaciones se realizaban precisamente a lo largo del corredor que los separa (*cf.* Marquina 1960: 30, 113, fig. 1; 1964: 183, fig. 6 bis; Aveni y Gibbs 1976: 514, fig. 3; Matos 1988: 146, fig. 115). Aunque ésta no es una prueba contundente de que la orientación del pasillo fuera la más relevante, parece indicativo, por una parte, que los demás paramentos este-oeste medidos en la etapa II tienen azimuts muy divergentes y, por la otra, que su promedio es muy cercano al azimut del pasillo (*cf. infra*).

Tabla 5.161

DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES DEL TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLAN

<i>Estructura</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	δ	<i>Fechas</i>
Templo Mayor etapa II	97°42' ± 30'	⊕ 2°02' ± 5'	-6°39' ± 30'	mar 3, oct 10 ± 1 ^d
	277°42' ± 30'	⊕ 2°07' ± 3'	7°54' ± 30'	abr 9, sep 1 ± 1 ^d
	6°30' ± 1°			
etapas posteriores	95°36' ± 30'	⊕ 1°55' ± 5'	-4°43' ± 30'	mar 9, oct 5 ± 1 ^d
	275°36' ± 30'	⊕ 2°22' ± 5'	6°00' ± 30'	abr 4, sep 7 ± 1 ^d
	6°40' ± 30'			

Los restos de las diversas etapas constructivas del Templo Mayor se encuentran en la actualidad considerablemente desplazados de su posición original debido a los irregulares asentamientos que ha sufrido el complejo arquitectónico a través de los siglos (Mazari *et al.* 1989; Mazari 1996) y que deben haber resultado también en desplazamientos horizontales. En la actualidad, el eje del pasillo intermedio que conforman los santuarios gemelos de la fase II tiene el azimut de 97°32',

pero éste debió ser originalmente algo más grande, ya que la estructura está fuertemente inclinada y manifiesta la mayor elevación en su extremo sureste. Al medir los desniveles de la plataforma superior del basamento,⁶⁰ pude determinar los ángulos de inclinación aproximados en las direcciones norte-sur y este-oeste y, con base en estos datos, la magnitud probable de desplazamientos horizontales. Los cálculos, presentados detalladamente en el Apéndice 1, indican que el hundimiento del edificio debió estar acompañado por un ligero desplazamiento en el plano horizontal y que los alineamientos arquitectónicos este-oeste tuvieron originalmente azimuts más grandes que los actuales. La magnitud del desplazamiento horizontal puede estar comprendida entre 0' y 20', dependiendo de la secuencia de los movimientos, por lo que he sumado al azimut medido del pasillo (97°32') el valor medio de 10'. Aunque el error estimado del azimut es con base en estos cálculos $\pm 10'$, es prudente considerar un margen de error más grande, ya que, por una parte, los cálculos valen para el comportamiento de un cuerpo rígido, en tanto que el edificio seguramente no se movió de manera uniforme en todos sus sectores; por otra parte, es de suponer que los movimientos telúricos, que son tan comunes en la región y cuyos efectos pudieron haberse intensificado por las características del terreno lacustre, tal vez ocasionaron desplazamientos horizontales adicionales, irregulares e irreconstruibles. Además, cabe reiterar que el valor establecido de 97°42' corresponde al azimut medido a lo largo del pasillo entre los santuarios gemelos y corregido por el desplazamiento horizontal estimado, pero que no hay pruebas indiscutibles de que éste realmente fuera el alineamiento más relevante para las observaciones; el azimut medio actual de todas las líneas este-oeste medidas en la etapa II es 97°24', pero este valor también tiene un margen de error, ya que los azimuts individuales son bastante divergentes. El margen de error de $\pm 30'$ asignado al azimut de orientación este-oeste de la etapa II del Templo Mayor (tabla 5.161) se basa en estas consideraciones.

Aveni *et al.* (1988: 296) y Ponce de León (1982: 54) proporcionan para el pasillo de la etapa II los azimuts de 97°46' y 97°25', respectivamente. Ponce de León (1982: 54ss, láminas 12 y 13) también trató de evaluar los efectos del desplome de la estructura; al medir el eje inferior que va a lo largo del pasillo al nivel del desplante actual del edificio, concluyó que el azimut de 98°48' que estableció para este eje virtual debe considerarse como cercano al azimut original del pasillo. Aunque el análisis de Ponce de León es cuidadoso y detallado hay que advertir que el azimut obtenido con su procedimiento es, con toda probabilidad, demasiado grande: al proyectar el eje del pasillo al nivel del terreno

⁶⁰ Agradezco a Leonardo López Luján el haberme ayudado en estas mediciones.

actual –a lo largo del plano perpendicular a la base o plataforma superior de la estructura (cf. *ibid.*: láminas 12 y 13)–, obtenemos una línea que conecta dos puntos que, localizados en las fachadas anterior y posterior, originalmente no estaban en el mismo nivel, considerando que la parte posterior (este) del edificio en la actualidad está ostensiblemente más elevada que la anterior (oeste), y que los movimientos en otra dirección resultaron en la mayor elevación de la parte sureste de la estructura. El azimut de este alineamiento no necesariamente reproduce la orientación original del pasillo, ya que depende tanto de la secuencia de los hundimientos como de la posición de los ejes de movimientos rotatorios de la estructura.⁶¹

Los resultados de mis mediciones indican que la orientación de la etapa II, al menos en la dirección este-oeste, difiere de la que adoptaron las superposiciones subsiguientes. Al medir los alineamientos entre las esquinas de los taludes conservados de las etapas tardías –o entre puntos cercanos a las esquinas que no están expuestas o conservadas–, he obtenido los azimuts que se presentan en la figura 47;⁶² los valores medios aparecen en la tabla 5.161. Los azimuts de los alineamientos actuales tal vez difieren ligeramente de los originales debido a los hundimientos, pero la fórmula discutida en el Apéndice 1 y desarrollada para estimar los posibles desplazamientos horizontales de la etapa II no es aplicable al caso de las etapas posteriores, ya que no se han movido como cuerpos rígidos: el grado de hundimiento que se observa en distintos puntos es proporcional a la distancia del sector central de la masa arquitectónica, que es el más elevado, puesto que el terreno preconsolidado por los primeros edificios superpuestos frenó los hundimientos (Mazari *et al.* 1989: 169s; López Luján 1993: 70). Si consideramos que el nivel del terreno baja en todas las direcciones, como se observa sobre todo en los pisos conservados, es obvio que los hundimientos no provocaron desplazamientos horizontales uniformes, por lo que podemos asumir que al promediar los azimuts presentes, los eventuales errores de valores individuales quedan cancelados.

⁶¹ El alineamiento descrito y medido por Ponce de León correspondería al que originalmente manifestaba el pasillo sólo si la inclinación actual de la estructura fuese resultado de únicamente dos movimientos sucesivos: el primero en torno a un eje norte-sur y el segundo alrededor de un eje este-oeste. Sin embargo, no cabe duda que los movimientos eran paulatinos y en diversas direcciones; al producirse el primer hundimiento de la parte norte del edificio, todo hundimiento siguiente de la parte poniente, moviéndose la estructura en torno a un eje horizontal norte-sur, aumentaba el azimut de todas las líneas este-oeste proyectadas al plano horizontal (nivel de desplante actual del edificio) a lo largo de los planos perpendiculares a la base (ya inclinada) de la estructura. Si consideramos que el desplome del edificio es particularmente acentuado en la dirección este-oeste, es sumamente probable que el azimut del eje virtual medido por Ponce de León excede el azimut original del pasillo.

⁶² Agradezco la ayuda que me brindaron en estas mediciones José Guadalupe Orta B. y Pascual Medina M., topógrafos de la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas del INAH; las mediciones se realizaron con una estación total y receptores GPS.

También Ponce de León (1982: 31, 56s, lámina 13) llegó a la conclusión de que la etapa II tenía una orientación diferente de la que manifiestan las superposiciones posteriores. Al medir la línea a lo largo de los puntos centrales de las escaleras de las etapas tardías, obtuvo el azimut $96^{\circ}02'$. Suponiendo también para estas estructuras un esviate semejante al detectado en la etapa II, sumó al azimut medido el valor de $1^{\circ}23'$ –es decir, la diferencia entre los azimuts actual ($97^{\circ}25'$) y original ($98^{\circ}48'$) que determinó para el pasillo de la etapa II– y concluyó que el valor resultante, $97^{\circ}25'$, ha de considerarse como azimut de orientación original de las fases constructivas posteriores a la segunda. Sin embargo, en vista de los argumentos expuestos, la conclusión parece difícilmente aceptable, tanto por ser excesivo el valor de corrección determinado para la segunda etapa ($1^{\circ}23'$) como por el hecho de que el edificio de la época II se inclinó de manera relativamente uniforme, mientras que los hundimientos de las etapas siguientes han sido muy desiguales, moviéndose distintos sectores de las estructuras en diferentes direcciones. Como se observa, el azimut medido por Ponce de León sin corregir ($96^{\circ}02'$) es bastante cercano al valor medio basado en los taludes ($95^{\circ}36'$; tabla 5.161). No obstante, la línea medida a lo largo de los puntos centrales de las escalinatas de los edificios superpuestos no necesariamente reproduce con exactitud la orientación de cada uno de ellos, ya que nunca pudo ser visualmente controlada por los constructores; también podemos recordar que las etapas sucesivas de la pirámide de Tenayuca poseen la misma orientación, pero sus ejes centrales este-oeste se van desplazando hacia el sur (v. *supra*, "Tenayuca, México", figura 38).

Como se observa en la tabla 5.161, los azimuts norte-sur de las etapas tardías son prácticamente iguales que los de la etapa II. Además, los valores citados, resultado de mis propias mediciones, concuerdan con el promedio de $6^{\circ}42' \pm 23'$ establecido por Aveni *et al.* (1988: 294, tabla 2) y basado en las líneas norte-sur; al observar que éstas no presentan divergencias notables, Aveni *et al.* (1988: 295) concluyeron que todas las fases constructivas poseían orientaciones muy parecidas. No obstante, los azimuts este-oeste de las etapas tardías son consistentemente menores que los manifestados por la etapa II, siendo sus promedios $95^{\circ}48'$ (etapa III), $95^{\circ}25'$ (etapa IV), $95^{\circ}19'$ (etapa IVb) y $95^{\circ}52'$ (etapa VI) (figura 47). Puesto que estos valores no difieren entre sí de manera significativa y sistemática, es probable que el promedio basado en ellos y citado en la tabla 5.161 representa la orientación intencionada de las etapas tardías del Templo Mayor con bastante fidelidad.⁶³ El hecho de que diversas estructuras adyacentes

⁶³ El valor medio de $95^{\circ}36'$ citado en la tabla 5.161 ha sido calculado con base en los azimuts medios este-oeste de las etapas III, IV, IVb y VI; en la etapa V sólo pudo medirse el talud sur (cf. figura 47), por lo que su azimut no se ha tomado en consideración en este cálculo.

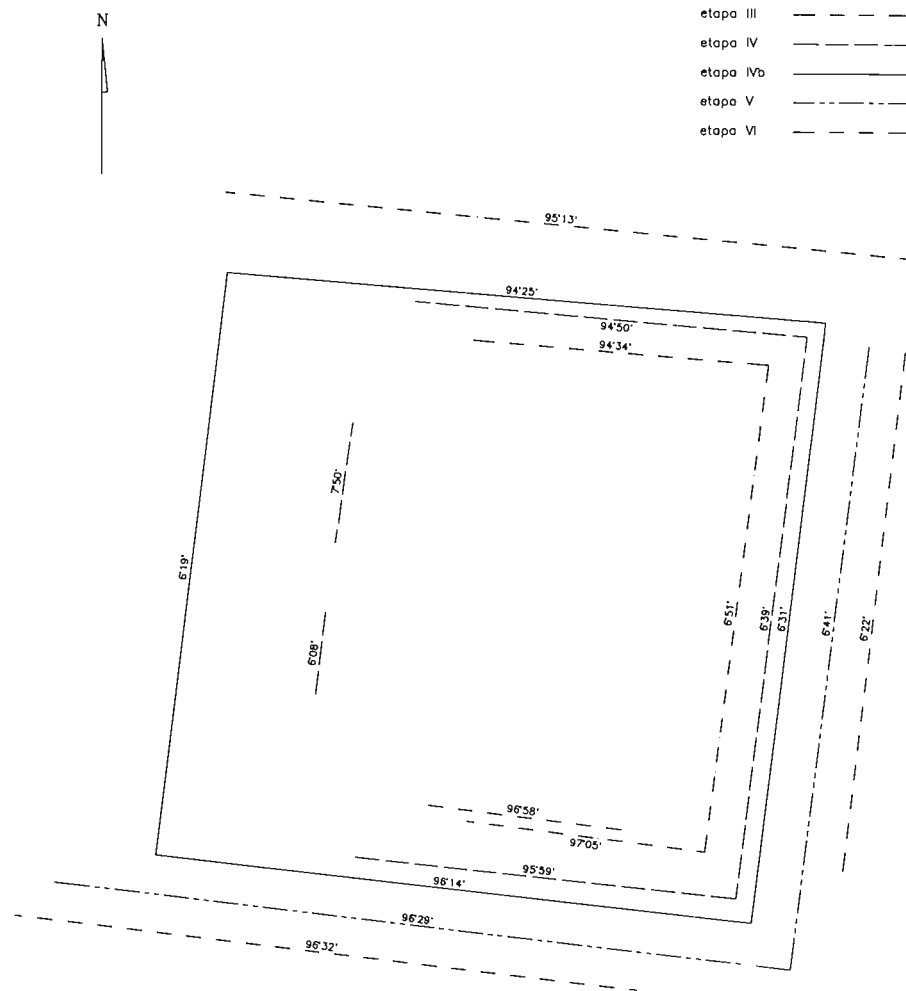


Figura 47. Templo Mayor de Tenochtitlan; azimuts de las líneas medidas en las etapas tardías de la estructura.

(Matos 1981: 37, 41; 1984; López Luján 1993: 78ss) manifiestan orientaciones semejantes apoya la conclusión. Por ejemplo, los azimuts de los ejes este-oeste de los edificios C y F que flanquean la etapa VI por sus lados norte y sur son $95^{\circ}47'$ y $95^{\circ}04'$, respectivamente. Ambas estructuras están fuertemente inclinadas, lo que sugiere que sus orientaciones originales eran muy parecidas a las que tenían las etapas tardías del Templo Mayor: el Edificio C, en el lado norte, presenta la mayor elevación en su esquina suroeste, por lo que sus azimuts este-oeste originales debieron ser menores que en la actualidad, en tanto que los del Edificio F, llamado también Templo Rojo y situado en el lado sur, probablemente fueron mayores, ya que la parte más elevada de esta estructura es la esquina noroeste. El azimut este-oeste de la Estructura B ubicada inmediatamente al poniente del Edificio C es $95^{\circ}23'$, en tanto que el paramento sur del Edificio E, que ocupa el extremo norte del área excavada y es conocido también como Casa de las Águilas, manifiesta el azimut $95^{\circ}06'$. Parece, entonces, que la orientación de los edificios aledaños fue regida por la del Templo Mayor.

A pesar de la opinión común –reflejada también en los planos reconstructivos del recinto sagrado de Tenochtitlan (e. g. Marquina 1964: 185, lámina 54; Villalobos 1985: 62, figura 5)– de que las calles del centro histórico de la Ciudad de México reproducen la orientación del Templo Mayor y de las estructuras asociadas (cf. Ponce de León 1982: 30s, foto 7; Aveni *et al.* 1988: 303), podemos notar que las orientaciones de la mayoría de los edificios que han sido excavados están ligeramente desviadas, en sentido contrario al de las manecillas de reloj, respecto a la traza urbana actual; como se observa en el plano de Vega Sosa (1979: plano 1), también las estructuras excavadas en el área de la Catedral Metropolitana manifiestan la misma desviación respecto a la planta de la catedral, cuyos ejes concuerdan con la orientación de las calles circundantes.⁶⁴ El hecho de que la orientación de la traza urbana colonial coincida, más bien, con la de la etapa II del Templo Mayor⁶⁵ sugiere que esta orientación, aunque no regía los edificios

El azimut de $97^{\circ}06'$ que obtuvo Aveni (1991a: 355; Aveni y Gibbs 1976: 512, tabla 1) no fue medido en la etapa VII (Aveni *et al.* 1988: 294) sino en el extremo suroeste de la etapa IV, que estaba expuesta antes de realizarse las extensas excavaciones del área dirigidas por Eduardo Matos Moctezuma (Leonardo López Luján: comunicación personal, junio de 1997). El azimut rebasa considerablemente el promedio citado en la tabla 5.161, seguramente porque fue medido a lo largo de una sección relativamente corta de la parte poniente del talud sur: debido a hundimientos diferenciales, los taludes conservados en la actualidad están ligeramente abombados; además, los paramentos sur tienen azimuts consistentemente mayores que los paramentos norte (véase figura 47).

⁶⁴ Las exploraciones recientes han corroborado estas desviaciones (Álvaro Barrera: comunicación personal, mayo de 1997).

⁶⁵ Por ejemplo, el azimut de la calle Guatemala es aproximadamente $97^{\circ}20'$, mientras que las calles Tacuba y Donceles tienen azimuts cerca de $98^{\circ}10'$ (cf. valores parecidos en Aveni *et al.* 1988: 296, tabla 3).

principales del recinto ceremonial en épocas tardías (salvo tal vez las líneas norte-sur), era predominante en tiempos tempranos de Tenochtitlan y persistió en ciertos edificios y calles, o incluso en la mayor parte de la traza urbana prehispánica, hasta la Conquista, cuando fue adoptada por la ciudad colonial.⁶⁶

Puesto que la orientación del Templo Mayor cambió a partir de la etapa III, cabe recordar que ésta, según varios investigadores, pertenece al reinado de Itzcóatl (Matos 1988: 73; López Luján 1993: 73ss, figura 14), por lo que la modificación podría entenderse como parte del ambicioso programa de reformas por el que es conocido este gobernante. Las orientaciones de las estructuras excavadas en el área de la catedral no se han medido con precisión, pero parece que la Estructura A (Templo de Tonatiuh) refleja el mismo cambio (Vega Sosa 1979: plano 1): mientras que la primera etapa constructiva sigue la orientación de la catedral y, por tanto, de la etapa II del Templo Mayor, las superposiciones manifiestan la desviación en el mismo sentido que las etapas tardías del Templo Mayor. Sin embargo, mientras que la Estructura A es tardía, algunos de los demás edificios que comparten la misma desviación, notablemente las estructuras C y D,⁶⁷ pertenecen, según Vega Sosa (1990: 13s), a los periodos tempranos de la ocupación del sitio (*ca.* 950 - 1350 d.C.). Es posible, entonces, que la nueva orientación incorporada en el Templo Mayor a partir de su tercera fase tuviera antecedentes, pero llegó a predominar, al menos en el recinto sagrado, apenas en épocas tardías de Tenochtitlan.

Horizonte

Los restos del Templo Mayor de Tenochtitlan están rodeados de edificios modernos, por lo que las mediciones del horizonte fueron realizadas desde el techo del Museo del Templo Mayor, a unos 100 m al este del edificio prehispánico; los datos obtenidos fueron ajustados para la posición verdadera del templo.⁶⁸ Las fechas en las tablas 5.162 y 5.163 son válidas para el siglo XIV d.C.

⁶⁶ Kubler (1972: 102) menciona que la Ciudad de México todavía revela la forma de la capital azteca y que muchas calles centrales siguen el patrón de los canales desaparecidos.

⁶⁷ Cabe subrayar que en este caso se trata de estructuras excavadas en el área de la catedral, ya que las mismas letras les fueron asignadas a otros edificios en la inmediata cercanía del Templo Mayor.

⁶⁸ Algunos datos sobre el horizonte fueron calculados con base en la información amablemente proporcionada por Jesús Galindo Trejo, del Instituto de Astronomía de la UNAM.

Tabla 5.162

DATOS SOBRE EL HORIZONTE ESTE DEL TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLAN

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
⊕ C. Papayo	107°19'	1°27'	-15°53'	feb 5, nov 5
C. Telapón	99°15'	2°13'	-8°02'	feb 28, oct 13
C. Tláloc	93°11'	2°17'	-2°19'	mar 14, sep 28
C. Tlamacas	74°40'	0°58'	14°40'	abr 29, ago 13

Tabla 5.163

DATOS SOBRE EL HORIZONTE OESTE DEL TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLAN

<i>Prominencia</i>	<i>A</i>	<i>h</i>	<i>δ</i>	<i>Fechas</i>
C. La Malinche	271°45'	2°36'	2°27'	mar 26, sep 16
Monte Alto	283°13'	2°11'	13°07'	abr 24, ago 17

Tabla 5.164

INTERVALOS SEÑALADOS POR LOS ALINEAMIENTOS EN EL TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLAN

<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Alineamientos</i>
5, 4	E Tlamacas - W M. Alto	37, 39	E - W estr. II
5, 7	E estr. tard. - E Tláloc	40, 42	W estr. II - E Telapón
9	W estr. tard. - W La Malinche	41, 42	E Tláloc - W M. Alto
9, 8	E estr. tard. - E Telapón	46	E Tláloc - E Tlamacas
11, 12	E estr. II - E Tláloc	46, 49	E estr. tard. - W M. Alto
12	E Tláloc - W La Malinche	49, 50	E Papayo - W La Malinche
14, 15	W estr. II - W La Malinche	51, 53	E estr. tard. - E Tlamacas
14, 15	E Telapón - E Tláloc	52, 54	E estr. II - W M. Alto
15	W estr. II - W M. Alto	55, 57	E Telapón - W M. Alto
17, 19	E estr. tard. - W La Malinche	57, 58	E estr. II - E Tlamacas
20, 19	W estr. II - E Tlamacas	58, 59	W estr. tard. - E Papayo
20, 21	W estr. tard. - W M. Alto	60, 61	E Telapón - E Tlamacas
21	W estr. tard. - E Tláloc	63, 65	W estr. II - E Papayo
23	E Papayo - E Telapón	78, 80	E Papayo - W M. Alto
23, 24	E estr. II - W La Malinche	83, 84	E Papayo - E Tlamacas
25	W estr. tard. - E Tlamacas	92	E - E Papayo
26	E estr. II - E Papayo	106	E - E Tlamacas
26, 27	W estr. II - E Tláloc	115	W - W M. Alto
26, 27	E Telapón - W La Malinche	138	E - E Telapón
26, 28	E - W estr. tard.	144	E - E estr. II
29, 30	W La Malinche - W M. Alto	145	W - W estr. II
32, 31	E estr. tard. - E Papayo	155	E - E estr. tard.
34	E Tlamacas - W La Malinche	156	W - W estr. tard.
35, 36	W estr. tard. - E Telapón	167	E - E Tláloc
37, 38	E Papayo - E Tláloc	174	W - W La Malinche

Intervalos

Puesto que la etapa II y las tardías no coexistían, los intervalos entre las fechas señaladas por las dos orientaciones no se toman en consideración en la tabla 5.164.

Discusión

Como se observa en la tabla 5.164, varios de los intervalos que separan las fechas señaladas por las estructuras y los cerros en el horizonte son, o se acercan a, múltiplos de 13 y de 20 días. Entre las prominencias del horizonte merece particular atención el cerro Tlamacas, ya que registra fechas separadas por intervalos de aproximadamente 105 y 260 días. Las fechas "ideales" y, además, comúnmente marcadas por orientaciones arquitectónicas y rasgos del horizonte en varios sitios son 30 de abril y 13 de agosto; éstas pudieron ser señaladas también por el cerro Tlamacas, si se observaba el último contacto del disco solar con el horizonte, es decir, si para determinar las fechas correspondientes al alineamiento era relevante la posición tangencial del Sol sobre el cerro. La declinación del Sol requerida para que su limbo inferior esté alineado con el cerro Tlamacas, observando en el Templo Mayor, es $14^{\circ}45'$ (*cf.* capítulos 3, "Procedimientos de cálculo" y 4, "Técnicas de observación"). Si para un periodo de 4 años a mediados del siglo XIV d.C. –época probable de la selección del sitio para la construcción del Templo Mayor– examinamos las declinaciones calculadas para los momentos de salida del Sol en las fechas relevantes, con el motivo de determinar los días exactos señalados por el centro y el limbo inferior del disco solar (el procedimiento se ejemplifica arriba, "Tenayuca, México"), resulta que las fechas gregorianas en las que el cerro Tlamacas estaba alineado con el centro del Sol son las que se presentan en la tabla 5.165. En cambio, el Sol salía sobre la cumbre del cerro Tlamacas, tocándola con su limbo inferior, en las fechas citadas en la tabla 5.166.

Como se observa, los intervalos que separan las fechas señaladas por el alineamiento del cerro Tlamacas con el centro del disco solar son 105 o 106 y 259 o 260 días. Pero si las fechas estaban determinadas por la posición tangencial del disco solar sobre el cerro, el intervalo corto era 105 o, una vez en los cuatro años, 106 días, mientras que el intervalo largo era siempre de 260 días.⁶⁹ Si el

⁶⁹ Nótese que el año 1344 fue bisiesto, por lo que el intervalo entre las fechas 14/13 de agosto de 1343 y 29 de abril de 1344, en las tablas 5.165 y 5.166, es 259/260 días; en otros años el intervalo que separa las mismas fechas es 1 día más corto.

intervalo de 260 días era particularmente importante, puesto que separaba las mismas fechas de *tonalpohualli*, podemos suponer que las fechas del calendario observacional del Templo Mayor de Tenochtitlan eran registradas por las posiciones tangenciales del Sol sobre el horizonte a lo largo de los alineamientos.⁷⁰

Tablas 5.165 y 5.166

FECHAS REGISTRADAS POR EL CENTRO DEL DISCO SOLAR (TABLA 5.165)
Y POR EL LIMBO INFERIOR DEL DISCO SOLAR (TABLA 5.166) ALINEADOS
CON EL CERRO TLAMACAS, E INTERVALOS INTERMEDIOS, PARA UN PERIODO
DE 4 AÑOS A MEDIADOS DEL SIGLO XIV.

Tabla 5.165

<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>
1341	abr 29	106
	ago 13	
1342	abr 30	105
	ago 13	
1343	abr 30	106
	ago 14	
1344	abr 29	106
	ago 13	
1345	abr 29	259
	.	
	.	

Tabla 5.166

<i>Año</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>
1341	abr 30	105
	ago 13	
1342	abr 30	105
	ago 13	
1343	abr 30	105
	ago 13	
1344	abr 29	106
	ago 13	
1345	abr 30	260
	.	
	.	

Entre los intervalos en la tabla 5.164 llama la atención también el de 46 días, que separa las fechas señaladas por el cerro Tláloc y el cerro Tlamacas, ya que las fechas de registro poniente de la etapa II del Templo Mayor lo subdividen en intervalos de 26 o 27 y 20 o 19 días. Hacia finales del siglo XIV –época probable de la construcción de la etapa II del Templo Mayor (López Luján 1993: 73ss)– el Sol salía

⁷⁰ Cabe advertir que los patrones cuatrienales de fechas exactas de los eventos (*i.e.* de determinadas declinaciones del Sol) presentan variaciones paulatinas a través del tiempo (de ± 1 día), debidas al sistema de intercalaciones del calendario gregoriano. Sin embargo, los patrones de intervalos se mantienen constantes durante épocas más largas. En las tablas 5.165 y 5.166 se presentan las fechas e intervalos para un lapso de 4 años a mediados del siglo XIV, pero los esquemas de intervalos serían prácticamente idénticos también si los reconstruyéramos para los siglos XIII o XV. Las fechas señaladas por las posiciones tangenciales del Sol siempre tenderían a separar intervalos de 260 días; aunque también el intervalo de 260 días en algunas ocasiones, inevitablemente, disminuiría o aumentaría 1 día, las "irregularidades" de este tipo serían mucho menos frecuentes que en el esquema de fechas registradas por el centro del disco solar.

sobre los cerros Tláloc y Tlamacas, tocándolos con el limbo inferior, variablemente en las fechas 14 o 15 de marzo y 29 o 30 de abril, respectivamente, pero el intervalo intermedio era la mayoría de las veces 46 días. Si suponemos que la precisión del calendario observacional era más importante en la época primaveral, antes del comienzo de las lluvias, es probable que la fecha de registro poniente de la etapa II fuera 9 o 10 de abril, idealmente separada por intervalos exactos de 26 (2 treceñas) y 20 días (1 veintena) de las señaladas por los cerros Tláloc y Tlamacas, respectivamente. Este registro poniente de la estructura se pudo lograr si era determinante la posición tangencial del Sol sobre el horizonte y, además, si el azimut original de orientación este-oeste de la etapa II era aproximadamente $97^{\circ}50'$ (declinación requerida: $8^{\circ}06'$), es decir, unos $8'$ más grande del que se presenta en la tabla 5.161 ($97^{\circ}42'$). Este ha sido determinado con base en el análisis del probable desplazamiento horizontal que sufrió la estructura a raíz de los hundimientos, aplicándose la corrección media de $10'$ al azimut actual del pasillo entre los santuarios gemelos ($97^{\circ}32'$) (v. *supra*, y Apéndice 1); no obstante, de acuerdo con el cálculo presentado en el Apéndice 1, el azimut original pudo ser, en efecto, hasta $20'$ más grande que el actual.⁷¹

Asimismo, parece significativo que el intervalo entre las fechas de registro oriente y poniente de la etapa II se aproxima a 39 días (3 treceñas). Sin embargo, el intervalo primaveral (entre 3 de marzo y 9 de abril), aunque presumiblemente más importante, es de 37 días. Si el azimut original de orientación fue cerca de $97^{\circ}50'$, como se ha sugerido arriba, y si se observaba el disco solar en su posición tangencial sobre el horizonte, la fecha de la puesta del Sol a lo largo del eje de la etapa II era 9 o 10 de abril, mientras que las salidas ocurrían en la misma fecha 3 de marzo, es decir, el intervalo entre las dos fechas no alcanzaba los 39 días. Las fechas "ideales" hubieran sido 1/2 de marzo, 13 días antes de la señalada por el cerro Tláloc, y 9/10 de abril, 20 días antes de la registrada por el cerro Tlamacas. Sin embargo, dadas las alturas del horizonte, observadas desde el Templo Mayor, estas fechas no pudieron ser señaladas con una sola orientación. El registro de las fechas 2 de marzo y 10 de abril, separadas por el intervalo de 39 días, podría haberse logrado con un azimut de aproximadamente $98^{\circ}05'$, pero éste es difícilmente reconciliable con el argumento acerca de los probables efectos de hundimientos, ya que implica un des-

⁷¹ De acuerdo con la argumentación expuesta (Apéndice 1), el desplazamiento de las líneas este-oeste pudo alcanzar el valor máximo, si la estructura primero sufrió fuertes asentamientos en la parte poniente y, posteriormente, hundimientos menores de la parte norte; tal secuencia de movimientos es, en efecto, probable, considerando que los asentamientos más intensos del Templo Mayor parecen haber sido provocados por el peso de las escalinatas (cf. Mazari *et al.* 1989: 168s, 178s; López Luján, 1993: 70).

plazamiento horizontal de más de $\frac{1}{2}^\circ$ (recuérdese que el azimut actual del pasillo entre las capillas es $97^\circ32'$), en tanto que, según el cálculo basado en la inclinación actual de la estructura, los azimuts este-oeste originales no disminuyeron más de $20'$.⁷² Aunque podemos especular que la orientación actual es producto de movimientos irregulares e irreconstruibles y que el azimut intencionado del eje este-oeste de la estructura fue cercano a los $98^\circ05'$, con esta orientación en realidad no se hubiera establecido un calendario observacional ideal, ya que, al lograr mayor exactitud en un intervalo, se habría afectado la precisión de otros: puesto que la fecha de puesta del Sol correspondiente al azimut de $98^\circ05'$ hubiese sido –a finales del siglo XIV– invariablemente 10 de abril, mientras que las salidas del Sol sobre el cerro Tlamacas ocurrían el 29 o 30 de abril, la distancia entre ambos fenómenos habría variado entre 19 y 20 días; por otra parte, la salida del Sol sobre el cerro Tláloc, correspondiendo mayormente al 14 de marzo, tampoco hubiera subdividido el lapso de 39 días entre las fechas de registro oriente y poniente de la estructura en intervalos ideales de 13 y 26 días.

También podemos conjeturar que las salidas del Sol el 1 o 2 de marzo (13 días antes del orto sobre el cerro Tláloc y 39 días antes del registro poniente del templo) eran señaladas por otras orientaciones. Por un lado, podríamos postular que la etapa II del Templo Mayor incorporaba dos orientaciones ligeramente diferentes. Los azimuts de las líneas este-oeste del sector norte del edificio son consistentemente menores que los del sector sur, siendo sus promedios $96^\circ18'$ y $98^\circ30'$, respectivamente, pero las fechas que corresponden a estos azimuts no componen un esquema de calendario observacional que parezca significativo; puesto que los alineamientos del sector norte, por una parte, y los del sector sur, por la otra, no tienden a ser paralelos entre sí sino que los azimuts van aumentando de manera relativamente continua desde el norte hacia el sur (los valores extremos correspondientes a los taludes norte y sur del cuerpo superior son $94^\circ08'$ y $100^\circ00'$, respectivamente), parece que se trata de una peculiaridad de la construcción y que los dos promedios citados, que corresponden a los lados norte y sur del edificio, no tienen relevancia. También cabe mencionar que los santuarios gemelos de la Estructura I de Teopanzolco, que es

⁷² El azimut hipotético de $98^\circ05'$ se acerca al que en la actualidad manifiestan las calles Tacuba y Donceles (ca. $98^\circ10'$). Sin embargo, la calle Guatemala, también contigua al Templo Mayor, tiene un azimut de $97^\circ20'$. Puesto que no disponemos de la información arqueológica acerca de la ubicación de las calles prehispánicas en la inmediata cercanía del recinto ceremonial del Templo Mayor, en realidad no sabemos si las calles actuales efectivamente reproducen (y, si es así, con qué precisión) la orientación de algunos edificios prehispánicos o de (partes de) la traza urbana de Tenochtitlan. Concretamente, hay indicios arqueológicos que apoyan la opinión primero expresada por Marquina (1960: 32) de que la calzada hacia Tlacopan estaba desplazada hacia el norte de la actual calle de Tacuba (Marquita Carballal: comunicación personal, junio de 1997; Carballal y Flores, 1989: 76).

el único caso comparable conocido hasta el momento, evidentemente comparten una misma orientación.

Por otro lado, no es imposible que las fechas relevantes de salida del Sol fueran señaladas por algún(os) edificio(s) aledaño(s), formando parte de un calendario observacional en combinación con las fechas de la puesta del Sol registradas por el Templo Mayor.⁷³ La hipótesis, desde luego, no tiene sustento mientras no se encuentre la orientación requerida, incorporada en alguna estructura contemporánea a la etapa II.

Por consiguiente, las evidencias disponibles sugieren que el registro oriente de la etapa II del Templo Mayor no era relevante y que la preocupación de los arquitectos fue ante todo orientar el edificio hacia el punto en el horizonte poniente donde se ocultaba el Sol 26 días después de que saliera sobre el cerro Tláloc y 20 días antes de que sucediera el mismo evento en la dirección del cerro Tlamacas. En la tabla 5.167 se presentan las fechas y los intervalos intermedios del calendario observacional que pudo haber estado en uso a finales del siglo XIV, suponiendo que la estructura estaba orientada con el azimut este-oeste de aproximadamente $97^{\circ}50'$ y que las fechas eran registradas por las posiciones tangenciales del Sol sobre el horizonte. Podemos observar que en la mitad primaveral de cada año el intervalo entre el registro poniente de la estructura y la salida del Sol sobre el cerro Tlamacas es invariablemente 20 días, mientras que la distancia entre la salida del Sol sobre el cerro Tláloc y la fecha de registro poniente del edificio es 26 días, salvo en el año 1382, cuando es 27 días. Notemos, de nuevo, que el intervalo largo que separa las salidas del Sol sobre el cerro Tlamacas es siempre 260 días. Asimismo, podría ser significativo que el intervalo largo que separa las fechas de registro poniente de la estructura (por ejemplo, del 31 de agosto de 1380 al 9 de abril de 1381) es constantemente 221 días, es decir, 17 trecenas.

Si la orientación, tal como se manifiesta en la etapa II del Templo Mayor y que posiblemente fue incorporada en la traza urbana en la época temprana de Tenochtitlan, no era funcional en ambas direcciones, tal vez fue precisamente este hecho el que motivó el cambio de orientación de la estructura a partir de la etapa III. Los motivos astronómicos y calendáricos implícitos en la orientación tardía del Templo Mayor parecen claros: el calendario observacional indiciado se compone de intervalos que son o se aproximan a múltiplos de trecenas. Los intervalos más cortos entre las fechas de registro oriente y poniente son de 26 o 28 días, en tanto que las fechas de registro oriente/poniente consecutivas están separadas por intervalos de 155/156 días; además, las puestas del Sol señaladas por la orientación del templo

⁷³ Esta posibilidad es sugerida por las orientaciones del Templo Mayor y el Templo Calendárico de Tlatelolco, y de las Estructuras I y II de Teopanzolco (v. *supra*).

caían 25 días antes y después de las salidas del Sol sobre el cerro Tlamacas (cf. tabla 5.164).⁷⁴

Cabe notar que el esquema de intervalos que parece ideal hubiera sido el que se presenta en la tabla 5.168 y en el que los intervalos cortos entre las fechas consecutivas tanto de registro oriente como de registro poniente de la estructura son siempre 156 días (12 treceñas), mientras que los intervalos primaverales entre los días de registro oriente y poniente, así como entre este último y la salida del Sol sobre el cerro Tlamacas, son 26 días (2 treceñas). Los cálculos muestran que este esquema pudo haberse logrado si las declinaciones de registro oriente y poniente del edificio fueron cerca de $-4^{\circ}27'$ y $5^{\circ}55'$, respectivamente. En el siglo XV, el Sol tenía estas declinaciones cuando tocaba con su limbo inferior los puntos del horizonte del Templo Mayor a lo largo del azimut de $95^{\circ}25'/275^{\circ}25'$; por consiguiente, las fechas ideales del calendario observacional, en efecto, pudieron ser registradas con una sola orientación arquitectónica, pero *únicamente si fueron determinantes las posiciones tangenciales del Sol sobre el horizonte* y, a la vez, si el azimut de orientación era unos $95^{\circ}25'$, es decir, $11'$ menor del que se cita en la tabla 5.161 ($95^{\circ}36'$). Puesto que este promedio ha sido determinado con base en los azimuts medidos en los cuerpos inferiores –los únicos que se conservan– de las etapas tardías, es obvio que el margen de error que debemos considerar rebasa la corrección de $11'$ necesaria para obtener el valor ideal; por ende, es enteramente probable que, a partir de la etapa III, el azimut intencionado de la orientación este-oeste del Templo Mayor fue cerca de $95^{\circ}25'$.⁷⁵

A la luz de las evidencias comparables de otros sitios resulta poco verosímil que los alineamientos hacia los cerros Tláloc y Tlamacas fueran fortuitos. Mientras que no se conocen datos sobre la eventual importancia del cerro Tlamacas en tiempos prehispánicos, el significado simbólico y ritual del cerro Tláloc está ampliamente documentado en las fuentes coloniales y corroborado por los vestigios arqueológicos en la cumbre de la montaña (v. *supra*, "Cerro Tláloc, México"; Aveni *et al.* 1988: 298ss; Broda 1971: 277ss; 1991a: 475s; 1991b: 95; Iwaniszewski 1986b: 256s, 260; 1994b). Varias fuentes tempranas sugieren que la selección del sitio en el que se construyó el Templo Mayor fue condicionada

⁷⁴ También llama la atención que el registro poniente de la estructura cae aproximadamente 20 días antes y después de las salidas y puestas del Sol sobre el cerro Tláloc y Monte Alto; sin embargo, las fechas señaladas por estos cerros no se pueden incorporar en un calendario observacional completo, en el que predominen intervalos significativos, por lo que no parece que los alineamientos fueran intencionales. Algo parecido se puede decir en relación con las fechas marcadas por el cerro Telapón, que caen unos 40 días antes y después de las fechas de registro poniente de la etapa II del Templo Mayor (tabla 5.164).

⁷⁵ Podemos recordar que la iglesia de San Luis de Huexotla, al parecer construida sobre las ruinas del templo principal de la ciudad prehispánica, tiene una orientación muy parecida (v. *supra* "Huexotla, México", *Discusión*).

por la presencia de cuevas, rocas y manantiales (López Luján 1993: 88ss; Ovando-Shelley y Manzanilla 1997: 222).⁷⁶ Por otra parte, al analizar los asentamientos del Templo Mayor en términos de la mecánica de suelos, Mazari *et al.* (1989: 155, 168, 177) y Mazari (1996: 11ss) concluyen que no existía un islote natural en este lugar y que el templo fue construido sobre una gigantesca plataforma artificial de unos 11 m de altura, sumergida aproximadamente 6 m bajo la superficie del lago. Esta interpretación, de ser correcta, podría apoyar la idea de que el sitio, tan poco idóneo para la construcción de un templo, fue elegido precisamente por motivos astronómicos, ya que permitía aprovechar las Prominencias del horizonte como marcadores de fechas significativas del calendario observacional.

Tabla 5.167

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL RELACIONADO
CON LA ETAPA II DEL TEMPLO MAYOR, PARA UN PERIODO DE 4 AÑOS
A FINALES DEL SIGLO XIV

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>
	1380		1382	167
E Tláloc	mar 14		mar 14	
		26		27
W estr. II	abr 9		abr 10	
		20		20
E Tlamacas	abr 29		abr 30	
		105		105
E Tlamacas	ago 12		ago 13	
		19		19
W estr. II	ago 31		sep 1	
		28		27
E Tláloc	sep 28		sep 28	
	1381	167	1383	168
E Tláloc	mar 14		mar 15	
		26		26
W estr. II	abr 9		abr 10	
		20		20
E Tlamacas	abr 29		abr 30	
		106		105
E Tlamacas	ago 13		ago 13	
		19		19
W estr. II	sep 1		sep 1	
		27		27
E Tláloc	sep 28		sep 28	
	1382	167	1384	168
E Tláloc	mar 14		mar 14	

⁷⁶ En tanto que los indicios de la existencia de manantiales en la zona del recinto ceremonial del Templo Mayor han sido encontrados en diversas ocasiones (López Luján 1993: 88s; Ovando-Shelley y Manzanilla 1997: 222, 232), las referencias a cuevas y rocas no son conciliables con las características geológicas y geomorfológicas del área (Ovando-Shelley y Manzanilla 1997: 232s).

Tabla 5.168

ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL RELACIONADO CON LAS ETAPAS TARDÍAS DEL TEMPLO MAYOR DE TENOCHTITLAN

<i>Alineamiento</i>	<i>Fecha</i>	<i>Intervalo (días)</i>	<i>Fecha</i>
		156	
E estr. tard.	mar 9	26	oct 4
W estr. tard.	abr 4	27	sep 7
		26	
E Tlamacas	abr 30	25	ago 13
		105	

Ponce de León (1982: 58) menciona otros dos alineamientos que posiblemente intervinieron en la selección del lugar: el eje solsticial de la pirámide y de la traza urbana de Cholula pasa, prolongado hacia el poniente, por el Templo Mayor de Tenochtitlan, cruzando el cerro Tehuicocone al norte del Iztaccíhuatl, mientras que el cerro Chiquihuite marca, desde el Templo Mayor, la dirección hacia el norte astronómico. Como se explica en el capítulo 3 ("Rasgos del horizonte local"), el presente estudio no examina alineamientos hacia las prominencias ubicadas fuera del ángulo de desplazamiento anual del Sol, y tampoco los que no constituyen líneas visuales, por lo que no es posible evaluar la intencionalidad de los alineamientos hacia el Chiquihuite y Cholula. El cerro Tehuicocone efectivamente señalaba las salidas del Sol en el solsticio de invierno ($\oplus A = 115^{\circ}49'$; $\oplus h = 1^{\circ}53'$; $\delta = -23^{\circ}38'$), y es posible que el alineamiento no fuera fortuito, pero en el presente estudio no se toma en consideración por motivos de coherencia metodológica (véase capítulo 3, "Rasgos del horizonte local"), ya que se trata de una elevación poco prominente.

También Aveni, Calnek y Hartung (1988) argumentan que la ubicación del Templo Mayor de Tenochtitlan fue determinada por consideraciones astronómicas. Según observan, el Sol sale sobre los cerros Telapón y Tepetzinco (Peñón de los Baños) unos 20 días antes y después, respectivamente, del equinoccio de primavera (*ibid.*: 302; Aveni 1991b: 67). Aunque su inferencia sobre la importancia de los equinoccios se basa en datos indirectos (Aveni *et al.* 1988: 289s, 304s, 307), es interesante su intento de reconstruir un calendario observacional compuesto por veintenas. El alineamiento hacia el cerro Tepetzinco parece particularmente significativo: Aveni *et al.* (1988: 302) afirman que el Sol sale en esta dirección el 8 de abril y 6 de septiembre y que la primera fecha cae 19 días –aproximadamente un "mes"– después del equinoccio de primavera, pero en realidad la distancia es de 20 días, ya que –como lo comprueba la fotografía de Galindo (1994: 166)– las fechas correspondientes son 9 de abril y 2 de septiembre. Además, Galindo (*ibid.*) hace notar que estas fechas son las de

registro poniente del Templo Mayor. Puesto que la cumbre del cerro Tepetzinco no está claramente definida y queda, además, por debajo del horizonte, y si consideramos que probablemente se observaba el Sol en la posición tangencial sobre el horizonte, las fechas señaladas bien pudieron ser 9 o 10 de abril y 31 de agosto o 1 de septiembre; según se ha argumentado arriba, éstas eran, en efecto, las fechas de puesta del Sol registradas por la etapa II del Templo Mayor. El contorno del cerro Tepetzinco no forma parte de la línea del horizonte local, por lo que el alineamiento –de nuevo, en aras de la consistencia metodológica– no se ha tomado en consideración en los análisis del presente estudio, que se limitan, según lo expuesto en el capítulo 3 (“Rasgos del horizonte local”), a alineamientos hacia las prominencias *sobre* el horizonte de cada sitio. No obstante, el significado mítico del Tepetzinco, lugar donde fue depositada la cabeza de Cópil (Aveni *et al.* 1988: 292, 302; Broda 1991b: 86ss), suscita la sospecha de que la dirección hacia el cerro efectivamente pudo haber influido en la ubicación del Templo Mayor de Tenochtitlan; recordemos, además, que esta eminencia rocosa tenía, según González Aparicio (1973: 47s, 53) un papel importante en la planeación urbana de Tenochtitlan.

Aveni *et al.* (1988: 292s) encuentran alusiones a la observación del Sol relacionada con los cerros en el mito sobre la fundación de Tenochtitlan, como lo narra Alvarado Tezozómoc en su *Crónica Mexicáyotl*. Cuando los mexicas, en el año 1 Técpatl (1324), visitaron el nopal que había brotado del corazón de Cópil, reconocieron en el lugar el sitio profetizado por Huitzilopochtli al observar los peñascos y cuevas hacia donde sale el Sol y hacia el norte. Después, aparentemente en la mañana siguiente, recibieron la señal decisiva, al divisar al águila sobre el nopal. Aveni *et al.* (1988: 293) comentan que, según el relato, la escena fue vista desde lejos y que el águila, idéntico a Huitzilopochtli, ha de referirse al Sol, probablemente saliente, por lo que concluyen que la fundación de Tenochtitlan debió estar relacionada con la observación de la salida del Sol en un punto donde se cruzaban alineamientos relevantes hacia el este y el norte. Si el mito refleja la importancia de las elevaciones hacia el oriente como marcadores calendáricos, es posible que la referencia al cerro que se encuentra al norte se relacione con la sierra de Guadalupe y su cumbre más alta, el cerro Cuauhtepec, actualmente conocido también como Pico Tres Padres (*ibid.*: 304); por otra parte, también podría tratarse del cerro Chiquihuite, que desde el Templo Mayor marca la dirección hacia el norte astronómico (Ponce de León 1982: 58).⁷⁷

⁷⁷ Aveni (1991b: 63) menciona varios sitios arqueológicos que parecen ejemplificar la importancia simbólica de la montaña ubicada al norte del centro ceremonial. Cabe agregar que los ejes norte-sur de las estructuras examinadas en la presente investigación apuntan con mayor frecuencia a los cerros hacia el norte que hacia el sur (véase capítulo 4, “Azimuts de los alineamientos”).

Otro intento de reconstruir el calendario observacional del Templo Mayor en términos de intervalos significativos es el de Drucker (1977: 281ss, fig. 3). Cuando aplica el modelo que usa para interpretar la orientación de la Pirámide del Sol de Teotihuacan (v. *supra*, "Teotihuacan, México"), el autor supone que también en Tenochtitlan estaba en uso un calendario observacional compuesto por periodos de 20 días y centrado en el "intervalo núcleo" de 180 días, del 22 de septiembre al 20 de marzo. Al tomar el dato sobre la orientación del Templo Mayor disponible en aquel entonces (azimut de 97°06', medido por Aveni), Drucker calcula que corresponde, a mediados del siglo XIV d.C., a las salidas del Sol el 1 de marzo y 12 de octubre y a las puestas del Sol el 8 de abril y 2 de septiembre, y concluye que estas fechas, con la excepción del 8 de abril, representan días iniciales de tres de los periodos de 20 días que componen el esquema del calendario observacional. Como ha sido argumentado en la discusión sobre Teotihuacan (*supra*), el procedimiento de Drucker para calcular las fechas de ciertas declinaciones del Sol en el pasado es inadecuado, por lo que las fechas que determina no corresponden al azimut de 97°06' y, desde luego, tampoco a los azimuts de 97°42' y 95°36' que representan las dos orientaciones incorporadas en el Templo Mayor (tabla 5.161).⁷⁸ Además, no hay evidencias inequívocas que indiquen la importancia especial de las fechas 22 de septiembre y 20 de marzo, días claves del esquema de Drucker.

Aguilera (1990: 74) pretende mostrar que el Templo Mayor con sus santuarios gemelos era observatorio y que, junto con la línea del horizonte poniente, funcionaba como instrumento para medir el tiempo. Al abogar en favor de la correlación fija del calendario mexicana lograda mediante el sistema de ajustes propuesto por Castillo (1971), asocia ciertas fiestas del *xíhuatl* con los solsticios, equinoccios y pasos del Sol por el zenit. Nos extraña la afirmación de que en los equinoccios el Sol estaba en el punto del horizonte poniente directamente enfrente de los templos gemelos (*ibid.*: 75), pues sabemos, desde que se realizaron las primeras mediciones (Aveni y Gibbs 1976: 512ss, tabla 1), que la orientación del Templo Mayor no puede relacionarse con los puntos equinociales sobre el horizonte. La autora no presenta datos que ejemplifiquen la supuesta relación entre las demás fechas referidas y las observaciones desde el Templo Mayor.

Galindo (1994: 166s) observa que, según Sahagún, la fiesta de Yoaltecuhtli "se celebraba en el signo que se llama nahui ollin, a doscientos y tres días de la cuenta de tonalamatl"; agregando que Nahui

⁷⁸ Más aun, las declinaciones y fechas que obtiene Drucker (1977: 282) como correspondientes al azimut de 97°06', tomando en consideración la altura de horizonte de 2°10' (tanto para el oriente como para el poniente), ni siquiera derivan de la fórmula que él mismo presenta (*ibid.*: 278).

Ollin era nombre calendárico del Sol, por lo que debe haberse tratado de una celebración eminentemente solar, el autor concluye que en la correlación de Sahagún, "según la cual el año prehispánico comenzaba el 2 de febrero, es decir, el 12 de febrero en el calendario actual, el día 203 del calendario coincide justamente con el 2 de septiembre, día en el que el Sol se pone enfrente, alineado al Templo Mayor" (*ibid.*: 167). Hay que advertir, en primer lugar, que el número "203" representa una traducción inadecuada del término náhuatl usado en el *Códice Florentino*; el error fue corregido por Anderson y Dibble (1981: 216) en su segunda edición de la obra: el texto relata simplemente que la fiesta se celebraba cada 260 días, sin mencionar alguna relación con el inicio del año.⁷⁹ Además, la fecha 2 de septiembre mencionada por Galindo se basa en el azimut de 97°25' determinado por Ponce de León (1982: 31) para las etapas tardías del Templo Mayor; en vista de la argumentación presentada arriba (*Orientaciones*), este azimut aproximadamente corresponde a la etapa II, mientras que la orientación de las superposiciones posteriores –incluyendo la etapa VII, es decir, el templo que vieron los conquistadores españoles– era diferente.⁸⁰ También el día 4 de marzo, que Galindo (1994: 167) asocia con el registro oriente del Templo Mayor y con el primer día del mes Tlacaxipehualiztli, según la correlación de Sahagún, corresponde al azimut de 97°25', por lo que no pudo ser señalado por la orientación del Templo Mayor en la época de la Conquista.

Galindo (1994: 167) hace referencia también a las fechas 27 de marzo y 12 de diciembre (gregorianas) mencionadas por Durán, y relaciona la primera con la puesta del Sol sobre el cerro La Malinche; en el esquema de Durán, las dos fechas corresponden a los días 4 Ollin de *tonalpohualli*. Sin embargo, aparte de que la coincidencia de un mismo día del *tonalpohualli* con una misma fecha del año trópico, recurriendo sólo en intervalos de 42 años (Siarkiewicz 1995: 94), difícilmente puede considerarse como relevante para explicar el significado de los alineamientos, hay que recordar que el calendario de Durán es ficticio –o un "calendario modelo"–, ya que su año "indígena" comienza arbitraria e invariablemente con 1 Cipactli y 1 Cuahuitlehua (Atlcahualo), correspondiendo al 1 de marzo en el calendario juliano (*cf.* Prem 1983a: 143ss, tabla 3).

Por último, cabe examinar las hipótesis que se han propuesto en relación con el famoso comentario en la obra de fray Toribio de

⁷⁹ Agradezco la observación a Leonardo López Luján y Alfredo López Austin.

⁸⁰ La orientación de la etapa VII no se ha determinado con mediciones, pero los restos de esta construcción indican que fue erigida encima de la anterior etapa VI, aumentando sus dimensiones únicamente hacia arriba y conservando su orientación (López Luján 1993: 72, y comunicación personal, junio de 1997).

Motolinía (1971: 51), de que la fiesta de Tlacaxipehualiztli “caía estando el sol en medio de *Uchilobos*, que era equinoccio”. La importancia de este texto radica en que parece ser la única referencia documental que de manera bastante explícita relaciona un templo mesoamericano con observaciones astronómicas. No es de extrañar, por lo tanto, que haya habido diversos intentos de conciliar el dato de Motolinía con la disposición arqueológicamente atestiguada del Templo Mayor.

Aveni y Gibbs (1976: 513ss) hicieron notar que la orientación del templo no correspondía con la dirección hacia las salidas del Sol en los equinoccios sobre el horizonte natural, pero sugirieron que las observaciones del Sol equinoccial pudieron haberse realizado en el Templo de Quetzalcóatl, situado, según algunas fuentes, al poniente del Templo Mayor: debido a la altura de este último, el Sol hubiera aparecido a lo largo del pasillo entre los santuarios gemelos apenas después de haberse desplazado considerablemente hacia el sur, alcanzando el azimut correspondiente a la orientación del Templo Mayor (*ibid.*: 515, fig. 4; Aveni 1980: 27s; 1991a: 279ss, fig. 81).

Aveni, Calnek y Hartung (1988: 294ss) elaboraron la hipótesis con base en datos arqueológicos más recientes y propusieron que los mexicas orientaron su primer Templo Mayor en la dirección este-oeste –es decir, hacia donde salía el Sol en los equinoccios–, pero al crecer la altura de las superposiciones, desviaron la orientación hacia el sur, para poder seguir observando el Sol equinoccial a lo largo del corredor entre los santuarios superiores desde algún punto situado en frente y en el eje del edificio. Al notar la conformidad general de las orientaciones de las etapas tardías, Aveni *et al.* (1988: 297) interpretaron el hecho como indicio de que la altura del Sol observado se mantenía constante, desplazándose el punto de observación con cada una de las sucesivas etapas constructivas, o que la intención de preservar la orientación equinoccial llegó a ser simplemente abandonada.

Tichy (1991: 94) comenta que la relación del Templo Mayor con los equinoccios propuesta por Aveni *et al.* (1988) es poco probable, ya que se basa en un solo dato de Motolinía, y arguye que la orientación del templo debe explorarse en relación con las posiciones del Sol en el horizonte y en el contexto del sistema calendárico. Aunque la posibilidad de que existieran alineamientos inclinados, señalando posiciones astronómicamente significativas en alturas elevadas, no se puede descartar, e independientemente de las dudas en cuanto a la ubicación exacta del Templo de Quetzalcóatl (Aveni *et al.* 1988: 294)⁸¹ –en todo

⁸¹ Un edificio de planta mixta, posiblemente el Templo de Quetzalcóatl, fue parcialmente excavado en el área de la Catedral Metropolitana, considerablemente al sur del eje este-oeste del Templo Mayor (Vega Sosa 1979: planos 1 y 2).

caso no sabemos si éste realmente fue el lugar de observación–, los argumentos presentados en el capítulo 2 sugieren que las orientaciones en la arquitectura mesoamericana, en efecto, registraban fenómenos astronómicos sobre el horizonte.

Al citar el dato de Motolinía sobre la coincidencia de la fiesta de Tlacaxipehualiztli con el equinoccio, y en apoyo al argumento acerca del alineamiento equinoccial incorporado en el Templo Mayor, Aveni *et al.* (1988: 291) observan que, según la correlación de Sahagún, el mes Tlacaxipehualiztli comenzaba el 4 de marzo del calendario gregoriano, por lo que la fiesta, usualmente celebrada al final del mes, habría caído el 23 de marzo, muy cerca del equinoccio. De acuerdo con los argumentos presentados en el capítulo 4 (“Argumentos en contra de las intercalaciones en el calendario mesoamericano”), la correlación de Sahagún que hace coincidir el primer día de Tlacaxipehualiztli con el 4 de marzo del calendario gregoriano se basa en la información recopilada en su época, por lo que no puede ser relevante para interpretar el dato de Motolinía, que se refiere a un fenómeno astronómico relacionado con el Templo Mayor: aun si el edificio no fue destruido de inmediato, su función ritual y, por tanto, astronómica seguramente no sobrevivió más allá de la Conquista. Además, Motolinía (1971: 44) dice que “los indios naturales de la Nueva España, al tiempo que esta tierra se ganó [y] entraron en ella los españoles, comenzaban su año en principios de marzo”, y que el primer mes era Tlacaxipehualiztli (*ibid.*: 45), mientras que, según Sahagún (1985: 77ss), el año indígena comenzaba a principios de febrero con el mes Atlcahualo, por lo que el inicio del siguiente mes Tlacaxipehualiztli, aunque coincidía con el 4 de marzo del calendario gregoriano, caía en *febrero* del calendario juliano, como también observan Aveni *et al.* (1988: 291). Es decir, si nos basamos en la correlación de Sahagún y, a la vez, aceptamos como verídico el dato de Motolinía acerca de la coincidencia de la fiesta de Tlacaxipehualiztli (último día del mes) con el fenómeno solar en el Templo Mayor, nos vemos obligados a rechazar como falsa la información de Motolinía sobre el inicio del mes Tlacaxipehualiztli en marzo, lo cual parece arbitrario. Como se verá en seguida, los datos citados de Motolinía son internamente coherentes⁸² y, además, perfectamente congruentes con la orientación que ha sido determinada para las etapas tardías del Templo Mayor (tabla 5.161).

⁸² Cabe precisar que los datos relevantes en el presente contexto y citados arriba son coherentes, pero al parecer no son del mismo autor: la mención de que el año principiaba en marzo con el mes Tlacaxipehualiztli y que el día festivo era el último de cada mes pertenece al propio Motolinía (1971: 44s), mientras que la referencia al fenómeno solar en el Templo Mayor forma parte de una interpolación que “no es del texto de los *Memoriales*” (*ibid.*: 50).

Tanto el comentario de Motolinía como el dibujo del Templo Mayor en el mapa de Tenochtitlan atribuido a Cortés han sido interpretados como referencias a la observación de *salidas* del Sol entre los santuarios gemelos (cf. Maudslay 1990: 272; Aveni y Gibbs 1976: 513; Aveni 1991a: 279). No obstante, el texto de Motolinía (1971: 51), mencionando que la fiesta de Tlacaxipehualiztli "caía estando el sol en medio de *Uchilobos*, que era equinoccio", en realidad no es explícito y bien podría referirse al *ocaso* del astro en el eje del edificio.⁸³ En efecto, en el año 1519 el último día del mes Tlacaxipehualiztli cayó, según la correlación de Caso (1967: 58, tabla IV), el 25 de marzo del calendario juliano, equivalente al 4 de abril del calendario gregoriano, que era precisamente la *fecha de registro poniente de las etapas tardías del Templo Mayor*. Por lo tanto, el comentario de Motolinía puede entenderse como referido a la puesta del Sol en el eje del edificio en la fecha especificada. Esta interpretación concuerda no sólo con la correlación de Caso y su argumento (*ibid.*: 39, 51), basado en varias fuentes y apoyado por Prem (1991: 395), de que la fiesta principal de cada mes era celebrada en su último día, sino también con la mención del mismo Motolinía (1971: 45) de que "el postrer día del mes" era "solemne y muy festival entre ellos".

Incluso el hecho de que Motolinía correlaciona la fiesta de Tlacaxipehualiztli con el equinoccio es sólo aparentemente contradictorio: como se acaba de mencionar, en el calendario juliano, que estaba en uso en la época de Motolinía (hasta la reforma gregoriana, adoptada en México en 1583: Caso 1967: 98s), la fiesta (y la puesta del Sol en el eje del Templo Mayor) cayó, en 1519, el 25 de marzo; la mención del fraile resulta enteramente comprensible y exacta, si recordamos que este día, en el que se celebraba la concepción de Jesucristo (*Annunciatio Mariae*), era en la Edad Media comúnmente identificado con el equinoccio vernal (Newton 1972: 27; McCluskey 1989: S2; 1993: 110s, 114).⁸⁴ Por consiguiente, Motolinía aparentemente no se refirió al equinoccio astronómico, sino que tan sólo apuntó la correlación observada entre el día de la festividad mexicana, que en los últimos años antes de la Conquista coincidía con el fenómeno solar en el Templo Mayor, y la fecha del calendario cristiano que correspondía al día tradicional de equinoccio.

⁸³ El hecho de que Marquina (1960: 113), parafraseando a Motolinía, habla del Sol "frente a Huichilobos" muestra claramente que el texto es ambiguo.

⁸⁴ Aunque la fecha canónica de equinoccio eclesiástico establecida en 325 d.C. por el Concilio de Nicea era 21 de marzo, también sobrevivió la tradición romana que correlacionaba el equinoccio con el 25 de marzo (VIII. Kal. Aprilis) (Newton 1972: 22-27). Newton (*ibid.*: 26s) menciona dos calendarios medievales –uno de ellos registrado por el Venerable Beda– que atestiguan la convivencia de ambas tradiciones, ya que en cada uno de ellos está anotado el equinoccio para el 21 y, a la vez, para el 25 de marzo. Incidentalmente, Beda es uno de los autores a quienes cita Motolinía (1971: 46) en su discusión sobre diversos calendarios.

Si consideramos la enorme importancia de las ceremonias realizadas en el mes Tlacaxipehualiztli, atestiguada en las ofrendas del Templo Mayor y en datos de otro tipo (Broda 1970; López Luján 1993, particularmente pp. 270-289), no es imposible que la orientación del templo tuviera alguna relación con esta veintena, aunque la correspondencia era más simbólica que calendáricamente precisa y estable. Podemos notar que la fecha de la puesta primaveral del Sol señalada por la orientación tardía del Templo Mayor (4 de abril del calendario gregoriano) caía en algún día del mes Tlacaxipehualiztli durante unos 80 años; aunque puede ser fortuito, es un hecho que esta fecha de registro solar poniente del templo coincidió con el primer día de Tlacaxipehualiztli en la segunda mitad de los años cuarenta del siglo XV, es decir, precisamente en la época de Itzcóatl, gobernante responsable de la construcción de la etapa III (Matos 1988: 73; López Luján 1993: 73ss, fig. 14), que es la primera que manifiesta la nueva orientación. En este contexto parece significativo que, según las fuentes, las ceremonias de consagración del *Huey Teocalli* entrelazadas con los rituales de Tlacaxipehualiztli adquirieron importancia a partir de Motecuhzoma Ilhuicamina (1440-1469), sucesor inmediato de Itzcóatl en el trono mexica (López Luján 1993: 272). Asimismo, es interesante que de acuerdo con el análisis arqueoictiológico, los peces cuyos restos fueron encontrados en la ofrenda 23 del Templo Mayor debieron haber sido capturados –y, por tanto, enterrados– entre febrero y abril (Guzmán Camacho 1997: 104s); puesto que se trata de una de las ofrendas de consagración de la etapa IVb (López Luján 1993: 237ss, figs. 105-110), los resultados del análisis concuerdan con los datos que señalan que los rituales dedicatorios se realizaban en Tlacaxipehualiztli, que durante el reinado de Axayacatl (1469-1481), responsable de la ampliación IVb del Templo Mayor (*ibid.*: 75, fig. 14), correspondía a finales de marzo y la primera mitad de abril.

Todo parece indicar que tanto el Templo Mayor como las demás edificaciones del centro de México registraban fenómenos astronómicos en el horizonte, pero sólo podemos especular acerca de los métodos de observación utilizados. Es posible que las salidas del Sol fueran observadas a lo largo del pasillo entre los santuarios gemelos, como lo sugiere el dibujo en el plano de Tenochtitlan de Cortés (*cf.* Marquina 1960: 30, fig. 1; 1964: 183, fig. 6 bis; Aveni y Gibbs 1976: 514, fig. 3; Matos 1988: 146, fig. 115; Aveni 1991a: 280, fig. 81b). En este caso, las fechas correspondientes a la orientación pudieron determinarse con mayor facilidad y precisión si las observaciones se realizaban desde un punto alejado. Más aún, si el punto de observación se localizaba a nivel del terreno natural, forzosamente debió estar relativamente lejos del templo: conforme crecía la altura de éste, debía aumentar la

distancia.⁸⁵ Si se observaba desde la parte elevada de algún edificio situado a lo largo del eje del Templo Mayor, la distancia pudo ser menor. Por el momento, empero, no contamos con ningún dato que sugiera la localización del eventual lugar de observación.

Por otra parte, es probable que los santuarios superiores, que daban hacia el poniente, tuvieran elementos o dispositivos que permitían observar el Sol o la proyección de sus rayos, en los momentos antes de la puesta del astro, y así determinar las fechas relevantes. Aunque no hay evidencias contundentes al respecto, cabe mencionar algunos detalles arquitectónicos de la etapa II que podrían tener alguna relación con observaciones astronómicas. Entre las jambas de la entrada al santuario de Tláloc y los dos pilares adosados se observan ranuras verticales que pudiesen haber facilitado la observación de los rayos solares proyectados sobre la pared interior oriente de la capilla en ciertas fechas, algunos momentos antes de la puesta del Sol. No obstante, la idea se ve debilitada por el hecho de que las dos ranuras tienen azimuts muy divergentes: la que separa la jamba y el pilar norte está alineada con el azimut de $94^{\circ}35' \pm 30'$, mientras que la que es conformada por los elementos correspondientes del lado sur manifiesta el azimut de $98^{\circ} \pm 30'$. Cada una de las ranuras tiene aproximadamente 1.20 m de largo y entre 2 y 5 cm de ancho; los paramentos que las delimitan son bastante irregulares.

El santuario de Huitzilopochtli no tenía pilares comparables de mampostería. Sin embargo, las huellas del estuco, enmarcando espacios rectangulares sobre dos muros bajos que, adosados a las jambas, flanquean el acceso al interior del santuario, así como restos de madera encontrados sobre ambos muros durante las excavaciones, indican que a las jambas de este santuario estaban adosados pilares de madera (Francisco Hinojosa: comunicación personal, mayo de 1997). Llama la atención que las caras de las jambas son mucho más lisas y paralelas entre sí que las del santuario de Tláloc: el azimut de la jamba norte es $98^{\circ}48' \pm 30'$ y el de la jamba sur $97^{\circ}40' \pm 30'$, pero hay que advertir que las líneas medidas son, de nuevo, cortas⁸⁶ y que los azimuts originales, dependiendo del espesor del estuco que recubría las jambas y que se conserva en fragmentos, no se puede determinar con exactitud. A la idea expresada ya por Hartung (1975: 196) de que las jambas de los templos posiblemente incorporaban alineamientos astronómicos,

⁸⁵ Por ejemplo, si la plataforma superior de la última etapa constructiva tenía unos 30 m de altura (cf. Marquina 1960: 44), el observador que quería ver la salida del Sol sobre el horizonte natural y, a la vez, entre los santuarios superiores tuvo que colocarse a unos 850 m de distancia para que la altura del horizonte este coincidiera con la de la plataforma superior del Templo Mayor.

⁸⁶ El paramento interior de cada jamba es trapezoidal (su ancho disminuye hacia arriba); la dimensión máxima de cada uno, a lo largo de su intersección con la cara superior horizontal del muro adosado, es de unos 185 cm.

cabe agregar que ranuras suficientemente angostas, si permitían el paso de los rayos solares y su proyección en la pared posterior del templo sólo en determinadas fechas, ciertamente hubieran podido servir como dispositivos muy idóneos para observaciones astronómico-calendáricas precisas. Sin embargo, parece que los dos pilares de madera del Templo de Huitzilopochtli no estaban separados de las jambas, ya que en éstas no se observan restos del estuco precisamente a lo largo de las superficies que, según los indicios, corresponden al ancho de los pilares (agradezco la advertencia a Francisco Hinojosa, mayo de 1997). Por lo tanto, la suposición de que entre los pilares y las jambas existieran ranuras comparables a las que se observan en el santuario de Tláloc no deja de ser, en vista de las evidencias disponibles por el momento, más que una especulación.

Al recordar la sugerencia de Hartung (1975: 193, figs. 3 y 4), basada en las ilustraciones de algunos códices, de que las observaciones astronómicas pudieron haberse realizado desde el interior de los templos, también medí el azimut de la línea visual que conecta el centro de la piedra de sacrificio, encontrada *in situ* y empotrada en el piso frente al santuario de Huitzilopochtli, con el centro del pequeño basamento o pedestal cuadrangular construido sobre la banqueta adosada a la pared interior oriente. Considerando que el basamento seguramente soportaba la estatua de Huitzilopochtli (López Luján 1993: 71), también me pareció atractiva la idea de que pudiera haberse observado la proyección de la sombra de la piedra de sacrificio; sin embargo, las alturas de la piedra y del pedestal permiten concluir que la sombra de la piedra era arrojada por los rayos del Sol, unos momentos antes de su puesta en ciertas fechas, sobre la cara poniente de la banqueta y del pedestal, que es más ancho que la piedra, pero nunca pudo alcanzar la estatua, por lo que el fenómeno no era particularmente llamativo y tampoco hacía posible determinar las fechas relevantes con mucha precisión, de no haber existido marcas sobre la banqueta o el pedestal. Además, el azimut del alineamiento, de $99^{\circ}37'$, no coincide con ninguno de los demás que se han medido en el edificio, por lo que parece difícil suponer que fuera astronómicamente significativo.

En resumen, la idea de que los alineamientos indicados por ciertos elementos de los santuarios superiores del Templo Mayor de la fase II (jambas, ranuras entre los pilares y jambas, el alineamiento entre la piedra de sacrificio y el pedestal para la estatua de Huitzilopochtli) fueran diseñados para señalar fenómenos astronómicos parece poco convincente, ya que sus azimuts difieren notablemente: las puestas del Sol señaladas caen unos días antes y después de las registradas por el azimut medio de orientación este-oeste de la estructura y citadas en la tabla 5.161. Aunque no podemos descartar la posibilidad de que algunos de estos alineamientos fueran astronómicamente significativos

e intencionales –sobre todo si consideramos que algunos de los azimuts medidos tal vez difieren de los originales, tanto por la imposibilidad de reconstruir los espesores originales del estuco como por posibles errores de medición, debidos a que se trata de líneas cortas–, sería demasiado aventurado especular al respecto, puesto que en otros sitios no se conservan alineamientos de este tipo que pudieran servir como datos comparativos. En vista de las incertidumbres mencionadas, los azimuts citados de estos alineamientos no han sido corregidos por los efectos de hundimiento discutidos arriba; a falta de referencias comparativas, tampoco se han considerado en los análisis presentados en el capítulo 4.

No es imposible, desde luego, que las partes desaparecidas de los santuarios tuvieran algunos elementos arquitectónicos que permitieran observar la proyección de los rayos solares en las fechas relevantes (p.e. orificios, como los tiene la Estructura 1-sub o Templo de las Siete Muñecas en Dzibilchaltún; cf. Šprajc 1995). Si en el Templo Mayor se observaban los juegos de luz y sombra al ponerse el Sol, los adyacentes Edificios C y F (Templos Rojos), que comparten la misma orientación, pero tienen sus entradas del lado oriente, tal vez servían para observar los fenómenos de este tipo en los momentos de la salida del Sol en las fechas de registro oriente del Templo Mayor.

Para terminar esta discusión sobre las posibles prácticas observacionales, volvamos, una vez más, al comentario citado de Motolinía (1971: 51). Al hablar de la fiesta de Tlacaxipehualiztli y del fenómeno solar asociado con el Templo de Huitzilopochtli, el autor agrega que el edificio “estaba un poco tuerto”, por lo que “lo quería derrocar *Mutizuma* y enderezallo”. La nota, breve y aparentemente insignificante, no revela nada acerca de los métodos de observación empleados, pero sí sugiere que la orientación del templo no era meramente simbólica sino también funcional: si consideramos que los azimuts medios este-oeste de las etapas tardías no exhiben discrepancias significativas (v. *supra*), la imprecisión referida no pudo ser grande; si a pesar de ello fue detectada y, además, llegó a ser motivo de preocupación del más alto jerarca mexica, parece obvio que las observaciones se hacían en forma continua y que la función de ciertos elementos constructivos era la de señalar alineamientos astronómicamente relevantes con exactitud. ¿Por qué estaba “tuerto” el edificio? Aveni *et al.* (1988: 297) piensan que la desviación pudo haber sido consecuencia de las dificultades que implicaba para los arquitectos el objetivo de conservar el alineamiento equinoccial en diversas etapas constructivas, cada una con mayor altura (cf. *supra*). Otra explicación posible se relaciona con el fenómeno cuyos efectos han sido analizados arriba: las evidencias arqueológicas indican que los hundimientos representaban un problema serio ya para los constructores mexicas, obligándolos a reforzar, corregir y renivelar continuamente

sus templos (López Luján 1993: 70; Francisco Hinojosa: comunicación personal, mayo de 1997). Como he argumentado, los asentamientos estaban acompañados por ligeros desplazamientos de los alineamientos horizontales; ¿no habrá sido precisamente esta la causa del desperfecto al que alude el padre Motolinía?

6. Conclusión

Los resultados de esta investigación permiten concluir que los edificios cívico-ceremoniales en el México central prehispánico, desde que apareció la arquitectura monumental en el Preclásico Medio, fueron orientados, en su mayoría, hacia las posiciones del Sol en el horizonte, correspondientes a ciertas fechas significativas del año. Además, los rasgos prominentes del horizonte local fueron aprovechados como marcadores de los calendarios de horizonte. Los patrones de fechas e intervalos obtenidos indican que los puntos de observación generalmente coincidían con los templos principales de los asentamientos; por lo tanto, los criterios para la selección de los lugares en los que se iban a construir estos edificios deben haber incluido consideraciones astronómicas. A veces intervenía el requisito adicional, relacionado con ciertos conceptos de la cosmovisión, de que el eje norte-sur de la estructura estuviera alineado hacia algún cerro al sur o, más comúnmente, al norte. No cabe duda que la selección del área general para un nuevo asentamiento obedecía sobre todo a circunstancias prácticas relacionadas con la subsistencia, pero las normas que dictaban la ubicación precisa del centro cívico-ceremonial, particularmente del templo principal, pertenecían a la esfera de la religión, la cosmovisión y la astronomía, ya que incluían las creencias vinculadas con diversos rasgos del medio ambiente ("geografía sagrada"), así como la intención de incorporar en el centro de culto los alineamientos astronómicos, cuyas funciones tenían múltiples aspectos interrelacionados: satisfacían las necesidades prácticas, reforzaban la cosmovisión vigente, corroboraban distintos aspectos de la religión y ratificaban la ideología del estrato gobernante.

Las orientaciones arquitectónicas y las prominencias del horizonte de un sitio marcaban fechas que frecuentemente componían un solo calendario observacional. Los alineamientos en un sitio registraban fechas separadas por intervalos que eran predominantemente múltiplos de 13 y de 20 días. Algunas fechas del año deben haber sido particularmente importantes, ya que eran señaladas por los alineamientos en diversos sitios. El origen práctico de la importancia de estas fechas ha de buscarse en su coincidencia con ciertos cambios estacionales y etapas del ciclo de cultivo del maíz, pero esta explicación no es suficiente para

aclarar la recurrencia de las mismas fechas en tantos sitios e incluso en regiones ecológicamente diferentes; al parecer se trataba de las fechas claves de un ciclo agrícola ritual, separadas por intervalos significativos en términos del sistema calendárico. Otras fechas, menos frecuentemente señaladas por los alineamientos, al parecer no eran importantes por su relación directa con determinados momentos del año trópico y del ciclo agrícola, sino por el lugar que ocupaban en los calendarios observacionales. Al estar separadas por intervalos fácilmente manejables mediante el calendario formal, permitían la predicción de las fechas más importantes. Es obvio que las condiciones adversas de tiempo a veces impedían la observación directa de las salidas y puestas del Sol a lo largo de los alineamientos; si los observadores de una comunidad contaban con varios alineamientos que registraban los fenómenos solares en intervalos conocidos, pudieron predecir las fechas importantes con facilidad.

Las características de los calendarios observacionales que pudieron reconstruirse para la gran parte de los sitios examinados en este estudio sugieren que tanto las orientaciones arquitectónicas como los alineamientos hacia los cerros prominentes del horizonte local tenían funciones prácticas: en vista de la falta de concordancia permanente del año calendárico con el año trópico, era indispensable observar el movimiento de los astros, particularmente del Sol, para seguir el paso del tiempo y poder programar las actividades de subsistencia relacionadas con ciertos cambios estacionales. No obstante, el aspecto utilitario –como lo imaginamos según nuestros criterios “modernos”– de las observaciones astronómicas no puede explicar toda la variedad de las manifestaciones culturales asociadas. Para ubicarse en el tiempo no era necesario construir, en lugares cuidadosamente elegidos, suntuosos templos y orientarlos con precisión; tampoco se requería diseñar elementos arquitectónicos que produjeran efectos de luz y sombra en ciertas fechas, ni esforzarse por ajustar las trazas urbanas a la orientación del templo principal. El simple objetivo de medir el tiempo mediante la observación de los cuerpos celestes hubiese podido lograrse sin construcciones monumentales, incluso sin artefactos arqueológicamente recuperables. Para seguir el desplazamiento anual del Sol en un paisaje tan montañoso como el del México central, el observador no necesitaba más que un punto fijo de observación, adecuado para el manejo del calendario de horizonte. Es obvio que la diversidad de los vestigios arqueológicos que manifiestan su relación con las prácticas astronómicas refleja la complejidad cultural de las sociedades que las desarrollaron: la función utilitaria de la astronomía y del calendario estaba envuelta en el ritual e íntimamente relacionada con la organización social, la religión y la ideología (*cf.* Broda 1982b; 1991a; 1991b; 1993; Aveni 1991a; Šprajc 1996b; Krupp 1997).

En vista del paralelismo observable entre el movimiento de los cuerpos celestes y la alternancia de los cambios estacionales en la naturaleza, y porque los intervalos entre los fenómenos astronómicos recurrentes son mucho más precisos y constantes que los que separan otros eventos cíclicos en el medio ambiente, el orden celeste, aparentemente inmutable y perfecto, llegó a considerarse superior al orden terrenal y humano y debe haber sido el motivo principal de la divinización de los astros y de las creencias según las cuales los acontecimientos en el cielo condicionaban las transformaciones estacionales en la naturaleza. Puesto que el Sol era uno de los protagonistas del escenario celeste, seguramente llegaron a ser sagradas también las direcciones hacia los puntos de sus salidas y puestas que marcaban momentos importantes del año, reproduciendo en el espacio el transcurso del tiempo cíclico. Por consiguiente, la orientación de un templo hacia una posición importante del Sol sobre el horizonte debe haber contribuido a la sacralización del edificio que, de este modo, recreaba simbólicamente el orden cósmico (Broda 1982b: 101s; Aveni 1991a: 247ss; Aveni y Hartung 1986: 8; *cf.* Wheatley 1971; Krupp 1983; 1997).

Así como las creencias relacionadas con los fenómenos astronómicos, también los rituales asociados formaban parte de la cosmovisión, por lo que no cabe duda que eran tan importantes como cualquier otro acto que, desde nuestro propio punto de vista, tenía la utilidad práctica. Si la debida sucesión de los cambios estacionales, condicionante de la subsistencia, dependía de los eventos celestes, es de suponer que los rituales cuya finalidad era mantener los astros en constante movimiento y asegurar un desenlace favorable del ciclo agrícola debieron realizarse en momentos precisos. Los calendarios observacionales exactos hacían más eficaz el cumplimiento de estos objetivos, ya que posibilitaban que se determinara con mayor precisión el momento oportuno para cada acto ceremonial. Las fechas que con más frecuencia eran señaladas por los alineamientos, además de coincidir aproximadamente con ciertos cambios estacionales, importantes en el ciclo agrícola, estaban separadas por intervalos calendáricamente significativos. Los intervalos en múltiplos de 13 y de 20 días no sólo facilitaban el manejo de los calendarios observacionales; el hecho de que eran periodos constitutivos del ciclo "sagrado" de 260 días debe haber sido el motivo por el que también las fechas separadas por estos intervalos llegaron a ser sacralizadas y ampliamente difundidas. Los alineamientos de la familia de 17° parecen ser el ejemplo más claro de la importancia suprarregional de ciertas fechas del ciclo agrícola ceremonial, pese a las variaciones ecológicas locales y regionales. Es posible que estas fechas inauguraban canónicamente las épocas de ciertas labores, aunque su programación precisa dependía de las circunstancias climáticas concretas y de otros factores

variables, y tal vez también marcaban momentos apropiados para realizar los rituales correspondientes.

Las características de los calendarios observacionales que se han podido reconstruir para los sitios arqueológicos del centro de México reflejan la complejidad social de sus creadores y usuarios: es obvio que sólo especialistas de tiempo completo pudieron lograr los grados de precisión atestiguados en los alineamientos examinados. De acuerdo con lo que relatan diversos cronistas de la época de la Conquista, los portadores de los más sofisticados conocimientos astronómicos pertenecían al estrato sacerdotal, formando parte de la élite cercana a o directamente inmiscuida en el aparato gubernamental (Aveni 1991a: 23ss, 48; Morante 1996: 252, 291ss). Con el desarrollo de la estratificación social, diversas ideas sobre el funcionamiento del mundo natural fueron aprovechadas y modificadas por la élite, que aparentaba ser la responsable del funcionamiento regular del universo, fingiendo que la perpetuación del orden cósmico era condicionada por la debida realización del ritual y el culto a su cargo; dicho de otro modo, importantes aspectos de la cosmovisión fueron incorporados en la ideología del poder, es decir, en el conjunto de conceptos que declaraba, elaboraba e imponía el estrato gobernante para sancionar y mantener el orden social vigente (*cf.* Broda 1982b: 103ss; 1991a: 462; Šprajc 1996b: 198; Krupp 1997: 153s). Entre las edificaciones examinadas en el presente estudio hay pocas que probablemente tenían funciones residenciales, por lo que no es posible llegar a conclusiones confiables respecto a las consideraciones que intervenían en su orientación y ubicación. Aunque los puntos principales para las observaciones astronómicas y calendáricas eran los templos, el hecho de que también las residencias de alto rango parecen haber sido orientadas de acuerdo a criterios astronómicos refleja los atributos de los gobernantes, que como hombres-dioses eran corresponsables del debido desenvolvimiento de los ciclos naturales (*cf.* López Austin 1973; Broda 1982b: 104ss; 1991a: 491).

Aunque no contamos con datos confiables acerca de las prácticas observacionales, es posible que al menos algunos edificios fueran diseñados para facilitar la observación pública de los fenómenos solares; los ortos y ocasos del Sol a lo largo de ciertos alineamientos arquitectónicos y tal vez algunos juegos de luz y sombra deben haber sido concebidos como hierofanías solares que, ocurriendo en las fechas anunciadas, corroboraban la cosmovisión, confirmaban las predicciones de los sacerdotes y, por ende, también reforzaban la ideología vigente y la cohesión social (*cf.* Broda 1982b: 99ss; Iwaniszewski 1989: 30s). No obstante, los resultados de este estudio sugieren que los lugares principales para observar los fenómenos solares sobre el horizonte por motivos calendáricos eran los templos; la precisión con

la que los alineamientos marcaban las fechas e intervalos, por lo tanto, no era controlable por la plebe, pero era necesaria en vista de la importancia del aspecto anticipatorio de los calendarios observacionales. A la luz de las analogías etnográficas de las sociedades mucho menos complejas del Suroeste norteamericano (Zeilik 1985a: S19ss), no cabe duda que también los sacerdotes-astrónomos mesoamericanos tenían la obligación de predecir las fechas relevantes con exactitud y que su desempeño era controlado y sancionado por las instancias correspondientes.

Los requerimientos religiosos y la ambición del estrato gobernante por mantener el orden social vigente, legitimar su poder y justificar sus privilegios ante los súbditos no debieron ser los únicos motivos de la elevada sofisticación de los calendarios observacionales que estaban en uso en el México central prehispánico. A juzgar por algunas analogías con otras regiones mesoamericanas, incluso los juegos de luz y sombra eran comúnmente producidos en el interior de los santuarios o en áreas restringidas, por lo que su objetivo no pudo ser el de provocar el asombro de las masas. La complejidad de los calendarios observacionales y la precisión lograda deben haber sido también resultado de la competencia entre los mismos sacerdotes y de la ambición por elevar su posición social y prestigio reconocidos por su propio estamento.

Además de obedecer a las necesidades prácticas, rituales e ideológicas de la sociedad, los calendarios observacionales sin duda formaban parte del saber esotérico, conocido y discutido exclusivamente en el ámbito de los iniciados. En otras palabras, así como la escritura, también la astronomía era "una herramienta del estado", que servía como uno de los instrumentos utilizados en la "propaganda vertical", pero a la vez tenía sus funciones en la "propaganda horizontal" (cf. Marcus 1992: xvii, 10s, 438ss). En la propia cultura occidental encontramos una analogía ilustrativa: el problema del cómputo de la fecha en la que debe caer, en cualquier año calendárico, el domingo de Pascua fue objeto de largas controversias, aunque el requisito –vigente desde la época temprana del cristianismo– de que esta fecha tiene que ser el primer domingo después de la primera luna llena posterior al equinoccio de marzo tiene bases meramente simbólicas, y a pesar de que las discusiones al respecto, reservadas para los altos círculos eclesiásticos, no parecen haber tenido relevancia alguna para la vida práctica y para el mantenimiento del orden social (cf. Newton 1972: 15ss; McCluskey 1993: 113ss).

Los resultados de este estudio permiten asegurar que los calendarios observacionales usados en el centro de México a partir del Preclásico estaban compuestos mayormente por intervalos que eran múltiplos de periodos de 13 y de 20 días; hay indicios de que a veces se incorporaban

múltiplos de otros periodos, pero esta posibilidad tendrá que ser verificada. Es de esperar que las investigaciones en el futuro aclaren estos y otros detalles acerca de la estructura, el funcionamiento y el desarrollo de los calendarios observacionales, y que profundicen en las eventuales diferencias regionales y temporales que, con base en la investigación realizada, no son claramente discernibles. Si consideramos el alto grado de unidad cultural mesoamericana, es probable que diversos pueblos del área usaran calendarios observacionales con características comunes, pero sólo estudios detallados de los alineamientos en los sitios arqueológicos podrán revelar las peculiaridades de los principios que regían la orientación y la ubicación de los edificios cívico-ceremoniales en distintas épocas y regiones de Mesoamérica.

Apéndice 1. Cálculo de los desplazamientos horizontales resultantes de los hundimientos de la etapa II del Templo Mayor de Tenochtitlan

La segunda etapa constructiva del Templo Mayor de Tenochtitlan en la actualidad está fuertemente inclinada y manifiesta la mayor elevación en su esquina sureste. La medición de los desniveles de la plataforma superior del basamento permitió determinar los ángulos de inclinación aproximados a lo largo de los ejes norte-sur y este-oeste de la estructura, por lo que ha sido posible calcular la magnitud de los probables desplazamientos horizontales provocados por los hundimientos. Aunque se estima que la superficie del terreno que soporta las masas arquitectónicas del Templo Mayor se hundió en algunos puntos hasta 11 m (Mazari *et al.* 1989: 155), podemos asumir, para fines del cálculo, que sólo se hundieron las partes poniente y norte de la estructura. La situación se presenta esquemáticamente en las figuras 48 y 49.

El rectángulo trazado en cada una de estas figuras con línea más gruesa representa la inclinación del basamento de la etapa II del templo, tal como se observa en la actualidad, aunque intencionalmente exagerada, para facilitar la visualización de los movimientos y para ilustrar la derivación de la fórmula desarrollada para calcular la magnitud de los desplazamientos horizontales. Podemos imaginar que el rectángulo representa la base del edificio, aunque también puede corresponder a la plataforma superior o a cualquier corte paralelo de la estructura, considerando que vamos a suponer movimientos uniformes que caracterizan el comportamiento de cuerpos rígidos. En un modelo ideal, los movimientos que ocasionaron la inclinación actual de la estructura pueden separarse en dos componentes: los que tenían un eje de rotación horizontal en la dirección norte-sur resultaron en mayor hundimiento de la parte poniente, mientras que la parte norte de la estructura quedó más hundida a raíz de los movimientos en torno a un eje horizontal este-oeste. La localización exacta de los puntos o ejes alrededor de los que realmente rotaba el edificio a raíz de los hundimientos (por causas discutidas en Mazari *et al.* 1989; Mazari 1996; López Luján 1993: 70) es irrelevante para el cálculo, ya que en la fórmula desarrollada intervienen únicamente los ángulos de inclinación que son, en cualquier caso, iguales. Si suponemos que estos ejes horizontales estaban siempre a lo

largo de los lados este y sur de la base del edificio, podemos reconstruir dos secuencias ideales de los hundimientos.

El primer caso se ilustra en la figura 48. Si la estructura sufrió, en primer lugar, el hundimiento de su parte poniente, y por tanto el movimiento en torno al eje este, y en segundo lugar el hundimiento de la parte norte resultante del movimiento rotatorio centrado en el eje sur, observamos que los azimuts norte-sur quedaron iguales, en tanto que los azimuts este-oeste disminuyeron en función de los ángulos de inclinación (figura 48: a, d): si el edificio se inclinó primero por un ángulo vertical α en la dirección este-oeste y, posteriormente, por un ángulo vertical β en la dirección norte-sur (figura 48: a), los azimuts de las líneas este-oeste disminuyeron por el ángulo horizontal γ (figura 48: d). En la figura 48: b se observa que

$$\frac{x}{a} = \cos \alpha \Rightarrow x = a \cos \alpha \quad (1)$$

$$\frac{z}{a} = \sin \alpha \Rightarrow z = a \sin \alpha \quad (2)$$

en tanto que la figura 48: c permite expresar

$$\frac{y}{z} = \sin \beta \Rightarrow y = z \sin \beta \quad (3)$$

Al sustituir en la ecuación (3) el valor de z expresado en la ecuación (2), tenemos:

$$y = a \sin \alpha \sin \beta \quad (4)$$

Puesto que de la figura 48: d se desprende que

$$\tan \gamma = \frac{y}{x} \quad (5)$$

podemos sustituir en la ecuación (5) los valores de x y y expresados en las ecuaciones (1) y (4):

$$\tan \gamma = \frac{a \sin \alpha \sin \beta}{a \cos \alpha} \quad (6)$$

Por lo tanto:

$$\tan \gamma = \tan \alpha \sin \beta \quad (7)$$

El ángulo γ representa el decremento en los azimuts de las líneas este-oeste, si los movimientos que ocasionaron la inclinación del cuerpo se sucedieron como lo indica la figura 48: a.

Los efectos de la secuencia invertida de los movimientos se ilustran en la figura 49: si consideramos que el primer movimiento se produjo en torno al eje sur, el cual provocó el hundimiento de la parte norte, y el siguiente alrededor del eje este, que tuvo como resultado el hundimiento de la parte poniente del edificio (figura 49: a), observamos que los azimuts norte-sur aumentaron, mientras que los azimuts de las líneas este-oeste quedaron iguales (figura 49: b). El incremento de los azimuts norte-sur puede calcularse con la misma fórmula (7), intercambiando los valores de α y β .

Hay que advertir que se trata, desde luego, de dos secuencias *ideales* de movimientos. No cabe duda que la estructura de la fase II del Templo Mayor se estaba hundiendo de manera paulatina; sin embargo, las secuencias de movimientos particulares pueden haber sido comparables con las descritas y tuvieron efectos combinados que resultaron en el desplazamiento de *todos* los alineamientos horizontales dentro de los rangos que se pueden calcular. La fórmula (7) permite estimar los valores *máximos* del desplazamiento en el plano horizontal de las líneas incorporadas en la estructura. Puesto que los valores máximos de los ángulos α y β que definen la inclinación de la plataforma superior de la etapa II son aproximadamente $8^{\circ}30'$ y $2^{\circ}15'$, respectivamente,* resulta que los alineamientos este-oeste y norte-sur pudieron sufrir un decremento/incremento azimutal de hasta unos $20'$. Hay que reiterar que éstos son, de acuerdo con el cálculo, los valores máximos para uno u otro grupo de alineamientos, y que los hundimientos paulatinos con distintas secuencias de movimientos de la estructura pudieron haber resultado en variaciones azimutales algo menores, aunque tanto en los alineamientos este-oeste como en los norte-sur. Por consiguiente, el valor medio de $10'$ de corrección que he considerado para disminuir/incrementar los azimuts norte-sur/este-oeste medidos en la etapa II del Templo Mayor parece suficientemente realista.

* Los desniveles medidos en diferentes puntos de la plataforma no arrojan en todas partes los ángulos de inclinación α y β exactamente iguales, lo que indica que la estructura, al sufrir hundimientos diferenciales, no se movió estrictamente de acuerdo con el comportamiento de los cuerpos rígidos; por lo tanto, los resultados obtenidos mediante la fórmula (7) deben considerarse con un margen de error adicional.

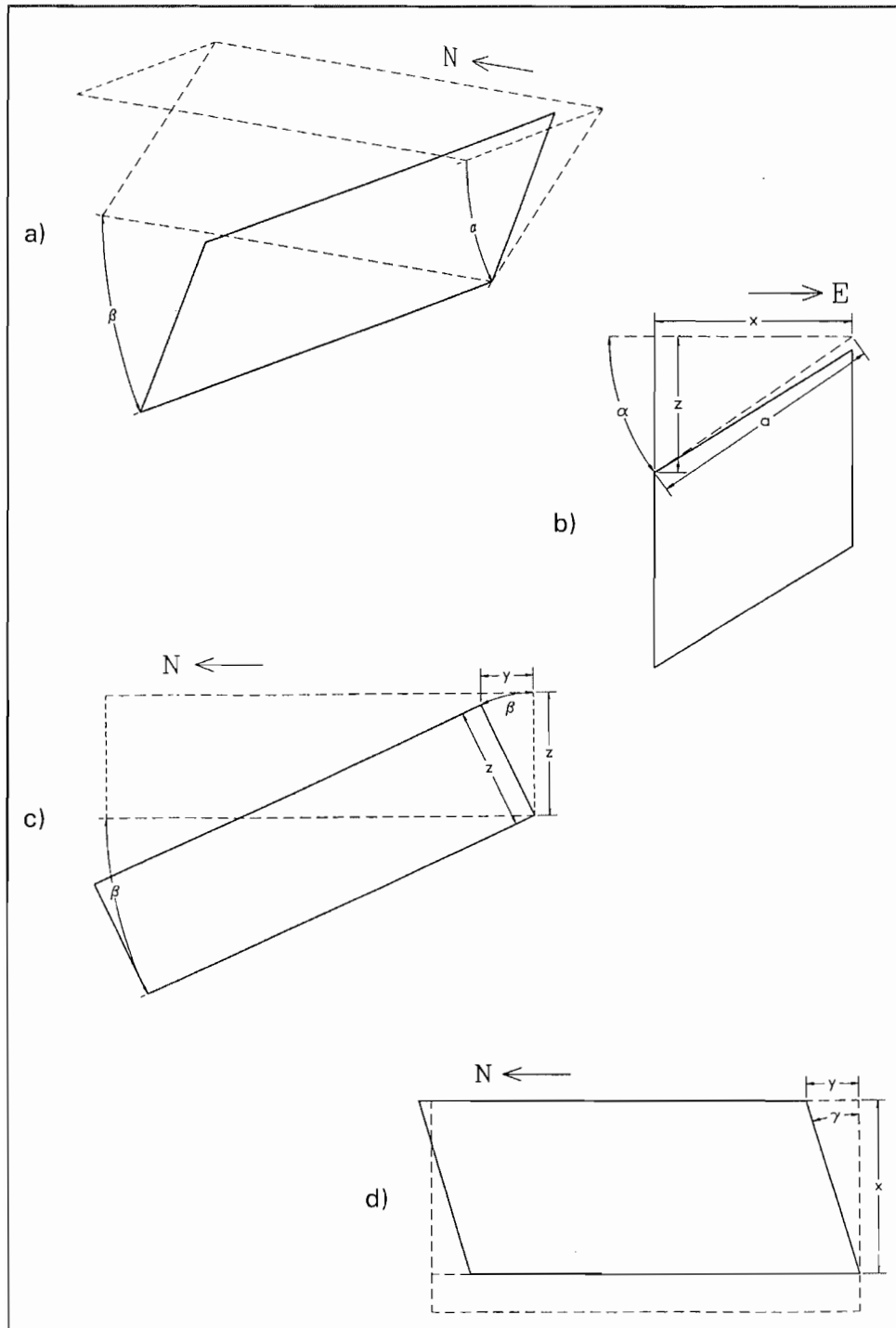


Figura 48. Presentación esquemática de una secuencia posible de los movimientos que resultaron en la inclinación actual de la etapa II del Templo Mayor de Tenochtitlan; a) vista en perspectiva hacia el noreste; b) alzado, vista hacia el norte; c) alzado, vista hacia el este; d) planta.

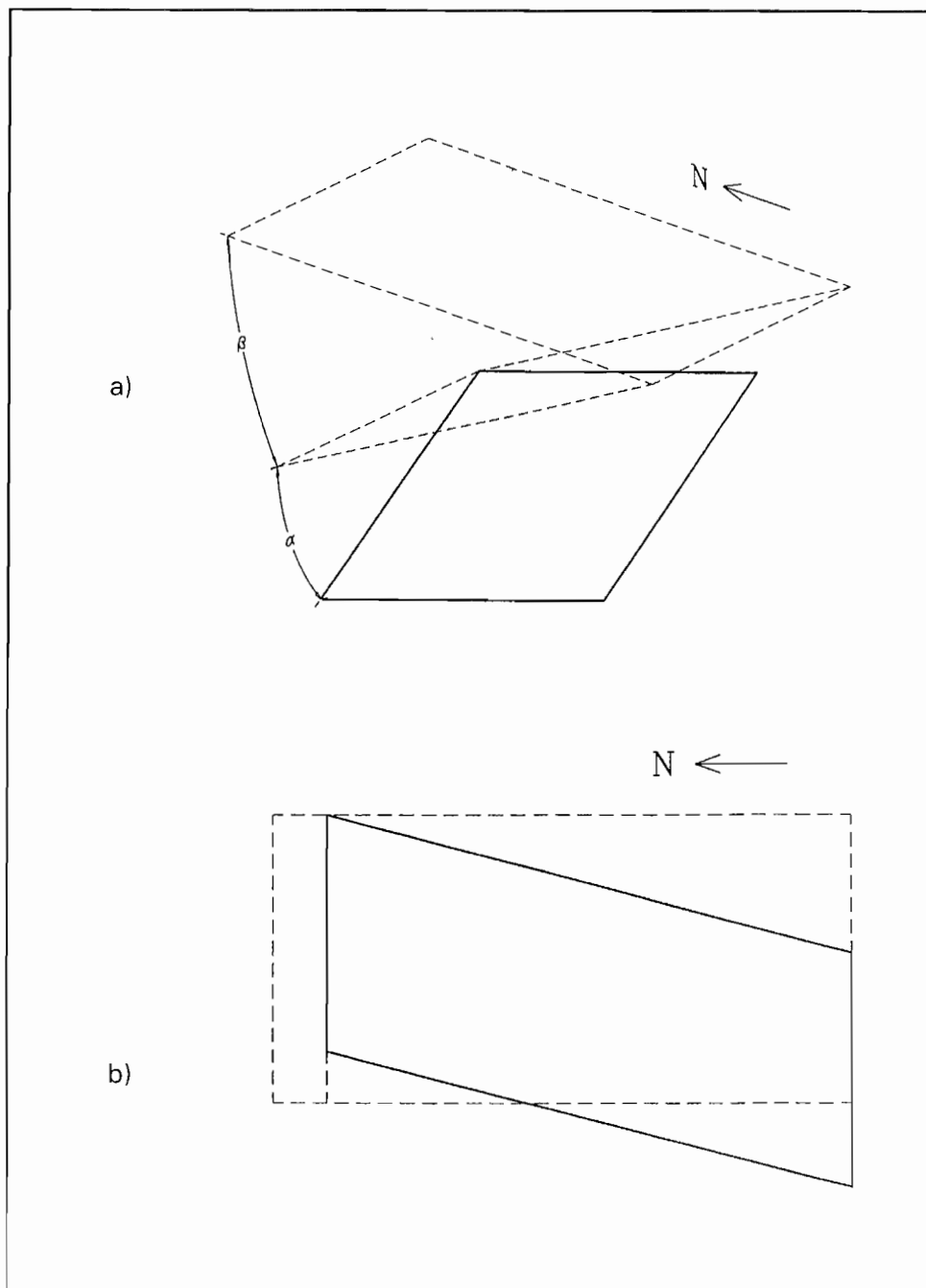


Figura 49. Presentación esquemática de otra posible secuencia de los movimientos que resultaron de la inclinación actual de la etapa II del Templo Mayor de Tenochtitlan (cf. figura 48); a) vista en perspectiva hacia el noreste; b) planta.

Apéndice 2. Glosario de términos astronómicos

En este apéndice presentamos las definiciones y explicaciones de diversos términos, conceptos y fenómenos astronómicos relevantes para el trabajo arqueoastronómico. La información exhaustiva al respecto así como las técnicas y métodos específicos empleados en la arqueoastronomía, pueden encontrarse, por ejemplo, en Thom (1971: 15ss), Hawkins (1968) y Aveni (1991a: 61-153; 1981). Para detalles sobre la astronomía esférica (o astronomía de posición) en general, consúltese, por ejemplo, Woolard y Clemence (1966) y Mueller (1969).

Afelio. El punto más alejado del Sol de la órbita elíptica de la Tierra.

Altura o altitud. V. **coordenadas celestes horizontales.**

Año trópico. Lapso transcurrido entre dos equinoccios vernales consecutivos. El año trópico, cuya duración es de 365.24219 días, determina la alternancia de las estaciones.

Azimut. V. **coordenadas celestes horizontales.**

Calendario gregoriano. Sistema de medición y división del tiempo instituido por el papa Gregorio XIII en 1582 y basado en el calendario juliano, con la regla adicional de que los años divisibles por 100 no son bisiestos, salvo los divisibles por 400 (por ejemplo, los años 1700, 1800 y 1900 no fueron bisiestos, pero el año 2000 sí); la duración media del año gregoriano es, por tanto, 365.2425 días.

Calendario juliano. Sistema de medición y división del tiempo instituido por el emperador romano Julio César en 45 a.C. y basado en el año de 365 días, al que se agregaba en todos los años divisibles por 4 y llamados bisiestos un día intercalar; la duración media del año juliano es, por tanto, 365.25 días.

Coordenadas celestes eclípticas. Sistema de referencia usado para expresar las posiciones en la esfera celeste mediante la longitud y la latitud celestes. La *longitud celeste* (λ) es el ángulo entre los círculos perpendiculares a la eclíptica que contienen el punto vernal y el punto cuyas coordenadas se expresan; la longitud se mide a partir del punto vernal hacia el oriente (en el sentido del desplazamiento anual aparente del Sol) y puede tener valores de 0° a 360°. La *latitud celeste* (β) es el ángulo entre la eclíptica y el punto en cuestión,

medido a lo largo del círculo perpendicular a la eclíptica hacia el norte (latitud positiva) y hacia el sur (latitud negativa), teniendo valores de 0° a $\pm 90^\circ$.

Coordenadas celestes ecuatoriales. Sistema de referencia usado para expresar las posiciones en la esfera celeste mediante la ascensión recta y la declinación. La *ascensión recta* (α) es el ángulo entre los círculos perpendiculares al ecuador celeste que contienen el punto vernal y el punto cuyas coordenadas se expresan; la ascensión recta se mide a partir del punto vernal hacia el oriente (en el sentido del desplazamiento anual aparente del Sol) y puede tener valores de 0° a 360° (o de 0^h a 24^h). La *declinación* (δ) es el ángulo entre el ecuador celeste y el punto en cuestión, medido a lo largo del círculo perpendicular al ecuador celeste hacia el norte (declinación positiva) y hacia el sur (declinación negativa), teniendo valores de 0° a $\pm 90^\circ$.

Coordenadas celestes horizontales. Sistema de referencia usado para expresar las posiciones en la esfera celeste mediante el azimut y la altura. El *azimut* (A) es el ángulo entre los círculos perpendiculares al horizonte matemático que contienen el norte y el punto cuyas coordenadas se expresan; los azimuts se miden a partir del norte hacia la derecha (o, visto desde arriba, en el sentido de las manecillas de reloj), teniendo valores de 0° a 360° , pero pueden ser astronómicos o magnéticos, medidos a partir del norte astronómico (geográfico) o magnético. La *altura* o *altitud* (h) es el ángulo entre el horizonte matemático y el punto en cuestión, medido a lo largo del círculo vertical (perpendicular al horizonte matemático) hacia arriba (altura positiva) y hacia abajo (altura negativa), teniendo valores de 0° a $\pm 90^\circ$.

Coordenadas geográficas. Sistema de referencia usado para expresar las posiciones en el globo terráqueo mediante la longitud y la latitud geográficas. La *longitud geográfica* (λ) es el ángulo entre los círculos perpendiculares al Ecuador (meridianos) que contienen el observatorio de Greenwich en Inglaterra y el punto cuyas coordenadas se expresan; la longitud se mide a partir del meridiano de Greenwich hacia el este y el oeste y puede tener valores de 0° a 180° de longitud este y oeste. La *latitud geográfica* (φ) es el ángulo entre el Ecuador y el punto en cuestión, medido a lo largo del meridiano hacia el norte y el sur, teniendo valores de 0° a 90° de latitud norte y sur.

Declinación. V. coordenadas celestes ecuatoriales.

Declinación magnética. Ángulo entre los nortes astronómico (geográfico) y magnético.

Eclíptica. Órbita elíptica de la Tierra alrededor del Sol; trayectoria de desplazamiento anual aparente del Sol en la esfera celeste.

- Ecuador celeste.** Ecuador terrestre proyectado en la esfera celeste; círculo imaginario determinado por la intersección del plano del Ecuador terrestre con la esfera celeste.
- Eje de los ápsides.** Línea que une el perihelio y el afelio de la órbita elíptica de la Tierra.
- Equinoccio.** Momento en el que el Sol se encuentra en la intersección del ecuador celeste con la eclíptica, desplazándose del hemisferio sur al norte (equinoccio vernal o de marzo; 20 o 21 de marzo) o del hemisferio norte al sur (equinoccio autumnal o de septiembre; 22 o 23 de septiembre).
- Esfera celeste.** Esfera imaginaria en cuyo centro se encuentra la Tierra y en la que se proyectan los cuerpos celestes. Las posiciones de los astros en la esfera celeste se expresan mediante distintos sistemas de coordenadas (véase **coordenadas celestes...**).
- Horizonte.** El horizonte natural es la línea que aparentemente divide el cielo de la Tierra, mientras que el *horizonte matemático* o *astronómico* es el círculo definido por la intersección del plano horizontal (perpendicular a la línea recta que conecta al observador con su zenit y el centro de la Tierra) con la esfera celeste.
- Nadir.** Punto en la esfera celeste diametralmente opuesto al zenit (altura $h = -90^\circ$).
- Norte astronómico (geográfico).** Dirección hacia el norte en el plano horizontal, definida por el plano vertical que contiene al observador y los polos geográficos.
- Norte magnético.** Dirección hacia el norte en el plano horizontal, definida por el plano vertical que contiene al observador, el centro de la Tierra y el polo norte magnético.
- Oblicuidad de la eclíptica.** Ángulo entre los planos de la eclíptica y del ecuador celeste; el valor, actualmente cerca de 23.5° , depende de la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto a la eclíptica y varía en función de la precesión.
- Perihelio.** El punto más cercano al Sol de la órbita elíptica de la Tierra.
- Polo.** Los *polos geográficos* son los puntos en que el eje de rotación de la Tierra intersecta la superficie de la Tierra; los polos geográficos norte/sur tienen la latitud geográfica de 90° norte/sur. Los *polos celestes* son los puntos en que el eje de rotación de la Tierra prolongado al espacio intersecta la esfera celeste; los polos celestes norte/sur tienen la declinación de $90^\circ/-90^\circ$. Los *polos magnéticos* del campo magnético de la Tierra no coinciden con los polos geográficos; su ubicación varía a través del tiempo.
- Precesión.** Movimiento progresivo de un eje de rotación en el espacio, causado por diversos factores. En el caso de la Tierra, la precesión tiene como resultado las variaciones seculares en la oblicuidad de la eclíptica, en la posición del punto vernal entre las estrellas, en

los azimuts de salida y puesta de las estrellas, en las fechas de sus fenómenos heliacos, en la duración de las estaciones, etcétera.

Punto vernal. Punto imaginario en la esfera celeste en el que se intersectan el ecuador celeste y la eclíptica y que corresponde al equinoccio vernal.

Solsticio. Momento en el que el Sol, en su desplazamiento aparente anual, alcanza su mayor alejamiento del ecuador celeste hacia el norte y el sur, es decir, su declinación máxima (solsticio de verano o de junio; 21 o 22 de junio) y mínima (solsticio de invierno o de diciembre; 21 o 22 de diciembre).

Zenit. Punto en la esfera celeste cuya altura es 90° .

Bibliografía

- Siglas DDF: Departamento del Distrito Federal
 ENAH: Escuela Nacional de Antropología e Historia
 FCE: Fondo de Cultura Económica
 INAH: Instituto Nacional de Antropología e Historia
 JHA: Journal for the History of Astronomy
 UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México
- ACOSTA, Jorge R.
1974 "La pirámide de El Corral de Tula, Hgo.", en E. Matos Moctezuma (coord.), *Proyecto Tula (1a parte)*, México, INAH (Colección Científica, 15), pp. 27-49.
- AGUILERA, Carmen
1990 "The 'Templo Mayor' as a Dual Symbol of the Passing of Time", en R. van Zantwijk, R. de Ridder, y E. Braakhuis (eds.), *Mesoamerican Dualism: Symposium ANT. 8 of the 46th International Congress of Americanists, Amsterdam 1988*, Utrecht, R. U. U. - I. S. O. R., pp. 74-93.
- ALBORES, Beatriz
1997 "Los quicazcles y el árbol cósmico del Olotepec, estado de México", en B. Albores, y J. Broda (coords.), *Graniceros: cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica*, México, UNAM - Instituto de Investigaciones Históricas/ Zinacantepec, El Colegio Mexiquense, pp. 379-446.
- ALVA IXTLILXÓCHITL, Fernando de
1985 *Obras históricas*, 2 t. E. O'Gorman (ed.), México, UNAM.
- ANDERSON, Arthur J. O., y Charles E. DIBBLE
1981 *Florentine Codex: General History of the Things of New Spain: Fray Bernardino de Sahagún. Book 2 – The ceremonies*, 2nd ed., revised, Santa Fe, The School of American Research – The University of Utah (Monographs of the School of American Research, 14, part III).
- ANDERSON, Neal S.
1981 "The Solar Observatory at Xochicalco and the Maya Far-

- mer's Almanac", *Archaeoastronomy: The Bulletin of the Center for Archaeoastronomy*, 4, núm. 2, pp. 22-25.
- ANDERSON, Neal S., Moisés MORALES, y Alfonso MORALES
 1981 "A Solar Alignment of the Palace Tower at Palenque", *Archaeoastronomy: The Bulletin of the Center for Archaeoastronomy*, 4, núm. 3, pp. 34-36.
- ANGULO V., Jorge
 1976 "Teopanzolco y Cuauhnáhuac, Morelos", en *Los señoríos y estados militaristas*, México, INAH (México, panorama histórico y cultural, 9), pp. 183-208.
 1979 *Chalcatzingo: Guía oficial*, México, INAH.
 1987 "The Chalcatzingo Reliefs: an Iconographic Analysis", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 132-158.
 1991 "Trabajos de exploración y conservación en Tlatelolco: notas antiguas y comentarios recientes, temporada 1965-1966", *Arqueología: Revista de la Dirección de Arqueología del INAH*, 2a. época, 6, pp. 101-116.
 1997 "Teotihuacan: el proceso de evolución cultural reflejado en su desarrollo urbano-arquitectónico", tesis de doctorado, México, UNAM - Facultad de Arquitectura.
- ANÓNIMO
 1961 "Tepeapulco, Hidalgo", *Boletín INAH*, núm. 4, abril, p. 11.
- ARANA, Raúl Martín
 1987 "Classic and Postclassic Chalcatzingo", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 387-399.
- AVENI, Anthony F.
 1975 "Possible Astronomical Orientations in Ancient Mesoamerica", en A. F. Aveni (ed.), *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, Austin - Londres, University of Texas Press, pp. 163-190.
 1980 "Conceptos de astronomía posicional empleados en la arquitectura mesoamericana antigua," en A. F. Aveni (comp.), *Astronomía en la América antigua*, México, Siglo XXI (trad. L. F. Rodríguez J., orig.: *Native American Astronomy*, Austin, University of Texas Press, 1977), pp. 23-42.
 1981 "Archaeoastronomy", en M. B. Schiffer (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, vol. 4, Nueva York, Academic Press, pp. 1-77.
 1988 "The Thom Paradigm in the Americas: The Case of the Cross-Circle Designs", en C. Ruggles (ed.), *Records in Stone*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 442-472.
 1989a "Introduction: Whither Archaeoastronomy?", en A. F. Aveni

- (ed.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 3-12.
- 1989b "Pecked Cross Petroglyphs at Xihuingo", *Archaeoastronomy*, núm. 14 (*JHA*, suplemento al vol. 20), pp. S73-S115.
- 1991a *Observadores del cielo en el México antiguo* (trad. J. Ferreiro) México, FCE (vers. orig., *Skywatchers of Ancient Mexico*, Austin, University of Texas Press, 1980).
- 1991b "Mapping the Ritual Landscape: Debt Payment to Tlaloc During the Month of Atlcahualo", en D. Carrasco (ed.), *To Change Place: Aztec Ceremonial Landscapes*, Niwot, University Press of Colorado, pp. 58-73.
- 1992 "The Moon and the Venus Table: an Example of Commensuration in the Maya Calendar," en A. F. Aveni (ed.), *The Sky in Mayan Literature*, New York – Oxford, Oxford University Press, pp. 87-101.
- 1995 "Frombork 1992: Where Worlds and Disciplines Collide" (reseña de S. Iwaniszewski *et al.* (eds.), *Time and Astronomy at the Meeting of Two Worlds*, Warsaw, 1994). *Archaeoastronomy*, núm. 20 (*JHA*, suplemento al vol. 26), pp. S74-S79.
- AVENI, Anthony F., E. E. CALNEK, y H. HARTUNG
- 1988 "Myth, Environment, and the Orientation of the Templo Mayor of Tenochtitlan", *American Antiquity* 53 (2), pp. 287-309.
- AVENI, Anthony F., y Sharon L. GIBBS
- 1976 "On the Orientation of Precolumbian Buildings in Central México", *American Antiquity* 41 (4), pp. 510-517.
- AVENI, Anthony F., y Horst HARTUNG
- 1981 "The Observation of the Sun at the Time of Passage through the Zenith in Mesoamerica", *Archaeoastronomy*, núm. 3 (*JHA*, suplemento al vol. 12), pp. S51-S70.
- 1982 "New Observations of the Pecked Cross Petroglyph", en F. Tichy (ed.), *Space and Time in the Cosmivision of Mesoamerica*, Lateinamerika Studien 10, München, Universität Erlangen-Nürnberg – Wilhelm Fink Verlag, pp. 25-41.
- 1986 *Maya City Planning and the Calendar*, Transactions of the American Philosophical Society, vol. 76, part 7, Filadelfia.
- 1989 "Uaxactun, Guatemala, Group E and Similar Assemblages: an Archaeoastronomical Reconsideration", en A. F. Aveni (ed.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 441-461.
- AVENI, Anthony F., Horst HARTUNG, y J. Charles KELLEY
- 1982 "Alta Vista, un centro ceremonial mesoamericano en el Trópico de Cáncer: implicaciones astronómicas", *Interciencia* 7 (4), pp. 200-210.

- AVENI, Anthony F., Steven J. MORANDI, y Polly A. PETERSON
 1995 "The Maya Number of Time: Intervalic Time Reckoning in the Maya Codices, part I," *Archaeoastronomy*, núm. 20 (*JHA*, suplemento al vol. 26), pp. S1-S28.
 1996 "The Maya Number of Time: Intervalic Time Reckoning in the Maya Codices, part II," *Archaeoastronomy*, núm. 21 (*JHA*, suplemento al vol. 27), pp. S1-S32.
- BARBA DE PIÑA CHAN, Beatriz
 1956 "Tlapacoya: un sitio preclásico de transición", *Acta Anthropologica*, 2a. época, vol. 1, núm. 1, México, ENAH.
 1980 "Tlapacoya: los principios de la teocracia en la Cuenca de México," México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.
- BARBA PINGARRÓN, Luis Alberto
 1995 "El impacto humano en la paleogeografía de Teotihuacan", tesis de doctorado, México, UNAM, Facultad de Filosofía y Letras.
- BARLOW, R. H.
 1947 "Cinco siglos de las calles de Tlatelolco", en *Tlatelolco a través de los tiempos IX, Memorias de la Academia de la Historia*, t. 6, núm. 2, México, pp. 27-34.
- BARTL, Renate, Barbara GÖBEL, y Hanns J. PREM
 1989 "Los calendarios aztecas de Sahagún," en *Estudios de Cultura Náhuatl* 19, pp. 13-82.
- BASTIEN, Rémy
 1995 "La Pirámide del Sol en Teotihuacan", en E. Matos (ed.), *La Pirámide del Sol Teotihuacan: Antología*, México, Artes de México - Instituto Cultural Domecq, pp. 209-258 (orig., tesis profesional, México, ENAH, 1947).
- BATRES, Leopoldo
 1904 *Exploraciones en Huexotla, Texcoco y "El Gavilán"*, México, Inspección y Conservación de los Monumentos Arqueológicos de la República Mexicana.
- BESSO-OBERTO GONZÁLEZ, Humberto
 1980 *Tepozteco: Guía oficial*, México, INAH.
- BINFORD, Lewis R.
 1972 "Archaeological Perspectives", en L. R. Binford (ed.), *An Archaeological Perspective*, Nueva York, Seminar Press, pp. 78-104 (orig. publ. en S. R. Binford, y L. R. Binford (eds.), *New Perspectives in Archaeology*, Chicago, Aldine, 1968, pp. 5-32).
- BLANTON, Richard Edward
 1972 *Prehispanic Settlement Patterns of the Ixtapalapa Peninsula*

- Region, Mexico*, University Park, The Pennsylvania State University (Occasional Papers in Anthropology no. 6).
- BOLLES, David
 1990 "The Mayan Calendar: the Solar-Agricultural Year, and Correlation Questions", *Mexicon*, 12 (5), pp. 85-89.
- BONFIL BATALLA, Guillermo
 1968 "Los que trabajan con el tiempo", *Anales de Antropología* 5, pp. 99-128.
- BOONE, Elizabeth Hill (ed.)
 1987 *The Aztec Templo Mayor*, Washington, Dumbarton Oaks.
- BRADY, James E.
 1997 "Settlement Configuration and Cosmology: the Role of Caves at Dos Pilas", *American Anthropologist*, 99 (3), pp. 602-618.
- BRADY, James E., y George VENI
 1992 "Man-Made and Pseudo-Karst Caves: the Implications of Subsurface Features within Maya Centres", *Geoarchaeology: An International Journal*, 7 (2), pp. 149-167.
- BRICKER, Victoria R.
 1982 "The Origin of the Maya Solar Calendar", *Current Anthropology* 23 (1), pp. 101-103.
- BRODA, Johanna
 1970 "Tlacaxipeualiztli: a Reconstruction of an Aztec Calendar Festival from 16th Century Sources", *Revista Española de Antropología Americana*, 5, pp. 197-274.
 1971 "Las fiestas aztecas de los dioses de la lluvia: una reconstrucción según las fuentes del siglo XVI", *Revista Española de Antropología Americana*, 6, pp. 245-327.
 1982a "La fiesta azteca del Fuego Nuevo y el culto de las Pléyades", en F. Tichy (ed.), *Space and Time in the Cosmovision of Mesoamerica*, Lateinamerika Studien 10, München: Universität Erlangen-Nürnberg – Wilhelm Fink Verlag, pp. 129-157.
 1982b "Astronomy, Cosmovisión and Ideology in pre-Hispanic Mesoamerica", en A. F. Aveni, y G. Urton (eds.), *Ethnoastronomy and Archaeoastronomy in the American Tropics*, Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 385, pp. 81-110.
 1982c "El culto mexicana de los cerros y del agua", *Multidisciplina*, 3 (7), pp. 45-56.
 1983 "Ciclos agrícolas en el culto: un problema de la correlación del calendario mexicana", en A. F. Aveni, y G. Brotherston (eds.), *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American*

- Computations of Time*, Oxford, BAR International Series 174, pp. 145-165.
- 1986 "Arqueoastronomía y desarrollo de las ciencias en el México prehispánico", en M. A. Moreno Corral (comp.), *Historia de la astronomía en México*, México, FCE (La Ciencia desde México 4), pp. 65-102.
- 1991a "Cosmovisión y observación de la naturaleza: el ejemplo del culto de los cerros en Mesoamérica", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 461-500.
- 1991b "The Sacred Landscape of Aztec Calendar Festivals: Myth, Nature, and Society", en D. Carrasco (ed.), *To Change Place: Aztec Ceremonial Landscapes*, Niwot, University of Colorado Press, pp. 74-120.
- 1993 "Astronomical Knowledge, Calendrics and Sacred Geography in Ancient Mesoamerica", en C. L. N. Ruggles, y N. J. Saunders (eds.), *Astronomies and Cultures*, Niwot, University of Colorado Press, pp. 253-295.
- s.a. "Malinalco: santuario solar y calendárico de los aztecas", manuscrito.
- BRODA, Johanna, David CARRASCO, y Eduardo MATOS MOCTEZUMA
 1987 *The Great Temple of Tenochtitlan: Center and Periphery in the Aztec World*, Berkeley - Los Angeles - London, University of California Press.
- BROTHERSTON, Gordon
 1995 "Las cuatro vidas de Tepoztécatl," *Estudios de Cultura Náhuatl*, 25, pp. 185-205.
- BUGÉ, David E.
 1987 "Contemporary Agriculture at Chalcatzingo", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 409-419.
- CABRERA CASTRO, Rubén
 1991 "Secuencia arquitectónica y cronológica de La Ciudadela," en R. Cabrera C., I. Rodríguez G., y N. Morelos G. (eds.), *Teotihuacan 1980-1982: Nuevas interpretaciones*, México, INAH (Colección Científica, 227), pp. 31-60.
- CAÑÓN AMARO, Carlos
 1989 *Variaciones de la declinación magnética de la República Mexicana desde 1630*, México, UNAM - Instituto de Geofísica (Comunicaciones Técnicas, Serie Docencia y Divulgación, 38).
- CARBALLAL STAEDTLER, Margarita, y María FLORES HERNÁNDEZ
 1989 "Las calzadas prehispánicas de la Isla de México: algunas

- consideraciones acerca de sus funciones", *Arqueología: Revista de la Dirección de Arqueología del INAH*, 2a. época, núm. 1, pp. 71-80.
- CARLSEN, Robert S., y Martin PRECHTEL
 1991 "The Flowering of the Dead: an Interpretation of Highland Maya Culture", *Man* 26, pp. 23-42.
- CARLSON, John B.
 1975 "Lodestone Compass: Chinese or Olmec Primacy?" *Science*, 189 (4205), pp. 753-760.
 1981 "A Geomantic Model for the Interpretation of Mesoamerican Sites: an Essay in Cross-Cultural Comparison", en E. P. Benson (ed.), *Mesoamerican Sites and World-Views*, Washington, Dumbarton Oaks, pp. 143-215.
 1982 "The Structure of Mayapan: a Major Post-Classic Maya Site in Northern Yucatan", en F. Tichy (ed.), *Space and Time in the Cosmivision of Mesoamerica*, Lateinamerika Studien 10, München: Universität Erlangen-Nürnberg – Wilhelm Fink Verlag, pp. 43-61.
- CARRASCO, Pedro
 1979 "Las fiestas de los meses mexicanos", en B. Dalhgren (coord.), *Mesoamérica: Homenaje al doctor Paul Kirchhoff*, México, INAH, pp. 52-60.
- CASO, Alfonso
 1935 "El templo de Tenayuca estaba dedicado al culto solar", en *Tenayuca: Estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, pp. 293-308.
 1967 *Los calendarios prehispánicos*, México, UNAM - Instituto de Investigaciones Históricas.
- CASTILLO F., Víctor M.
 1971 "El bisiestro náhuatl", *Estudios de Cultura Náhuatl* 9, pp. 75-104.
- CEBALLOS NOVELO, Roque J.
 1935 "Antecedentes legendarios e históricos de Tenayuca", en *Tenayuca: Estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, pp. 1-25.
- CHARLTON, Thomas
 1970a "Contemporary Settlement Patterns: The Cerro Gordo-North Slope and Upper Valley Areas", en W. T. Sanders,

- A. Kovar, T. Charlton, y R. A. Diehl (eds.), *The Teotihuacan Valley Project Final Report - volume 1: The natural Environment, Contemporary Occupation and 16th Century Population of the Valley*, Occasional Papers in Anthropology, núm. 3, University Park, The Pennsylvania State University, Department of Anthropology, pp. 181-236.
- 1970b "Contemporary Agriculture in the Teotihuacan Valley", en W. T. Sanders, A. Kovar, T. Charlton, y R. A. Diehl (eds.), *The Teotihuacan Valley Project Final Report - volume 1: The Natural Environment, Contemporary Occupation and 16th Century Population of the Valley*, Occasional Papers in Anthropology núm. 3, University Park, The Pennsylvania State University, Department of Anthropology, pp. 253-383.
- CHIU, B. C., y Philip MORRISON
- 1980 "Astronomical Origin of the Offset Street Grid at Teotihuacan", *Archaeoastronomy*, núm. 2 (*JHA*, suplemento al vol. 11): S55-S64.
- COBEAN, Robert H.
- 1991 "Principales yacimientos de obsidiana en el Altiplano Central", *Arqueología: Revista de la Dirección de Arqueología del INAH*, 2a. época, 5: 9-31.
- CÓRDOVA, Fray Juan de
- 1886 *Arte del idioma zapoteco*, Morelia, Imprenta del Gobierno (ed. facs. México, Ediciones Toledo - INAH, 1987).
- CÓRDOVA F. de A., Carlos, Ana Lillian MARTÍN DEL POZZO, y Javier LÓPEZ CAMACHO
- 1994 "Palaeolandforms and Volcanic Impact on the Environment of Prehistoric Cuicuilco, Southern Mexico City", *Journal of Archaeological Science*, 21, pp. 585-596.
- COWGILL, George L.
- 1992 "Toward a Political History of Teotihuacan", en A. A. Demarest, y G. W. Conrad (eds.), *Ideology and Pre-Columbian Civilizations*, Santa Fe, School of American Research Press, pp. 87-114.
- CUMMINGS, Byron
- 1933 *Cuicuilco and the Archaic Culture of Mexico*, Tucson, University of Arizona (University of Arizona Bulletin 4, núm. 8, Social Science Bulletin, 4).
- CYPHERS GUILLEN, Ann, y David C. GROVE
- 1987 "Chronology and Cultural Phases at Chalcatzingo", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 56-62.

- DE VEGA NOVA, Hortensia
 1996 "Proyecto de investigación arqueológica en Yautepec, Morelos", en *Memoria: Tercer Congreso Interno del Centro INAH Morelos*, Cuernavaca, INAH, pp. 149-168.
- DE VEGA NOVA, Hortensia, y Pablo MAYER GUALA
 1992 "Proyecto Yautepec", en *Consejo de Arqueología: Boletín 1991*, México, INAH, pp. 79-84.
- DÍAZ CÍNTORA, Salvador
 1994 *Meses y cielos: reflexiones sobre el origen del calendario de los nahuas*, México, UNAM.
- DIEHL, Richard A.
 1981 "Tula", en V. R. Bricker (ed.), *Supplement to the Handbook of Middle American Indians*, vol. 1: J. A. Sabloff (ed.), *Archaeology*, Austin, University of Texas Press, pp. 277-295.
 1983 *Tula: The Toltec Capital of Ancient Mexico*, Londres, Thames and Hudson.
 1989 "Previous Investigations at Tula", en D. M. Healan (ed.), *Tula of the Toltecs: Excavations and Survey*, Iowa City, University of Iowa Press, pp. 13-29.
- DIGBY, Adrian
 1974 "Crossed Trapezes: a Pre-Columbian Astronomical Instrument", en N. Hammond (ed.), *Mesoamerican Archaeology: New Approaches*, Austin, University of Texas Press, pp. 271-283.
- DINSMOOR, William Bell
 1939 "Archaeology and Astronomy", *Proceedings of the American Philosophical Society* 80, núm. 1 (enero), pp. 95-173.
- DOW, James W.
 1967 "Astronomical Orientations at Teotihuacan, a Case Study in Astro-Archaeology", *American Antiquity*, 32 (3), pp. 326-334.
- DREWITT, Bruce
 1987 "Measurement Units and Building Axes at Teotihuacan", en E. McClung de Tapia, y E. Ch. Rattray (eds.), *Teotihuacan: nuevos datos, nuevas síntesis, nuevos problemas*, México, UNAM- Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 389-398.
- DRUCKER, R. David
 1977 "A Solar Orientation Framework for Teotihuacan", en *Los procesos de cambio (en Mesoamérica y áreas circunvecinas): XV Mesa Redonda*, t. 2, Guanajuato: Sociedad Mexicana de Antropología - Universidad de Guanajuato, pp. 277-284.

- EDMONSON, Munro S.
 1988 *The Book of the Year: Middle American Calendrical Systems*, Salt Lake City, University of Utah Press.
- ELIADE, Mircea
 1972 *Tratado de historia de las religiones* (trad. T. Segovia), México, Era (vers. orig.: *Traité d'histoire des religions*, Paris, Editions Payot, 1964).
- ESPEJO, Antonieta
 1944 "Algunas semejanzas entre Tenayuca y Tlatelolco", en *Tlatelolco a través de los tiempos II*, pp. 37-41, *Memorias de la Academia de la Historia*, t. 3, México.
 1945 "Exploraciones arqueológicas en Santiago Tlatelolco", en *Tlatelolco a través de los tiempos III*, pp. 8-17, *Memorias de la Academia de la Historia* t. 4, núm. 1, México.
- FAHMEL BEYER, Bernd
 1993 "El empleo de una brújula en el diseño de los espacios arquitectónicos en Monte Albán, Oaxaca, México: 400 a.C. - 830 d.C.", *Revista Española de Antropología Americana*, 23, pp. 29-40.
- FASH, William, Jr.
 1987 "The Altar and Associated Features", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 82-94.
- FLORES GUTIÉRREZ, Daniel
 1995 "En el problema del inicio del año y el origen del calendario mesoamericano: un punto de vista astronómico", en D. Flores G. (ed.), *Coloquio Cantos de Mesoamérica: metodologías científicas en la búsqueda del conocimiento prehispánico*, México, UNAM - Instituto de Astronomía - Facultad de Ciencias, pp. 117-132.
- FOUGHT, John G.
 1972 *Chorti (Mayan) Texts 1*, S. S. Fought (ed.), Filadelfia, University of Pennsylvania Press.
- FRAZER, James George
 1944 *La rama dorada: magia y religión*, México, FCE (trad. E. y T. I. Campuzano, vers. orig.: *The Golden Bough: a Study in Magic and Religion*, Londres, Macmillan, 1922).
- GALÍ, Ramón
 1942-1944 "La orientación de los monumentos de Tula", *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos*, 6 (3), pp. 161-164.
- GALINDO TREJO, Jesús
 1990 "Solar Observations in Ancient Mexico: Malinalco", *Archaeoastronomy* 15 (JHA, suplemento al vol. 21), pp. S17-S36.

- 1994 *Arqueoastronomía en la América antigua*, México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – Editorial Equipo Sirius.
- GALINIER, Jacques
 1987 *Pueblos de la Sierra Madre: etnografía de la comunidad otomí*, México, Instituto Nacional Indigenista – Centre d'Études Mexicaines et Centraméricaines.
- GALVÁN VILLEGAS, Luis Javier
 1984 *Aspectos generales de la arqueología de Malinalco*, Edo. de México, México, INAH.
- GAMIO, Manuel
 1909 "Restos de la cultura tepaneca", *Anales del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología*, 1, pp. 233-253.
 1920 "El 'Cerro del Conde'", *Ethnos*, 1 (3), pp. 55-59.
- GARCÍA, Enriqueta
 1988 *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, 4a. ed., México (1a. ed. 1964).
- GARCÍA COOK, Ángel
 1986 *Guía oficial: Cacaxtla-Tizatlán*, México, INAH – Salvat.
- GARCÍA COOK, Ángel, y Beatriz Leonor MERINO CARRIÓN
 1990 "El 'Epiclásico' en la región poblano-tlaxcalteca", en F. Sodi Miranda (coord.), *Mesoamérica y norte de México: siglos IX-XII*, vol. 1, México, INAH, pp. 257-279.
- GARCÍA GARCÍA, María Teresa
 1987 *Huexotla: un sitio del Acolhuacan*, México, INAH (Colección Científica, 165).
- GARCÍA PAYÓN, José
 1936 *Zona arqueológica de Tecaxic-Calixtlahuaca y los matlatzincas: Primera parte*, México, Secretaría de Educación Pública – Talleres Gráficos de la Nación.
 1941 *Matlatzincas o pirindas*, México, El Nacional.
 1946 "Los monumentos arqueológicos de Malinalco, Estado de México", *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* 8, pp. 5-63.
 1974 *Los monumentos arqueológicos de Malinalco*, Mario Colín (ed.), Biblioteca Enciclopédica del Estado de México (1a. ed., Gobierno del Estado de México, 1947).
 1979 *La zona arqueológica de Tecaxic-Calixtlahuaca y los matlatzincas: Etnología y arqueología*, textos de la segunda parte, revisados y anotados por Wanda Tommasi de Magrelli y Leonardo Manrique Castañeda, México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.
- GARCÍA-ZAMBRANO, Ángel J.
 1994 "Early Colonial Evidence of Pre-Columbian Rituals of

- Foundation", en V. M. Fields (ed.), *Seventh Palenque Round Table, 1989*, San Francisco, The Pre-Columbian Art Research Institute, pp. 217-227.
- GARZA TARAZONA, Silvia, y Norberto GONZÁLEZ CRESPO
 1995 "Xochicalco", en *La Acrópolis de Xochicalco*, México, Instituto de Cultura de Morelos, pp. 89-144.
- GIRARD, Rafael
 1948 *El calendario maya-mexica: origen, función, desarrollo y lugar de procedencia*, México, Editorial Stylo.
 1949 *Los chortís ante el problema maya*, t. II, Guatemala, Ministerio de Educación Pública.
 1962 *Los mayas eternos*, México, Antigua Librería Robredo.
- GÓMEZ RUEDA, Hernando
 1996 *Las Limas, Veracruz, y otros asentamientos prehispánicos de la región olmeca*, México, INAH (Colección Científica, 324).
- GONZÁLEZ APARICIO, Luis
 1973 *Plano reconstructivo de la región de Tenochtitlan*, México, INAH.
- GONZÁLEZ R., Francisco
 1964 "Trabajos en Tlatelolco", *Boletín INAH*, 15, pp. 17-18.
- GOOD ESHELMAN, Catharine
 1996 "El trabajo de los muertos en la Sierra de Guerrero", *Estudios de Cultura Náhuatl*, 26, pp. 275-287.
- GRAULICH, Michel
 1981 "Ochpaniztli, la fête des semailles des anciens Mexicains", *Anales de Antropología* 18, t. 2, pp. 59-100.
 1990 *Mitos y rituales del México antiguo*, Madrid, Ediciones Istmo (trad. A. Barral Gómez, vers. orig., *Mythes et rituels du Mexique ancien préhispanique*, Academie Royale de Belgique, 1987).
 1992 (1995) "Aztec Festivals of the Rain Gods", *Indiana*, 12, pp. 21-54.
- GROVE, David C.
 1987 "Comments on the Site and its Organization", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 420-433.
- GROVE, David C., y Ann CYPHERS GUILLÉN
 1987 "Excavations", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 21-55.
- GROVE, David C., y Jorge ANGULO V.
 1987 "A Catalog and Description of Chalcatzingo's Monuments", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 114-131.

- GUILLIEM ARROYO, Salvador
- 1989 "Descubrimiento de una pintura mural en Tlatelolco", *Antropológicas*, núm. 3, pp. 145-150.
- 1999 *Ofrendas a Ehécatl-Quetzalcóatl en México-Tlatelolco: Proyecto Tlatelolco, 1987-1996*, México, INAH (Colección Científica, 400).
- GUI TERAS-HOLMES, Calixta
- 1961 *Perils of the Soul: The World View of a Tzotzil Indian*, Glencoe, Free Press.
- GUZMÁN CAMACHO, Ana Fabiola
- 1997 "Análisis arqueoictiológico de la ofrenda 23 del Templo Mayor de Tenochtitlan", tesis de maestría, México, IPN, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- HARTUNG, Horst
- 1975 "A Scheme of Probable Astronomical Projections in Mesoamerican Architecture", en A. F. Aveni (ed.), *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, Austin, Londres, University of Texas Press, pp. 191-204.
- 1977 "Relaciones urbanísticas lineales-visuales en Teotihuacan y su zona de influencia", en *Los procesos de cambio (en Mesoamérica y áreas circunvecinas): XV Mesa Redonda*, t. 2, Guanajuato, Sociedad Mexicana de Antropología – Universidad de Guanajuato, pp. 267-275.
- 1979 "El ordenamiento espacial en los conjuntos arquitectónicos mesoamericanos: el ejemplo de Teotihuacan", *Comunicaciones, Proyecto Puebla-Tlaxcala*, 16, pp. 89-103.
- 1980 "Arquitectura y planificación entre los antiguos mayas: posibilidades y limitaciones para los estudios astronómicos", en A. F. Aveni (comp.), *Astronomía en la América antigua*, México, Siglo XXI, pp. 145-167 (trad. L. F. Rodríguez J., vers. orig. *Native American Astronomy*, Austin, University of Texas Press, 1977).
- 1981 "The Role of Architecture and Planning in Archaeoastronomy", en R. A. Williamson (ed.), *Archaeoastronomy in the Americas*, Los Altos, Ballena Press – College Park, The Center for Archaeoastronomy, pp. 33-41.
- HARTUNG, Horst, y Anthony F. AVENI
- 1991 "Observaciones sobre el planeamiento de Teotihuacán: el llamado trazo cuadrangular y las orientaciones a los puntos cardinales", *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 13, pp. 23-36.
- HAURY, Emil W.
- 1975 "Cuicuilco in Retrospect", *The Kiva* 41 (2), pp. 195-200.

- HAWKINS, Gerald S.
 1968 "Astro-Archaeology", *Vistas in Astronomy* 10, pp. 45-88.
 1975 "Astroarchaeology: the Unwritten Evidence", en A. F. Aveni (ed.), *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, Austin, Londres, University of Texas Press, pp. 131-162.
- HEIZER, Robert F., y James A. BENNYHOFF
 1972 "Archeological Excavations at Cuicuilco, Mexico, 1957", *National Geographic Society Research Reports, 1955-1960*, Washington, pp. 93-104.
- HÉMOND, Aline, y Marina GOLOUBINOFF
 1997 "El 'Via Crucis' del agua: clima, calendario agrícola y religioso entre los nahuas de Guerrero (México)", en M. Goloubinoff, E. Katz, y A. Lammel (eds.), *Antropología del clima en el mundo hispanoamericano*, t. I, Quito, Abya-Yala, pp. 237-271.
- HERNÁNDEZ RIVERO, José
 1997 *Ideología y práctica militar mexicana: el Cuauhcalli de Malinalco*, 2a. ed. México, Ayuntamiento Municipal de Malinalco.
- HEYDEN, Doris
 1973 "¿Un Chicomóstoc en Teotihuacan? La cueva bajo la Pirámide del Sol", *Boletín INAH*, época II, núm. 6 (julio-septiembre), pp. 3-18.
 1975 "An interpretation of the Cave Underneath the Pyramid of the Sun in Teotihuacan, Mexico", *American Antiquity*, 40 (2), pp. 131-147.
 1981 "Caves, Gods, and Myths: World-View and Planning in Teotihuacan", en E. P. Benson (ed.), *Mesoamerican Sites and World-Views*, Washington, Dumbarton Oaks, pp. 1-39.
 1991 "La matriz de la tierra", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 501-515.
- HIRTH, Kenneth G.
 1987 "Formative Period Settlement Patterns in the Río Amatzinac Valley", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 343-367.
- HIRTH, Kenneth G., y Ann CYPHERS GUILLEN
 1988 *Tiempo y asentamiento en Xochicalco*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- IWANISZEWSKI, Stanislaw
 1986a "De Nahualac al cerro Ehécatl: una tradición prehispánica más en Petlacala", en P. Cervantes Delgado (ed.), *Primer*

- Coloquio de Antropología y Etnohistoria del Estado de Guerrero*, México, INAH – Gobierno de Estado de Guerrero, pp. 497-518.
- 1986b "La arqueología de alta montaña en México y su estado actual", *Estudios de Cultura Náhuatl*, 18, pp. 249-273.
- 1989 "Exploring some Anthropological Theoretical Foundations for Archaeoastronomy", en A. F. Aveni (ed.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 27-37.
- 1991 "La arqueología y la astronomía en Teotihuacan", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 269-290.
- 1993 "Mesoamerican Cross-Circle Designs Revisited", en C. L. N. Ruggles (ed.), *Archaeoastronomy in the 1990s*, Loughborough, Group D Publications, pp. 288-297.
- 1994a "De la astroarqueología a la astronomía cultural", *Trabajos de Prehistoria* 51, núm. 2, pp. 5-20.
- 1994b "Archaeology and Archaeoastronomy of Mount Tlaloc, Mexico: a Reconsideration", *Latin American Antiquity* 5, (2), pp. 158-176.
- 1995 "Epistemología y metodología en la arqueoastronomía: perspectivas de su reorientación", en D. Flores G. (ed.), *Coloquio Cantos de Mesoamérica: metodologías científicas en la búsqueda del conocimiento prehispánico*, México, UNAM, Instituto de Astronomía – Facultad de Ciencias, pp. 185-196.
- JARQUÍN PACHECO, Ana María, y Enrique MARTÍNEZ VARGAS
- 1994 "Tecoaque, un sitio posclásico: recientes excavaciones e impacto de la Conquista", *Tlacayotl (Revista Cultural y de Divulgación Científica del Centro Regional INAH Tlaxcala y el Departamento de Filosofía y Letras de la UAT)* año 1, vol. 1, núm. 1, pp. 20-32.
- JUSTESON, John S.
- 1988 "The Non-Maya Calendars of Southern Veracruz-Tabasco and the Antiquity of the Civil and Agricultural Years", *Journal of Mayan Linguistics* 6, pp. 1-21.
- KATZ, Esther
- 1994 "Meteorología popular mixteca: tradiciones indígenas y europeas", en S. Iwaniszewski, A. Lebeuf, A. Wiercinski, y M. S. Ziólkowski (eds.), *Tiempo y astronomía en el encuentro de los dos mundos*, Warszawa, Uniwersytet Warszawski, Centrum Studiów Latinoamerykańskich, pp. 105-122.

- KÖHLER, Ulrich
 1991 "Pitfalls in Archaeoastronomy: with Examples from Mesoamerica", *Rivista di Archeologia, Supplementi*, 9 (*Coloquio Internazionale: Archeologia e Astronomia*), pp. 130-136.
- KRUPP, E. C.
 1983 *Echoes of the Ancient Skies: The Astronomy of Lost Civilizations*, Nueva York, Harper & Row.
 1997 *Skywatchers, Shamans and Kings: Astronomy and the Archaeology of Power*, Nueva York, John Wiley & Sons.
- KUBLER, George
 1972 *Mexican Architecture of the Sixteenth Century*, Westport (Connecticut), Greenwood (1a. ed., Yale University Press, 1948).
- LA FARGE, Oliver
 1934 Post-Columbian Dates and the Mayan Correlation Problem, *Maya Research*, 1, (2), pp. 109-124.
 1947 *Santa Eulalia: the Religion of a Cuchumatán Indian Town*, Chicago, The University of Chicago Press.
- LA FARGE II, Oliver, y Douglas BYERS
 1931 *The Year Bearer's People*, Middle American Research Series Publication núm. 3, Nueva Orleans, The Tulane University of Louisiana.
- LANDA, fray Diego de
 1982 *Relación de las cosas de Yucatán*, 12a. ed., México, Porrúa.
- LARSEN, Helga
 1936 "The 260 Day Period as Related to the Agricultural Life of the Ancient Indian", *Ethnos* (Stockholm), 1 (1), pp. 9-12.
- LEBEUF, Arnold
 1995 "Astronomía en Xochicalco", en *La Acrópolis de Xochicalco*, México, Instituto de Cultura de Morelos, pp. 211-287.
- LEHMANN, Walter
 1928 "Ergebnisse einer mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft in den Jahren 1925/1926 ausgeführten Forschungsreise nach Mexiko und Guatemala: 1. Mixe-Mythen", *Anthropos* (Viena), 23, pp. 749-791.
- LINCOLN, Jackson Steward
 1945 *An Ethnological Study on the Ixil Indians of the Guatemala Highlands*, Chicago, University of Chicago Library (Microfilm Collection of Manuscripts on Middle American Cultural Anthropology no. 1).
- LONG, R. C. E.
 1946-48 "Observation of the Sun among the Ixil of Guatemala"

- la", *Carnegie Institution of Washington, Notes on Middle American Archaeology and Ethnology* 3, pp. 214-218.
- LÓPEZ AGUILAR, Fernando, y Rosalba NIETO CALLEJA
 1979 "Arqueología de sitio: Proyecto Tepeapulco (informe preliminar)", manuscrito en el tomo 12-4 (Hidalgo) del Archivo de la Dirección de Arqueología, INAH, México.
- LÓPEZ AUSTIN, Alfredo
 1973 *Hombre-dios: religión y política en el mundo náhuatl*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas.
 1994 *Tamoanchan y Tlalocan*, México, FCE.
- LÓPEZ AUSTIN, Alfredo, Leonardo LÓPEZ LUJÁN, y Saburo SUGIYAMA
 1991 "The Temple of Quetzalcoatl at Teotihuacan: Its Possible Ideological Significance", *Ancient Mesoamerica*, 2, pp. 93-105.
- LÓPEZ CAMACHO, Javier
 1991 "La estratigrafía de la pirámide de Cuicuilco en retrospectiva", *Cuicuilco*, núm. 27, pp. 35-46.
- LÓPEZ DE M., Diana, y Daniel MOLINA F.
 1980 *Cacaxtla: Guía oficial*, México, INAH.
- LÓPEZ LUJÁN, Leonardo
 1993 *Las ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan*, México, INAH.
- LORENZO, José L.
 1957 *Las zonas arqueológicas de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl*, México, INAH, Dirección de Prehistoria.
 1968 "Clima y agricultura en Teotihuacan", en J. L. Lorenzo (ed.), *Materiales para la arqueología de Teotihuacan* 17, México, INAH, pp. 51-72.
- LOUNSBURY, Floyd G.
 1983 "The Base of the Venus Table of the Dresden Codex, and its Significance for the Calendar-Correlation Problem", en A. F. Aveni, y G. Brotherston (eds.), *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American Computations of Time*, Oxford, BAR International Series, 174, pp. 1-26.
- MACGOWAN, Kenneth
 1945 "The Orientation of Middle American Sites", *American Antiquity* 11 (2), p. 118.
- MALMSTRÖM, Vincent H.
 1978 "A Reconstruction of the Chronology of Mesoamerican Calendrical Systems", *JHA* 9, pp. 105-116.
 1981 "Architecture, Astronomy, and Calendrics in pre-Columbian Mesoamerica," en R. A. Williamson (ed.), *Archaeoastronomy in the Americas*, Los Altos, Ballena

- Press – College Park, The Center for Archaeoastronomy, pp. 249-261.
- 1997 *Cycles of the Sun, Mysteries of the Moon: the Calendar in Mesoamerican Civilization*, Austin, University of Texas Press.
- MANZANILLA, Linda
- 1993 "Surgimiento de los centros urbanos en Mesoamérica", en L. Arizpe (coord.), *Antropología breve de México*, México, Academia de la Investigación Científica – Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM, Cuernavaca, pp. 57-82.
- 1994 "Geografía sagrada e inframundo en Teotihuacan", *Antropológicas: Revista de Difusión del Instituto de Investigaciones Antropológicas*, núm. 11, pp. 53-65.
- 1995 "La zona del Altiplano Central en el Clásico", en L. Manzanilla, y L. López Luján (coords.), *Historia antigua de México, vol. II: El horizonte Clásico*, México, INAH – UNAM – Editorial Porrúa, pp. 139-173.
- MANZANILLA, L., L. BARBA, R. CHÁVEZ, A. TEJERO, G. CIFUENTES, y N. PERALTA
- 1994 "Caves and Geophysics: an Approximation to the Underworld of Teotihuacan, Mexico", *Archaeometry*, 36 (1), pp. 141-157.
- MARCUS, Joyce
- 1992 *Mesoamerican Writing Systems: Propaganda, Myth, and History in Four Ancient Civilizations*, Princeton, Princeton University Press.
- MARQUINA, Ignacio
- 1935 "Estudio arquitectónico", en *Tenayuca: estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, pp. 77-102.
- 1960 *El Templo Mayor de México*, México, INAH.
- 1964 *Arquitectura prehispánica*, 2a. ed., México, INAH (1a. ed., 1950).
- 1970 "Pirámide de Cholula", en I. Marquina (coord.), *Proyecto Cholula*, México, INAH (Investigaciones, 19), pp. 31-45.
- 1976 "Algunas consideraciones acerca de la orientación de los monumentos arqueológicos de México", *Boletín INAH*, época II, núm. 19, p. 59.
- MARQUINA, Ignacio, y Luis R. RUIZ
- 1932 "La orientación de las pirámides prehispánicas", *Universidad de México* 5, núms. 25-26, pp. 11-17 (publicado tam-

bién como "Orientación de la pirámide", en *Tenayuca: estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, 1935, pp. 107-113).

MARTÍNEZ DONJUÁN, Guadalupe

1979 *Las Pilas, Morelos*, México, INAH (Colección Científica, 75).

MASTACHE FLORES, Alba Guadalupe, y Ana María CRESPO OVIEDO

1982 "Análisis sobre la traza general de Tula, Hgo", en A. G. Mastache *et al.*, *Estudios sobre la antigua ciudad de Tula*, México, INAH (Colección Científica, 121), pp. 11-36.

MATOS MOCTEZUMA, Eduardo

1981 *Una visita al Templo Mayor de Tenochtitlan*, México, INAH.

1982 (coord.), *El Templo Mayor: excavaciones y estudios*, México, INAH.

1984 "Los edificios aledaños al Templo Mayor", *Estudios de Cultura Náhuatl*, 17, pp. 15-21.

1988 *The Great Temple of the Aztecs: Treasures of Tenochtitlan*, Londres, Thames and Hudson.

1994 "Mesoamérica", en L. Manzanilla, y L. López Luján (coords.), *Historia antigua de México*, volumen I: *El México antiguo, sus áreas culturales, los orígenes y el horizonte Preclásico*, México, INAH – UNAM – M. A. Porrúa, pp. 49-73.

MATOS M., Eduardo, María Teresa GARCÍA GARCÍA, Fernando LÓPEZ AGUILAR, e Ignacio RODRÍGUEZ GARCÍA

1981 "Proyecto Tepeapulco: Resumen preliminar de las actividades realizadas en la primera temporada de trabajo", en E. Ch. Rattray, J. Litvak King, y C. Díaz Oyarzábal (comps.), *Interacción cultural en México central*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 113-148.

MAUDSLAY, A.

1990 "A Note of the Position and Extent of the Great Temple", en E. Matos Moctezuma (coord.), *Trabajos arqueológicos en el centro de la Ciudad de México*, 2a. ed., México, INAH (1a. ed., 1979), pp. 269-272 (orig. publ. en 1912).

MAUPOMÉ, Lucrecia

1990 "Observaciones astronómicas desde sitios arqueológicos", *Ciencias*, núm. 20, octubre, pp. 54-61.

MAZARI MENZER, Marcos

1996 *La Isla de los Perros (con un apéndice)*, México, El Colegio Nacional.

MAZARI, Marcos, Raúl J. MARSAL, y Jesús ALBERRO

1989 "Los asentamientos del Templo Mayor analizados por la

- mecánica de suelos", *Estudios de Cultura Náhuatl*, 19, pp. 145-182.
- McANDREW, John
 1965 *The Open-Air Churches of Sixteenth-Century Mexico*, Cambridge, Harvard University Press.
- McCAFFERTY, Geoffrey G.
 1996 "Reinterpreting the Great Pyramid of Cholula, Mexico", *Ancient Mesoamerica*, 7 (1), pp. 1-17.
- McCLUSKEY, Stephen C.
 1989 "The Mid-Quarter Days and the Historical Survival of British Folk Astronomy", *Archaeoastronomy*, núm. 13 (*JHA*, suplemento to vol. 20), pp. S1- S19.
 1990 "Calendars and Symbolism: Functions of Observation in Hopi Astronomy", *Archaeoastronomy*, núm. 15 (*JHA*, suplemento al vol. 21), pp. S1-S16.
 1993 "Astronomies and Rituals at the Dawn of the Middle Ages", en C. L. N. Ruggles, y N. J. Saunders (eds.), *Astronomies and Cultures*, Niwot, University Press of Colorado, pp. 100-123.
- MEEUS, Jean
 1983 *Astronomical Tables of the Sun, Moon, and Planets*, Richmond, Willmann-Bell.
- Memoria*
 1996 *Memoria: Tercer Congreso Interno del Centro INAH Morelos*, Cuernavaca, INAH.
- MENDOZA, Rubén G.
 1977 "World View and the Monolithic Temples of Malinalco, Mexico: Iconography and Analogy in Pre-Columbian Architecture", *Journal de la Société des Américanistes*, 64, pp. 63-80.
- MERRILL, Robert H.
 1945 "Maya Sun Calendar Dictum Disproved", *American Antiquity*, 10 (3), pp. 307-311.
- MESA JIMÉNEZ, Salvador, Ana Belén DELGADO HIERRO, y Emilio BLANCO CASTRO
 1997 "Ritos de lluvia y predicción del tiempo en la España mediterránea", en M. Goloubinoff, E. Katz, y A. Lammel (eds.), *Antropología del clima en el mundo hispanoamericano*, t. I, Quito, Abya-Yala, pp. 93-126.
- MILES, Suzanna W.
 1952 "An Analysis of Modern Middle American Calendars: a Study in Conservation," en S. Tax (ed.), *Acculturation in the Americas (Proceedings of the 29th International Congress of Americanists, vol. II)*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 273-284.

- MILLON, René
- 1973 *The Teotihuacan Map. Part one: Text*, en R. Millon (ed.), *Urbanization at Teotihuacan, Mexico*, vol. 1, Austin-Londres, University of Texas Press.
- 1981 "Teotihuacan: City, State, and Civilization", en V. R. Bricker (ed.), *Supplement to the Handbook of Middle American Indians*, vol. 1, *Archaeology*, J. A. Sabloff (ed.), Austin, University of Texas Press, pp. 198-243.
- MILLON, René, Bruce DREWITT, y James A. BENNYHOFF
- 1965 *The Pyramid of the Sun at Teotihuacán: 1959 Investigations*, Transactions of the American Philosophical Society, new series, vol. 55, part 6, Philadelphia.
- MILLON, René, R. Bruce DREWITT, y George L. COWGILL
- 1973 *The Teotihuacán Map. Part two: Maps*, en R. Millon (ed.), *Urbanization at Teotihuacán, Mexico*, vol. 1, Austin - Londres, University of Texas Press.
- MORA-ECHEVERRÍA, Jesús Ignacio
- 1997 "El ajuste periódico del calendario mesoamericano: algunos comentarios desde la arqueología y la etnohistoria", *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH*, segunda época, núm. 17, pp. 139-175.
- MORANTE LÓPEZ, Rubén Bernardo
- 1988 "Espíritu de viento", *México Desconocido*, núm. 135, mayo, pp. 54-58.
- 1992 "Monte Tláloc: la zona arqueológica a mayor altura de Mesoamérica", *México Desconocido*, núm. 187, septiembre, pp. 31-35.
- 1993 "Evidencias del conocimiento astronómico en Xochicalco, Morelos", tesis de maestría, México, ENAH.
- 1996 "Evidencias del conocimiento astronómico en Teotihuacan", tesis de doctorado, México, UNAM- Facultad de Filosofía y Letras.
- 1997 "El Monte Tláloc y el calendario mexicana", en B. Albores, y J. Broda (coords.), *Graniceros: cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas - Zinacantepec, El Colegio Mexiquense, pp. 107-139.
- 1999 "The Subterranean Observatory at Monte Albán and the Zapotec Calendar", ponencia presentada en la *Oxford VI and SEAC 99 Conference on "Astronomy and Cultural Diversity"*, La Laguna, Tenerife.
- MOTOLINÍA, fray Toribio de Benavente o
- 1971 *Memoriales o libro de las cosas de la Nueva España y de*

- los naturales de ella*, E. O'Gorman (ed.), México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas.
- MUELLER, Ivan I.
 1969 *Spherical and Practical Astronomy as Applied to Geodesy*. Nueva York, Frederick Ungar Publishing.
- MÜLLER JACOBS, Florencia
 1962 "Exploración arqueológica en Huapalcalco, Hgo.: quinta temporada, 1959", *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*, 15, pp. 75-97.
 1970 "La cerámica de Cholula", en I. Marquina (coord.), *Proyecto Cholula*, México, INAH (Investigaciones, 19), pp. 129-142.
 1990 *La cerámica de Cuicuilco B: un rescate arqueológico*, México, INAH (Colección Científica, 186).
- NAVARRETE, Carlos
 1991 "Cuicuilco y la arqueología del Pedregal: crónica de un desperdicio", *Arqueología: Revista de la Dirección de Arqueología del INAH*, 2a. época, 5, pp. 69-84.
- NAVARRETE, Carlos, y Ana María CRESPO
 1971 "Un atlante mexicana y algunas consideraciones sobre los relieves del Cerro de la Malinche, Hidalgo," *Estudios de Cultura Náhuatl*, 9, pp. 11-15.
- NEWTON, Robert R.
 1972 *Medieval Chronicles and the Rotation of the Earth*, Baltimore – London, The John Hopkins University Press.
- NOGUERA, Eduardo
 1939a "Excavaciones en Cuicuilco", en *Vigesimoséptimo Congreso Internacional de Americanistas: Actas de la primera sesión, celebrada en la Ciudad de México en 1939*, t. 2, México, INAH, pp. 210-221.
 1939b "Excavaciones en Cuicuilco", manuscrito en el tomo XLI (309-12) del Archivo de la Dirección de Arqueología, INAH, México.
 1972 "Arqueología de la región tetzcocana", *Artes de México*, año 19, núm. 151, pp. 75-87.
 1975 *Arqueología de Mesoamérica*, 2a. ed., México, Librería de Manuel Porrúa (1a. ed.: 1966).
- NOWOTNY, Karl Anton
 1958 "Die Ahau Equation 584283", en *Miscellanea Paul Rivet Octogenario Dicata (XXXI Congreso Internacional de Americanistas)*, vol. I, México, UNAM, pp. 609-634.
 1968 "Die Aztekischen Festkreise", *Zeitschrift für Ethnologie*, 93 (1-2), pp. 84-106.
- NUTTALL, Zelia
 1931 "Die mythologische Bedeutung des Sonnendurchganges

- durch den Zenit und die Art seiner Beobachtung bei den Ureinwohnern des tropischen Amerika", *El México Antiguo* 3, núms. 1-2, pp. 1-12.
- 1988 "La observación del paso del Sol por el cenit por los antiguos habitantes de la América tropical", *El Universo* 49, pp. 30-35 (orig. publ. como: *Publicaciones de la Secretaría de Educación Pública* 17, núm. 20, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1928).
- OLIVERA DE V., Mercedes
- 1970 "La importancia religiosa de Cholula (notas etnográficas)", en I. Marquina (coord.), *Proyecto Cholula*, México, INAH (Investigaciones, 19), pp. 211-242.
- OVANDO-SHELLEY, E. y L. MANZANILLA
- 1997 "An Archaeological Interpretation of Geotechnical Soundings under the Metropolitan Cathedral, Mexico City", *Archaeometry*, 39 (1), pp. 221-235.
- PALACIOS, Enrique Juan
- 1932 "La orientación de la pirámide de Tenayuca y el principio del año y siglo indígenas", *Universidad de México*, 5, núms. 25-26, pp. 18-47 (publicado también en: *Tenayuca: Estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, 1935, pp. 115-140).
- 1935a "Apreciación de los datos históricos y tradicionales acerca de Tenayuca", en *Tenayuca: Estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, pp. 27-61.
- 1935b "Jeroglíficos de las escaleras de Tenayuca", en *Tenayuca: Estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, pp. 281-291.
- 1935c "La cintura de serpientes de la pirámide de Tenayuca", en *Tenayuca: Estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, pp. 233-263.
- PALERM, Ángel, y Eric WOLF
- 1972 *Agricultura y civilización en Mesoamérica*, México, Secretaría de Educación Pública.

- PARISOT, J. P.
s.a. *L'astronomie des Egyptiens*, Publication de l'Observatoire
 Astronomique de Strasbourg: Série "Astronomie et Scien-
 ces Humaines", núm. 8, pp. 113-127.
- PARSONS, Jeffrey R.
 1971 *Prehistoric Settlement Patterns in the Texcoco Region,
 Mexico*, Memoirs of the Museum of Anthropology,
 University of Michigan, núm. 3, Ann Arbor.
 1987 "El área central de Teotihuacan: patrones regionales de
 colonización en el valle de México", en J. B. Mountjoy, y
 D. L. Brockington (eds.), *El auge y la caída del Clásico en
 el México central*, México, UNAM, Instituto de Investiga-
 ciones Antropológicas, pp. 37-75.
 1989 "Arqueología regional en la cuenca de México: una estra-
 tegia para la investigación futura, *Anales de Antropología*
 26, pp. 157-257.
- PARSONS, Jeffrey R., Elizabeth BRUMFIEL, Mary H. PARSONS, y Da-
 vid J. WILSON
 1982 *Prehispanic Settlement Patterns in the Southern Valley of
 Mexico: The Chalco-Xochimilco region*, Memoirs of the Mu-
 seum of Anthropology, University of Michigan, núm. 14,
 Ann Arbor.
- PASTRANA, Alejandro
 1997 "Nuevos datos acerca de la estratigrafía de Cuicuilco",
*Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Ar-
 queología del INAH*, segunda época, núm. 18, pp. 3-16.
- PEELER, Damon E.
 1989 "Un posible origen solar para el calendario ritual mesoame-
 ricano de 260 días", *Notas Mesoamericanas*, 11, pp. 292-303.
- PEELER, Damon E., y Marcus C. WINTER
 1992-1993 "Mesoamerican Site Orientations and their Relationship
 to the 260-Day Ritual Period", *Notas Mesoamericanas*,
 14, pp. 37-62.
 1993 *Tiempo sagrado, espacio sagrado: astronomía, calenda-
 rio y arquitectura en Monte Albán y Teotihuacan*, Monte
 Albán, Proyecto Especial 1992-1994, Contribución núm.
 1, Oaxaca, Instituto Oaxaqueño de Cultura.
- PEELER, Damon E., Marcus WINTER, y David A. PETERSON
 1992 "The Placement of the Zapotec Tlailotlacan Barrio at Teo-
 tihuacan: Evidence for Zenith Sun Watching at Monte
 Alban", manuscrito, ponencia presentada en el Tercer Sim-
 posio de Cholula, Cholula, Universidad de las Américas.
- PÉREZ CAMPA, Mario A.
 1998 "The "obelisk" of Cuicuilco, DF, Mexico: earliest stela in

- the New World?", *Pre-Columbiana*, 1 (1-2), pp. 122-130.
- s.a. "Últimos hallazgos en Cuicuilco", manuscrito.
- PETERSON, Cynthia W., y Bella C. CHIU
 1987 "On the Astronomical Origin of the Offset Street Grid at Teotihuacan," *Archaeoastronomy*, núm. 11 (*JHA*, suplemento al vol. 18), pp. S13-S18.
- PIÑA CHAN, Román
 1955 *Chalcatzingo, Morelos, México*, INAH (Informes 4).
 1967 *Una visión del México prehispánico*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas (Serie de Culturas Mesoamericanas, 1).
- POLLOCK, H. E. D.
 1936 *Round Structures of Aboriginal Middle America*, Carnegie Institution of Washington, publ. núm. 471.
- PONCE DE LEÓN H., Arturo
 1982 *Fechamiento arqueoastronómico en el altiplano de México*, México, DDF, Dirección General de Planificación.
 1991 "Propiedades geométrico-astronómicas en la arquitectura prehispánica", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 413-446.
- PREM, Hanns J.
 1983a "Das Chronologieproblem in der Autochthonen Tradition Zentralmexikos", *Zeitschrift für Ethnologie* 108, Heft 1, pp. 133-161.
 1983b "Las fechas calendáricas completas en los textos de Ixtlilxóchitl", *Estudios de Cultura Náhuatl*, 16, pp. 225-231.
 1991 "Los calendarios prehispánicos y sus correlaciones: problemas históricos y técnicos", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 389-411.
- PRINDIVILLE, Mary, y David C. GROVE
 1987 "The Settlement and its Architecture", en D. C. Grove (ed.), *Ancient Chalcatzingo*, Austin, University of Texas Press, pp. 63-81.
- RAMÍREZ ACEVEDO, Gilberto
 1992 "El símbolo del año como instrumento astronómico: geometría y astronomía de Monte Albán", *Antropología*, Suplemento núm. 37, pp. 2-16.
- RATTRAY, Evelyn Childs
 1991 "Fechamientos por radiocarbono en Teotihuacan", *Arqueo-*

- logía: Revista de la Dirección de Arqueología del INAH*, 2a. época, núm. 6, julio-diciembre, pp. 3-18.
- REMINGTON, Judith A.
 1980 "Prácticas astronómicas contemporáneas entre los mayas", en A. F. Aveni (comp.), *Astronomía en la América antigua* (L. F. Rodríguez J. trad.), México, Siglo XXI (vers. orig. *Native American Astronomy*, Austin, University of Texas Press, 1977), pp. 105-120.
- REYES, Vicente
 1888 "Las ruinas de Tetzcutzinco", *Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, cuarta época, 1 (3), pp. 129-150.
- REYES, Virgilio V.
 1975 "Arquitectura y poblamiento", en R. Piña Chan, director del proyecto, *Teotenango: El antiguo lugar de la muralla (Memoria de las excavaciones arqueológicas)*, t. I, Gobierno del Estado de México, Dirección de Turismo, pp. 117-188.
- REYGADAS VÉRTIZ, José
 1935 "Exploración de la pirámide", en *Tenayuca: estudio arqueológico de la pirámide de este lugar, hecho por el Departamento de Monumentos de la Secretaría de Educación Pública*, México, Talleres Gráficos del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía, pp. 63-75.
- REYMAN, Jonathan E.
 1975 "The Nature and Nurture of Archaeoastronomical Studies", en A. F. Aveni (ed.), *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, Austin - Londres, University of Texas Press, pp. 205-215.
- RIVARD, Jean-Jacques
 1969 "A Hierophany at Chichen Itza", *Katunob* 7, núm. 3, pp. 51-55.
- RIVERA GRIJALBA, Víctor
 1984 "Tepepulco", *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 2, julio, 41-46.
- RUGGLES, Clive L. N.
 1994 "The Meeting of the Methodological Worlds? Towards the Integration of Different Discipline-Based Approaches to the Study of Cultural Astronomy", en S. Iwaniszewski, A. Lebeuf, A. Wiercinski, y M. S. Ziolkowski (eds.), *Tiempo y astronomía en el encuentro de los dos mundos*, Warszawa, Uniwersytet Warszawski, Centrum Studiów Latinoamerykańskich, pp. 497-515.
- RUGGLES, Clive L. N., Roger D. MARTLEW, y Peter D. HINGE
 1991 "The North Mull Project (2): The Wider Astronomical

- Potential of the Sites", *Archaeoastronomy*, núm. 16 (*JHA*, suplemento to vol. 22), pp. S51-S75.
- RUGGLES, Clive L. N., y Roger D. MARTLEW
 1992 "The North Mull Project (3): Prominent Hill Summits and their Astronomical Potential", *Archaeoastronomy*, núm. 17 (*JHA*, suplemento al vol. 23), pp. S1-S13.
 1993 "An Integrated Approach to the Investigation of Astronomical Evidence in the Prehistoric Record: The North Mull Project," en C. L. N. Ruggles (ed.), *Archaeoastronomy in the 1990s*, Loughborough, Group D Publications, pp. 185-197.
- RUGGLES, C. L. N., y N. J. SAUNDERS
 1984 "The Interpretation of the Pecked Cross Symbols at Teotihuacan: a Methodological Note", *Archaeoastronomy*, núm. 7 (*JHA*, suplemento al vol. 15), pp. S101-S110.
 1993 "The Study of Cultural Astronomy", en C. L. N. Ruggles, y N. J. Saunders (eds.), *Astronomies and Cultures*, Niwot, University of Colorado Press, pp. 1-31.
- SÁENZ, César A.
 1963 "Exploraciones en Malinalco", *Boletín INAH*, núm. 14, pp. 4-8.
 1966 "Exploraciones en Xochicalco", *Boletín INAH*, núm. 26, pp. 24-34.
- SAHAGÚN, fray Bernardino de
 1985 *Historia general de las cosas de Nueva España*, 6a. ed., México, Porrúa.
- SALOMÓN, Ma. Teresa, y Silvia GARZA TARAZONA
 1996 "Accesos y pórticos de Xochicalco", en *Memoria: Tercer Congreso Interno del Centro INAH Morelos*, Cuernavaca, INAH, pp. 45-50.
- SÁNCHEZ CAERO, Óscar F.
 1992 "Expediente técnico del sitio arqueológico 'Cerro de la Estrella'", manuscrito, México, INAH, Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas.
- SANDERS, William T.
 1956 "The Central Mexican Symbiotic Region: a Study in Prehistoric Settlement Patterns", en G. R. Willey (ed.), *Prehistoric Settlement Patterns in the New World*, Viking Fund Publications in Anthropology, núm. 23, Nueva York, Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research, pp. 115-127.
 1965 *The Cultural Ecology of the Teotihuacan Valley*, University Park, The Pennsylvania State University, Department of Sociology & Anthropology.
 1995 "A Sceptical Response" (en Review feature: D. Freidel, L.

- Schele, y J. Parker, *Maya Cosmos: Three Thousand Years on the Shaman's Path*, New York, W. Morrow, 1994), *Cambridge Archaeological Journal* 5 (1), pp. 130-133.
- SANDERS, William T., Anton KOVAR, Thomas CHARLTON, y Richard A. DIEHL
 1970 *The Teotihuacan Valley Project Final Report – volume 1: The Natural Environment, Contemporary Occupation and 16th Century Population of the Valley*, Occasional Papers in Anthropology, núm. 3, University Park, The Pennsylvania State University, Department of Anthropology.
- SANDERS, William T., Michael WEST, Charles FLETCHER, y Joseph MARINO
 1975 *The Teotihuacan Valley Project Final Report – volume 2: The Formative Period Occupation of the Valley*, Occasional Papers in Anthropology, núm. 10, University Park, The Pennsylvania State University, Department of Anthropology.
- SANDERS, William T., Jeffrey R. PARSONS, y Robert S. SANTLEY
 1979 *The Basin of Mexico: Ecological Processes in the Evolution of a Civilization*, Nueva York – San Francisco – Londres, Academic Press.
- SANTANA SANDOVAL, Andrés, y Rosalba DELGADILLO TORRES
 1990 "Cacaxtla durante la transición del periodo Clásico al Postclásico", en F. Sodi Miranda (coord.), *Mesoamérica y norte de México: siglos IX-XII*, vol. 1, México, INAH, pp. 281-288.
- SAVILLE, M. H.
 1896 "The Temple of Tepoztlan, Mexico", *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 8, pp. 221-226.
- SCHÁVELZON, Daniel
 1982 "La pirámide de Cuiculco: arqueología de una polémica", *Cuiculco*, núm. 9, pp. 13-18.
 1983 *La pirámide de Cuiculco: album fotográfico, 1922-1980*, México, FCE.
- SCHROEDER CORDERO, Francisco Arturo
 1985 "La arquitectura monolítica en Tetzcotzingo y en Malinalco, Estado de México", *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 4, pp. 65-90.
- SELER, Eduard
 1904 "Temple Pyramid of Tepoxtlan", *Bureau of American Ethnology Bulletin* 28 (*Mexican and Central American Antiquities, Calendar Systems, and History*), Washington, Smithsonian Institution, pp. 341-352 (orig. publ. en *Globus* 73, núm. 8).

- SEPÚLVEDA Y H., María Teresa
- 1972 "Ritos y ceremonias paganas en el ciclo agrícola: la petición de lluvias", en J. Litvak King, y N. Castillo Tejero (eds.), *Religión en Mesoamérica (Sociedad Mexicana de Antropología: XII Mesa Redonda)*, México, pp. 537-541.
- 1973 "Petición de lluvias en Ostotempa", *Boletín INAH*, época II, núm. 4, pp. 9-20.
- SERRA PUCHE, Mari Carmen, y Ludwig BEUTELSPACHER BAIGTS
- 1994 "Xochitécatl, lugar del linaje de las flores", *Arqueología Mexicana* 2, núm. 10, pp. 66-69.
- SERRA PUCHE, Mari Carmen, y Beatriz PALAVICINI BELTRÁN
- 1996 "Xochitécatl, Tlaxcala, en el periodo Formativo (800 a.C. – 100 d.C.)", *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH*, segunda época, núm. 16, pp. 43-57.
- SERRA PUCHE, Mari Carmen, y J. Carlos LAZCANO ARCE
- 1997 "Xochitécatl-Cacaxtla en el periodo Epiclásico (650 – 950 d.C.)", *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH*, segunda época, núm. 18, pp. 85-102.
- SIARKIEWICZ, Elzbieta
- 1995 *El tiempo en el tonalámatl*, Warszawa, Uniwersytet Warszawski, Cátedra de Estudios Ibéricos (Monografías 3).
- SMITH, Michael E., Cynthia HEATH-SMITH, Ronald KOHLER, Joan ODESS, Sharon SPANOGLE, y Timothy SULLIVAN
- 1994 "The Size of the Aztec City of Yautepec: Urban Survey in Central México", *Ancient Mesoamerica*, 5 (1), pp. 1-11.
- SOLÍS, Felipe, y David MORALES
- 1990 "El periodo indígena de Tlatelolco: arqueología e historia", en *Tlatelolco*, México, Secretaría de Relaciones Exteriores, pp. 13-33.
- SÓLÍS OLGUÍN, Felipe, Richard F. TOWNSEND, y Alejandro PASTRANA
- 1996 "Monte Tlálloc: un proyecto de investigación de etnohistoria y arqueología", en R. Brambila Paz, y J. Monjarás-Ruiz (comps.), *Los arqueólogos frente a las fuentes*, México, INAH (Colección Científica, 322), pp. 157-169.
- SOMERVILLE, Boyle
- 1927 "Orientation", *Antiquity*, 1, pp. 31-41.
- SPENCE, Michael
- 1987 "La evolución del sistema de producción de obsidiana en Teotihuacan", en J. B. Mountjoy, y D. L. Brockington (eds.), *El auge y la caída del Clásico en el México central*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 87-128.

- SPRANZ, Bodo
 1970 "Investigaciones arqueológicas en el cerro Xochitécatl, Tlaxcala: Temporada 1969/70", *Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala 1*, pp. 37s.
- STARR, Betty
 1951 "The Chorti and the Problem of the Survival of Maya Culture", *American Anthropologist*, 53 (3), pp. 355-369.
- SUGIYAMA, Saburo
 1993 "Worldview Materialized in Teotihuacan, Mexico", *Latin American Antiquity*, 4 (2), pp. 103-129.
- ŠPRAJC, Ivan
 1990 "El Satunsat de Oxkintok: ¿Observatorio astronómico?", en M. Rivera (coord.), *Oxkintok 3*, Madrid, Misión Arqueológica de España en México – Ministerio de Cultura, pp. 87-97.
 1992 "Space and Time in Pre-Columbian México" (reseña de Franz Tichy, *Die geordnete Welt indianischer Völker*, Stuttgart, 1991), *Archaeoastronomy*, núm. 17 (*JHA*, suplemento al vol. 23), pp. S59-S61.
 1993a "The Venus-Rain-Maize Complex in the Mesoamerican World View: Part I", *JHA* 24, pp. 17-70.
 1993b "The Venus-Rain-Maize Complex in the Mesoamerican World View: Part II," *Archaeoastronomy*, núm. 18 (*JHA*, suplemento al vol. 24), pp. S27-S53.
 1993c "Venus Orientations in Ancient Mesoamerican Architecture", en C. L. N. Ruggles (ed.), *Archaeoastronomy in the 1990s*, Loughborough, Group D Publications, pp. 270-277.
 1995 "El Satunsat de Oxkintok y la Estructura 1-sub de Dzibilchaltún: unos apuntes arqueoastronómicos," en *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Filológicas, Centro de Estudios Mayas, pp. 585-600.
 1996a *Venus, lluvia y maíz: simbolismo y astronomía en la cosmovisión mesoamericana*, México, INAH (Colección Científica, 318).
 1996b *La estrella de Quetzalcóatl: el planeta Venus en Mesoamérica*, México, Editorial Diana:
 s.a. "La astronomía en Mesoamérica", en L. Manzanilla, y L. López Luján (coords.), *Historia antigua de México*, 2a. ed., vol. 4. México, INAH, UNAM, M. A. Porrúa (en prensa).
- TALADOIRE, Eric
 1979 "Orientation of Ball-Courts in Mesoamerica", *Archaeoastronomy: The Bulletin of the Center for Archaeoastronomy*, 2, núm. 4, pp. 12s.

- TEDLOCK, Barbara
- 1982 *Time and the Highland Maya*, Albuquerque, University of New Mexico Press.
- 1983 "Quichean Time Philosophy", en A. F. Aveni, y G. Brotherston (eds.), *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American Computations of Time*, Oxford, BAR International Series 174, pp. 59-72.
- 1985 "Hawks, Meteorology and Astronomy in Quiché-Maya Agriculture", *Archaeoastronomy: The Journal of the Center for Archaeoastronomy*, 8, pp. 80-88.
- 1991 "La dialéctica de la agronomía y astronomía maya-quichés", en J. Broda, S. Iwaniszewski, y L. Maupomé (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 179-192.
- 1992 "The Road of Light: Theory and Practice of Mayan Skywatching", en A. F. Aveni (ed.), *The Sky in Mayan Literature*, Nueva York - Oxford, Oxford University Press, pp. 18-42.
- TENA, Rafael
- 1987 *El calendario mexicana y la cronografía*, México, INAH (Colección Científica, 161).
- THOM, A.
- 1967 *Megalithic Sites in Britain*, Oxford, Clarendon Press.
- 1971 *Megalithic Lunar Observatories*, Oxford, Oxford University Press.
- THOMAS, David Hurst
- 1979 *Archaeology*, Nueva York: Holt, Rinehart and Winston.
- THOMPSON, J. Eric S.
- 1950 *Maya Hieroglyphic Writing: an Introduction*, Washington, Carnegie Institution of Washington Publ. 589.
- 1955 "Maya Calendars and the Problem of the Aztec Calendar", manuscrito, ponencia presentada en la *Mesa Redonda de Cronología* de la Sociedad Mexicana de Antropología.
- 1974 "Maya astronomy", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 276, pp. 83-98.
- TICHY, Franz
- 1976 *Orientación de las pirámides e iglesias en el Altiplano mexicano*, Suplemento Comunicaciones, Proyecto Puebla-Tlaxcala 4, Puebla, Fundación Alemana para la Investigación Científica.
- 1981 "Order and Relationship of Space and Time in Mesoamerica: Myth or Reality?", en E. P. Benson (ed.), *Mesoamerican Sites and World-Views*, Washington, Dumbarton Oaks, pp. 217-245.

- 1982 "The Axial Direction of Mesoamerican Ceremonial Centers on 17° North of West and their Associations to Calendar and Cosmvision", en F. Tichy (ed.), *Space and Time in the Cosmvision of Mesoamerica*, Lateinamerika Studien 10, München, Universität Erlangen-Nürnberg – Wilhelm Fink Verlag, pp. 63-83.
- 1983 "El patrón de asentamientos con sistema radial en la meseta central de México: ¿"sistemas ceque" en Mesoamérica?", *Jahrbuch für Geschichte von Staat, Wirtschaft und Gesellschaft Lateinamerikas*, 20, pp. 61-84.
- 1990 "Orientation Calendar in Mesoamerica: Hypothesis Concerning their Structure, Use and Distribution", *Estudios de Cultura Náhuatl*, 20, pp. 183-199.
- 1991 *Die geordnete Welt indianischer Völker: ein Beispiel von Raumordnung und Zeitordnung im vorkolumbischen Mexiko*, Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft 21, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.
- TOBRINER, Stephen
- 1972 "The Fertile Mountain: an Investigation of Cerro Gordo's Importance to the Town Plan and Iconography of Teotihuacan", en *Teotihuacan: XI mesa redonda*, vol. 2, México, Sociedad Mexicana de Antropología, pp. 103-115.
- TORRES MONTES, Luis, Dolores ÁLVAREZ GASCA, Manuel REYES GARCÍA, y José HERNÁNDEZ RIVERO
- 1989 "Informe del deterioro y propuesta para la conservación de la zona arqueológica de Malinalco, Estado de México", *Anales de Antropología*, 26, pp. 107-126.
- TOWNSEND, Richard Fraser
- 1982a "Malinalco and the Lords of Tenochtitlan", en E. H. Boone (ed.), *The Art and Iconography of Late Post-Classic Central Mexico*, Washington, Dumbarton Oaks, pp. 111-140.
- 1982b "Pyramid and Sacred Mountain", en A. F. Aveni y G. Urton (eds.), *Ethnoastronomy and Archaeoastronomy in the American Tropics*, Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 385, pp. 37-62.
- 1987 "Coronation at Tenochtitlan", en E. H. Boone (ed.), *The Aztec Templo Mayor*, Washington, Dumbarton Oaks, pp. 371-409.
- TUCKERMAN, Bryant
- 1962 *Planetary, Lunar, and Solar Positions: 601 B.C. to A.D. 1*, Filadelfia, The American Philosophical Society.
- 1964 *Planetary, Lunar, and Solar Positions: A.D. 2 to A.D. 1649*, Filadelfia, The American Philosophical Society.

- URRUTIA FUCUGAUCHI, Jaime, y Ana María SOLER ARECHALDE
 1995 "Magnetismo en arqueología: conocimiento del campo magnético entre los olmecas", en D. Flores G. (ed.), *Coloquio Cantos de Mesoamérica: metodologías científicas en la búsqueda del conocimiento prehispánico*, México, UNAM, Instituto de Astronomía – Facultad de Ciencias, pp. 389-397.
- VEGA SOSA, Constanza
 1979 "El Templo del Sol, su relación con el glifo chalchihuitl; el Templo de Ehécatl-Quetzalcóatl", en C. Vega Sosa (coord.), *El recinto sagrado de México-Tenochtitlan: Excavaciones 1968-69 y 1975-76*, México, INAH, pp. 75-86.
 1990 "La cronología relativa de México-Tenochtitlan", *Mexicon*, 12 (1), pp. 9-14.
- VILLA ROJAS, Alfonso
 1978 *Los elegidos de Dios: etnografía de los mayas de Quintana Roo*, México, Instituto Nacional Indigenista.
- VILLALOBOS PÉREZ, Alejandro
 1985 "Consideraciones sobre un plano reconstructivo del recinto sagrado de México-Tenochtitlan", *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, núm. 4, pp. 57-63.
- VILLELA F., Samuel L.
 1990 "Ritual agrícola en la montaña de Guerrero", *Antropología: Boletín oficial del INAH*, nueva época, núm. 30, pp. 2-9.
- WAERDEN, Bartel L. van der
 1974 *Science Awakening II: the Birth of Astronomy*, Leyden, Noordhoff International Publishing–Nueva York, Oxford University Press.
- WEITLANER, Robert J., e Irmgard WEITLANER
 1946 "The Mazatec Calendar", *American Antiquity*, 11 (3), pp. 194-197.
- WHEATLEY, Paul
 1971 *The Pivot of the Four Quarters: a Preliminary Enquiry into the Origins and Character of the Ancient Chinese City*, Chicago, Aldine.
- WISDOM, Charles
 1940 *The Chorti Indians of Guatemala*, Chicago, The University of Chicago Press.
- WOOLARD, Edgar W., y Gerald M. CLEMENCE
 1966 *Spherical Astronomy*, Nueva York – Londres, Academic Press.
- ZEILIK, Michael
 1985a "The Ethnoastronomy of the Historic Pueblos, I: Calendrical

- Sun Watching", *Archaeoastronomy*, núm. 8 (*JHA*, suplemento al vol. 16), pp. S1-S24.
- 1985b "Sun Shrines and Sun Symbols in the U. S. Southwest", *Archaeoastronomy*, núm. 9 (*JHA*, suplemento al vol. 16), pp. S86-S96.
- 1989 "Keeping the Sacred and Planting Calendar: Archaeoastronomy in the Pueblo Southwest", en A. F. Aveni (ed.), *World Archaeoastronomy*, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 143-166.
- 1991 "Sunwatching and Calendars: a Southwestern-Mesoamerican Contrast in a Distant, Smoky Mirror", en J. Broda, S. Iwaniszewski y L. Maupomé (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 545-556.

Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México — con una tirada de un mil ejemplares— se terminó de imprimir, en julio de 2001, en los talleres gráficos del Instituto Nacional de Antropología e Historia, ubicados en av. Tláhuac 3428, col. Los Reyes Culhuacán, c.p. 09800, México, D.F.

En la impresión, a cargo de Victorino Barrientos Arellano, se utilizó papel bond ahuegado de 75 g para interiores y couché mate de 210 g para portada.

Foto de portada: salida del Sol sobre el cerro El Jumil, observada el 9 de febrero de 2000 en la sección este de la Acrópolis de Xochicalco/ Ivan Šprajc.

Supervisión de la edición: Coordinación Nacional de Difusión/Dirección de Publicaciones/Héctor Curiel García.
