

# III. ARQUEOASTRONOMÍA Y DESARROLLO DE LAS CIENCIAS EN EL MÉXICO PREHISPÁNICO

---

JOHANNA BRODA

## ASTRONOMÍA MODERNA E HISTORIA DE LA CIENCIA

EL OBSERVATORIO de San Pedro Mártir se encuentra a cinco horas de camino (250 km) de Ensenada, Baja California, y se llega a él por una carretera, de terracería en su mayor parte, que sube desde el nivel del mar a los 2 830 m de altura.<sup>1</sup> Este lugar de difícil acceso, en lo más alto de la sierra de Baja California, ha sido escogido por sus condiciones climáticas y la ausencia absoluta de asentamientos humanos en sus alrededores.<sup>2</sup> La necesidad de observar durante largas noches sumergido en el frío y la soledad es el único rasgo que comparte el astrofísico actual con los astrónomos antiguos, a los cuales están dedicadas las presentes reflexiones.

La astronomía moderna se vincula estrechamente con la astrofísica, la física y las matemáticas y su investigación ha rebasado el estudio de nuestra galaxia para abarcar el Universo: en nuestra visita a San Pedro Mártir vimos en el telescopio una nebulosa cuya luz se originó hace 30 millones de años. El astrónomo moderno ya no se dedica, por lo general, a observar con sus propios ojos el cielo nocturno. Su labor consiste, ante todo, en planear y supervisar el funcionamiento de los instrumentos electrónicos altamente especializados que son conectados al telescopio.

Como todo desarrollo moderno de la ciencia y la tecnología, la astronomía actual es el producto histórico de la acumulación de conocimientos y forma parte de la historia de las ciencias de Occidente, tradición cuyos orígenes se encuentran en el Cercano Oriente (Mesopotamia) a partir del tercer milenio a.C., y sobre todo en la Grecia de la segunda mitad del primer milenio a.C. Como es sabido, a partir del Renacimiento, Occidente experimenta un desarrollo acelerado de las ciencias y este desarrollo le impuso su sello no sólo a la metrópoli sino también a los países dependientes.

Los estudios de la astronomía realizados en México a partir de la época colonial forman parte de la tradición científica occidental y han reflejado las preocupaciones intelectuales de una sociedad estrechamente vinculada a los países europeos (sobre todo, España y Francia) en la época colonial, y con los Estados Unidos en la actualidad. Dadas estas condiciones socioculturales, ¿cómo es posible vincular la *historia de la astronomía* en México con la época precolombina? Si, por lo visto, la astronomía moderna poco tiene en común con las preocupaciones astronómicas de los pueblos prehispánicos, ¿cuál es entonces la pretensión y el interés en hacer remontar la historia de la astronomía en México a sus antecedentes prehispánicos?

Nos preocupa una reivindicación fundamentalmente histórica al plantear el estudio de los orígenes y la evolución del pensamiento científico en Mesoamérica como legítimo campo para la investigación. Según afirma el historiador de la ciencia Otto Neugebauer en la introducción a su libro *Las ciencias exactas en la antigüedad*: "[...] Más allá de la utilidad que tiene la historia de las ciencias [...] para la historia de la civilización en general, es el interés en el papel del conocimiento exacto en el pensamiento humano [lo que nos motiva emprender tales estudios]". La astronomía ha desempeñado un papel destacado en estos procesos; incluso se puede decir que ha sido la fuerza más activa en el desarrollo de la ciencia de Occidente desde sus orígenes en la antigüedad clásica hasta los días de Laplace, Lagrange y Gauss. No obstante, señala Neugebauer; la historia temprana de la astronomía es uno de los capítulos menos estudiados de la historia de la ciencia, y constituye un campo prometedor para la investigación futura.<sup>3</sup>

El caso de México presenta una doble problemática: la colonización española significó la superposición violenta de dos culturas de derivación histórica autónoma. En la tradición indígena, la conquista produjo una ruptura profunda. Los españoles destruyeron la organización prehispánica estatal —sus estructuras sociopolíticas— y eliminaron también las escuelas de los templos, donde se educaba la élite y se transmitían

los conocimientos científico-religiosos. La astronomía, los calendarios y el culto estatal formaban parte de esta tradición cultural de las élites que fue radicalmente suprimida a raíz de la conquista. Por otra parte, las ciencias que introdujeron los españoles en la Nueva España eran de origen netamente europeo. Se produjo una ruptura total, y no hubo continuidad entre las ciencias prehispánicas y coloniales en los niveles del Estado y de las clases dominantes. Sólo sobrevivieron a la conquista los conocimientos indígenas del pueblo campesino, prácticas y calendarios agrícolas.

Aunque el estudio de la astronomía prehispánica no nos da los antecedentes directos de la astronomía actual en México, por todo lo arriba dicho, este estudio tiene un valor histórico-cultural muy importante. Nos abre nuevas perspectivas para la comprensión de la sociedad prehispánica, específicamente en lo relativo a los conocimientos exactos acerca de la naturaleza que se produjeron en ella. En lugar de hacer arrancar el estudio del conocimiento a partir de la sociedad novohispana, planteamos, por lo tanto, la legitimidad de establecer una historia de las ciencias en el mundo prehispánico. Proponemos una reivindicación objetiva rechazando el menosprecio que a menudo ha recibido la herencia cultural indígena, pero hay que evitar también, de igual manera, la idealización acrítica y el misticismo de lo prehispánico que a veces han sido el producto de un falso nacionalismo. Para una tarea de esta índole se requiere de la colaboración entre la historia, la antropología, la arqueología y la astronomía.

## **ETNOHISTORIA, ARQUEOLOGÍA Y ARQUEOASTRONOMÍA**

La sociedad prehispánica en el momento de la conquista española cuenta con fuentes escritas que constituyen su principal material de análisis y proporcionan información abundante sobre una amplia gama de aspectos de esta cultura. En la etnohistoria se combina la metodología histórica con las interpretaciones y los enfoques teóricos que provienen del campo de la antropología social y la etnología. Para remontarnos más hacia atrás en el estudio histórico de las culturas prehispánicas sólo se dispone de fuentes materiales enterradas en el suelo, cuyo análisis e interpretación son tarea de la arqueología. Si se quiere alcanzar una comprensión adecuada de la evolución de la sociedad mesoamericana a través del tiempo, la combinación y la complementación de los métodos e interpretaciones de la arqueología con los de la antropología y la etnohistoria son absolutamente necesarias, aunque en la práctica este objetivo muchas veces no se haya cumplido.

La arqueoastronomía es una disciplina nueva que se introduce en el ámbito de los estudios mesoamericanos en la última década. Tiene sus antecedentes en el siglo pasado, pero en su forma actual surge en los años sesenta como estudio especializado de las construcciones megalíticas europeas.<sup>4</sup> La polémica sobre el significado astronómico de las diferentes orientaciones que muestra Stonehenge, el famoso "santuario megalítico" de la Gran Bretaña, generó el interés en los estudios interdisciplinarios que combinan la astronomía, la arqueología y la etnografía. Así se creó como nueva disciplina la astroarqueología o arqueoastronomía, que extendió sus alcances al estudio comparado de la astronomía en las civilizaciones arcaicas. Recientemente se empieza a hablar también de etnoastronomía, otro campo especializado que se integra con la etnografía y la antropología. En algunos casos la combinación de la etnoastronomía referente a prácticas etnográficas actuales con la arqueoastronomía aplicada a la historia de la misma área puede ser muy fructífera. Así sucede, por ejemplo, en Mesoamérica y el área andina.

Mientras que el nuevo estudio de la arqueoastronomía deriva muchos de sus planteamientos de la *historia de la ciencia* —disciplina con antecedentes mucho más antiguos—, esta última ha investigado ante todo el desarrollo de la astronomía en Europa desde sus orígenes en la antigüedad clásica y en el Cercano Oriente.<sup>5</sup> Por otra parte, la arqueoastronomía abarca un espectro comparativo más amplio y se concentra en las civilizaciones no-occidentales, fin para el cual colabora estrechamente con la antropología y la arqueología.

## **EL SISTEMA CALENDÁRICO MESOAMERICANO**

La base y el punto de partida para cualquier estudio de la astronomía prehispánica es el sistema calendárico conocido a través de las fuentes históricas y arqueológicas.<sup>6</sup> Consistía en el año solar de 365 días (*xihuitl*, lo llamaban los aztecas) dividido en 18 meses de 20 días más 5 días, y se combinaba con el ciclo ritual de 260 días (*tonalpohualli* en náhuatl), compuesto por trece veintenas. La combinación de ambos ciclos formaba

unidades de 52 años. Esta "rueda del calendario" de 52 años era la unidad mayor de la cronología mesoamericana en la llamada "cuenta corta" (*xiuhmolpilli*, "atadura de años"), y era el sistema típico del centro de México en el momento de la conquista. Sólo los mayas clásicos llegaron a desarrollar una cronología absoluta contada a partir de una fecha cero, la llamada "cuenta larga"; la cual nunca fue adoptada ni en Oaxaca ni en el altiplano central, y que cayó en olvido también en el área maya después del derrumbe de las culturas clásicas.

En la cuenta corta de 52 años se cubrían 73 *tonalpohualli* ( $52 \times 365 = 73 \times 260 = 18\,980$  días). Al cabo de este periodo, las combinaciones de los ciclos de 365 y 260 días se agotaban, y comenzaba otro ciclo mayor con exactamente las mismas fechas. Dos ciclos de 52 años, es decir 104 años, se llamaban *huehuetiliztli*, "la vejez", y se caracterizaban además por la coincidencia con el ciclo de Venus. El año de Venus contiene 584 días, y 5 años de Venus corresponden a 8 años solares; por lo tanto, cada 65 años de Venus coinciden con 104 años solares y con 146 *tonalpohualli* ( $65 \times 584 = 104 \times 365 = 146 \times 260 = 37\,960$  días).

Los ciclos de 52 años se iniciaban entre los aztecas mediante un ritual importante, la fiesta del *fuego nuevo*, que coincidía además con la fecha en que la constelación de las Pléyades pasaba el cenit a medianoche. Las Pléyades eran sumamente importantes para los antiguos mexicanos. En las latitudes del altiplano central su ciclo anual muestra ciertas relaciones particularmente interesantes, ya que se encuentra en una "simetría opuesta" al curso del Sol. El primer paso del Sol por el cenit a mediados del mes de mayo coincide por una parte con el periodo de invisibilidad de las Pléyades, mientras que por otra la constelación pasa el cenit a medianoche a mediados de noviembre, es decir, exactamente medio año después del cenit del Sol, fecha esta última que corresponde al "anti-cenit" o nadir del Sol.<sup>7</sup>

Los elementos de este sistema calendárico, del cual sólo hemos señalado sus rasgos fundamentales, denotan implícitamente un conocimiento exacto del año solar y de los ciclos de Venus y de las Pléyades. Mientras que los mayas tuvieron un conocimiento muy completo de los periodos lunares que registraban en complejas tablas de lunaciones y eclipses, en el centro de México no se conoce ningún registro de este tipo. Aunque podemos suponer que cierta familiaridad con estos cálculos existía en toda el área mesoamericana, en el altiplano central la cuenta lunar nunca fue integrada directamente en la estructura del calendario. Este era un sistema puramente solar.

En cuanto al *tonalpohualli*, o ciclo de 260 días, no se ha podido aclarar satisfactoriamente hasta el momento si estaba basado en la observación de la naturaleza, o si resultaba más bien de la combinación de los ciclos rituales de 13 por 20 días. Sin embargo, hay una hipótesis sobre el origen solar de este ciclo que merece particular atención: en la latitud geográfica de 15°N, la distancia entre los dos pasos del Sol por el cenit son 105 y 260 días respectivamente. Es de notar que en esta latitud se encuentran dos sitios mayas sumamente importantes: el gran centro clásico de Copán, en la frontera de Honduras con Guatemala, así como el sitio preclásico de Izapa en la costa pacífica del suroeste de Guatemala.<sup>8</sup> Esta hipótesis implicaría que el calendario de 260 días fue inventado en esta región durante el primer milenio a.C. (figura 1).



Figura 1. Latitud de 15°N (Guatemala y Honduras). Sitios arqueológicos de Izapa y Copán.



Figura 1 (bis). Localización del Valle de Oaxaca con respecto a los centros ceremoniales de Izapa y Copán.

Sin embargo, la primera evidencia del calendario ritual de 260 días no procede ni del área maya ni de la de los olmecas de la costa sur del Golfo, sino del valle de Oaxaca. Es en la región zapoteca donde se han encontrado las inscripciones calendáricas más antiguas que se conocen hasta el momento. Alrededor del año 600 a.C. aparece la primera inscripción con signos de los días en San José Mogote, que es seguido entre 500-400 a.C. por el testimonio de Monte Albán con abundante evidencia de los principales elementos del sistema calendárico mesoamericano, incluyendo el ciclo de 260 días y el año solar.<sup>9</sup>

Alrededor del comienzo de nuestra era aparecen en la región sur del Golfo y en la costa pacífica de Chiapas y Guatemala una serie de monumentos que registran inscripciones calendáricas que pertenecen ya a la cuenta larga, sistema usado posteriormente por los mayas durante el apogeo clásico.<sup>10</sup> En esta misma área no se han encontrado hasta el momento inscripciones anteriores comparables a las del valle de Oaxaca. Sin embargo, es de suponer que los elementos básicos del sistema calendárico tuvieron su origen durante el Formativo Medio y Tardío, correspondiente a la segunda mitad del primer milenio a.C., en toda esta amplia región comprendida entre Oaxaca, el sur de Veracruz y Tabasco hasta la costa pacífica de Chiapas y Guatemala. Es de notar la total ausencia de testimonios tempranos sobre calendarios y escritura en el altiplano central. Cuando surge la gran metrópoli de Teotihuacán a principios del Clásico, ésta tampoco se caracteriza por una abundancia de inscripciones comparables a la del área maya.

La elaboración del calendario se desarrolla en una estrecha vinculación con la escritura y el culto de erigir estelas con inscripciones calendáricas. La observación astronómica —base y condición previa del calendario—, la formalización de una serie de conceptos matemáticos, la invención de la escritura y de un sistema de notación, son conocimientos íntimamente ligados entre sí que, además de constituir logros científicos, expresan necesidades socioeconómicas y políticas conforme aumenta la complejidad social. Según señala la arqueóloga Joyce Marcus, las inscripciones en estelas registran, sobre todo, eventos importantes en la vida de gobernantes y otros sucesos políticos ligados a las dinastías reinantes, de manera que "el tema principal de la escritura mesoamericana parece haber sido la presentación de información política en una estructura calendárica".<sup>11</sup> Esto indica que el surgimiento paralelo de la observación astronómica, los calendarios, las matemáticas y la escritura tiene que relacionarse con los procesos socioeconómicos que durante este mismo periodo llevan hacia la configuración de la sociedad compleja (la

"civilización", según la terminología arqueológica). En esta época se produce la diferenciación interna de la sociedad entre la clase dominante y el pueblo. La primera es mantenida por el tributo en trabajo y en especie que el pueblo pagaba. En términos políticos surge el Estado que expandió su territorio mediante la conquista militar.<sup>12</sup>

La evidencia arqueológica —aquí citada de manera muy somera— demuestra que el calendario era uno de los rasgos constitutivos de la civilización mesoamericana. Sus primeros indicios datan del primer milenio a.C., cuando se configuraron gradualmente los elementos característicos de esta tradición cultural. A través de la evolución posterior de esta sociedad, los elementos básicos del calendario alcanzaron una distribución geográfica en toda el área mesoamericana; existen indicios de su existencia, en el momento de la conquista, desde la frontera norte de los pueblos nahuas, otomíes, tarascos y huastecos hasta la frontera sur de los mayas, pipiles y nicaraos.<sup>13</sup>

Sobre calendarios y escritura se han hecho numerosas investigaciones desde el siglo pasado hasta nuestros días, y los estudios que existen sobre la astronomía prehispánica, por lo general, han formado parte de este conjunto de investigaciones. Sobre el centro de México destacan los trabajos de E. Seler, Z. Nuttall, E. De Jonghe, W. Lehmann, A. Caso y Y. González, mientras que el área maya ha sido abordada por E. Förstemann, S. G. Morley, H. Beyer; J. Teeple, J. E. Thompson, L. Satterthwaite, T. Prouskouriakoff, H. Barthel, M. D. Coe, E. G. Lounsbury y D. E. Kelley, por mencionar sólo a los autores más importantes.<sup>14</sup> Es lógico que la mayoría de estas investigaciones estén enfocadas hacia el estudio de las inscripciones mayas del periodo clásico, pues en esa época es cuando se alcanzaron los conocimientos astronómicos más destacados y se plasmaron estos cálculos en estelas, inscripciones y códices. El desarrollo de la escritura jeroglífica facilitó grandemente el registro preciso de los eventos astronómicos e históricos. Paralelamente a la escritura, los mayas inventaron un sistema de notación por posición basado en la cuenta vigesimal, y perfeccionaron este sistema a tal grado que les permitía hacer cálculos con periodos de hasta 23 040 millones de días.<sup>15</sup> Además, los mayas fueron el primer pueblo del mundo que inventó el cero, antes de su invención en el Viejo Mundo por los hindúes. El símbolo del cero fue usado en el sistema de notación por posición en las inscripciones jeroglíficas de la cuenta larga. Aunque todas las fuentes indican que los avances en la escritura y en el sistema de notación de los mayas clásicos no fueron superados posteriormente por ningún otro pueblo mesoamericano, algunos estudios recientes sugieren que los mexicas y culhuas de Texcoco empleaban un sistema de notación análogo al maya, con valor de posición basado en el sistema vigesimal, en la jerarquía vertical y en el concepto de cero. Las investigaciones de H. R. Harvey y B. J. Williams<sup>16</sup> aportan datos novedosos que requieren más exploración en el futuro.

## **METODOLOGÍA Y ENFOQUES ESPECÍFICOS DE LA ARQUEOASTRONOMÍA**

Como hemos visto, la existencia del sistema calendárico mesoamericano implica en sí la observación astronómica, ya que sólo de ella, mantenida a través de muchas generaciones y siglos, puede surgir un sistema tan exacto. Entre las observaciones ligadas al calendario destacan la determinación exacta del año trópico, los meses sinódicos de la Luna, los ciclos de eclipses de Sol y Luna, el ciclo de Venus, la observación de las Pléyades, etc. Sin embargo, llama la atención que los estudios monográficos que se han hecho al respecto se han centrado más en cuestiones de la estructura interna del calendario y de la escritura jeroglífica que en los principios que les permitieron hacer tales observaciones. Este último aspecto ha sido abordado recientemente por el nuevo enfoque de la arqueoastronomía.

En este sentido quisiera señalar dos aspectos que considero aportaciones fundamentales de esta nueva disciplina: 1) la incorporación del análisis especializado de la astronomía al estudio de los calendarios y de las inscripciones prehispánicas; y 2) el estudio sistemático del principio de la Orientación en la arquitectura mesoamericana y en la planeación de ciudades y centros ceremoniales.

1) La incorporación de la astronomía con su metodología específica ha permitido sistematizar toda una serie de conocimientos científicos prehispánicos, obtener resultados mucho más exactos y usar tablas con las cuales se calculan ciertos fenómenos astronómicos para épocas históricas del pasado y la latitud geográfica requerida por la arqueología. Entre los principales conceptos mediante los cuales se hace el análisis



arqueoastronómico figuran el acimut, la altitud y la esfera celeste (figuras 2 y 3). Ya que se trata de técnicas especializadas remito a la bibliografía respectiva.<sup>17</sup>

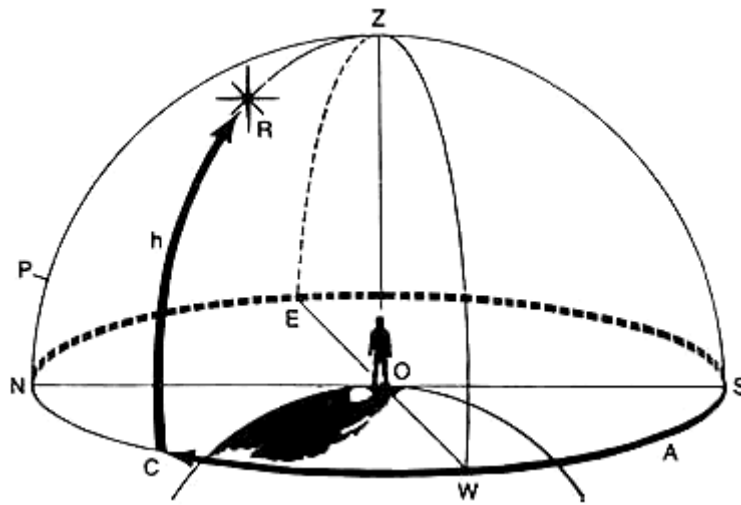


Figura 2. El cielo (la esfera celeste) tal como se nos presenta en su forma más sencilla. El observador se sitúa en O sobre la superficie de la tierra. (Diagrama de P. Dunham, según Aveni, 1980, figura 16.)

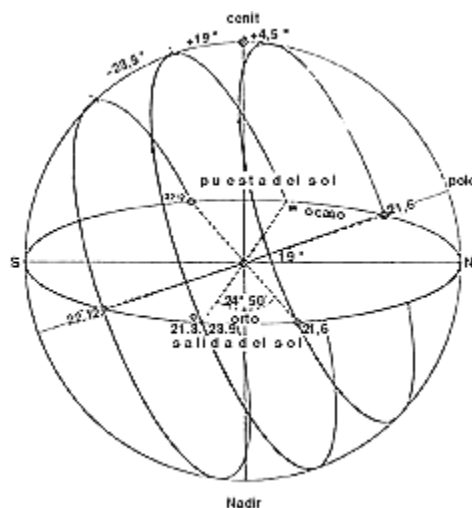


Figura 3. Las trayectorias diurnas del sol sobre el plano del horizonte a la latitud de Puebla (19° de latitud Norte) en la fecha de los solsticios (21.6 y 22.12.) y de los equinoccios (21.3. y 23.9). Los puntos de salida y puesta del sol en el horizonte en las fechas de los solsticios forman, junto con el cenit, las 5 direcciones cardinales de Mesoamérica. (Según Tichy, 1976, figura 2.)

La incorporación de la astronomía como disciplina permite, además, plantear la cuestión de los métodos, técnicas e instrumentos prehispánicos de observación, lo cual constituye un campo descuidado pero sumamente importante de la investigación que debe relacionarse con el estudio más amplio de la tecnología prehispánica (figuras 4 y 5).



Figura 4. "Alfaquí mayor que está de noche mirando las estrellas en el cielo y a ver la hora que es, que tiene por oficio y cargo..." "Reloxero por las estrellas del cielo [...]" (*Códice Mendocino*, Lámina XXIV, primera parte.)

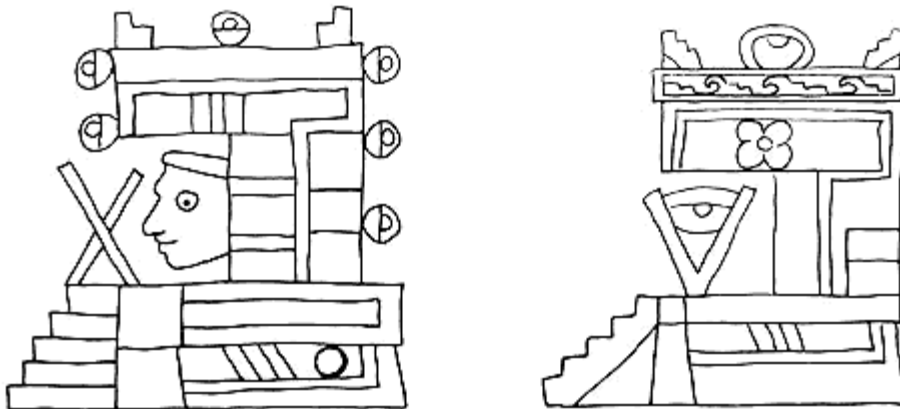


Figura 5. Instrumentos prehispánicos para observar el cielo nocturno (*Códice Bodley*).

2) Por otra parte, el estudio de las orientaciones en la arquitectura y en los sitios arqueológicos ha hecho posible obtener resultados auténticamente nuevos en una serie de aspectos de la astronomía prehispánica, cuestión que quiero exponer con mayor detalle.

### **LA ORIENTACIÓN DE SITIOS Y PIRÁMIDES.**

La importancia de estos fenómenos no aflora a primera vista en la documentación etnohistórica. Los cronistas del siglo XVI escribieron escasamente sobre estos hechos, ya que no entendían el significado de las orientaciones y su relación con la astronomía (figura 6). Esta última era un tema que interesaba poco a los frailes y a los conquistadores españoles. En ausencia del testimonio histórico sobre estos hechos, han sido más bien los restos arqueológicos los que han dado la clave para su comprensión.

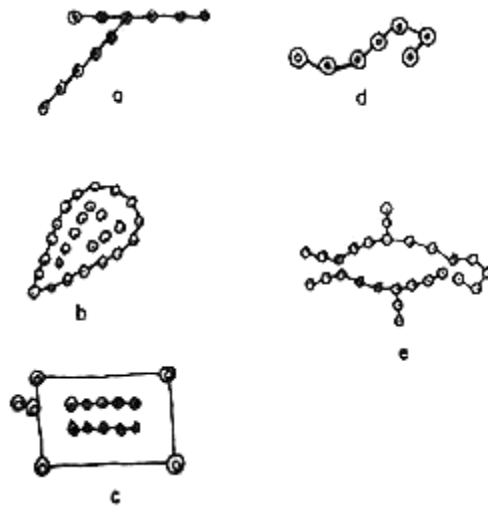


Figura 6. Las constelaciones aztecas según Sahagún (*Manuscrito de Tepepulco, Códice Matritense; Historia general, Libro VII Capítulo 3*; cfr, Coe, 1975, 22-27). a. *Mamalhuaztli*: Los aztillejos (cinturón y espada de Orión). b. *Tianquiztli*: las Cabrillas (Pléyades). c.. Sin nombre (constelación no identificada). d. *Citlaxonecuilli* (constelación no identificada). e. *Citlalcólotl* (Escorpión).

La coordinación que existía entre el tiempo y el espacio en la cosmovisión mesoamericana encontró su expresión en la arquitectura mediante la orientación de pirámides y sitios arqueológicos. Estas orientaciones pueden ser relacionadas, en la mayoría de los casos, con las fechas de la salida o puesta del Sol en días específicos del ciclo solar; mientras que algunas de ellas se conectan también con fenómenos estelares. De estos hechos habían tomado nota antes algunos investigadores, y hay varias publicaciones aisladas al respecto.<sup>18</sup> Sin embargo, sólo en la última década se han empezado a hacer mediciones sistemáticas de campo con instrumentos de precisión. En este sentido destaca la labor del astrónomo Anthony F. Aveni, quien en colaboración con el arquitecto Horst Hartung ha hecho mediciones de la mayor parte de los sitios arqueológicos mesoamericanos que son ya tan completas que permiten sacar conclusiones estadísticas.

Los datos de campo y estudios, arriba comentados, constituyen una base firme para cualquier análisis futuro. Fruto de ellos son una serie de importantes publicaciones.<sup>19</sup> (cfr. figuras 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19). En este contexto hay que mencionar también las recientes investigaciones de campo emprendidas en México por el arquitecto Arturo Ponce de León <sup>20</sup> y por el arqueólogo Stanislaw Iwaniszewski del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM.<sup>21</sup> Estos nuevos impulsos hacen esperar que los estudios arqueoastronómicos adquirirán más importancia en México en los próximos años.

Otra contribución valiosa al estudio de las orientaciones proviene del campo de la geografía, y más específicamente del estudio especializado de los paisajes culturales o geografía humana. Franz Tichy ha desarrollado una metodología específica que combina la medición de pirámides y sitios prehispánicos con el estudio del paisaje cultural tal como puede ser observado el día de hoy en el altiplano central (figura 7). No es posible explicar aquí, detalladamente, la complicada metodología empleada por Tichy, sólo quiero señalar que este enfoque interdisciplinario, que combina la astronomía con la geografía cultural, la arqueología y la etnohistoria, ha permitido a Tichy obtener una serie de conclusiones sumamente interesantes sobre la estructura interna del calendario en relación con la cosmovisión y la sociedad prehispánica en general (figura 8). Algunas de sus novedosas hipótesis requieren aún de una comprobación más firme.<sup>22</sup>



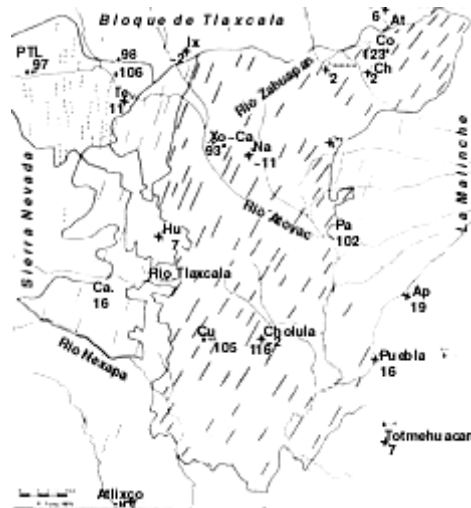


Figura 7. La orientación de los campos actuales en el valle de Puebla-Tlaxcala según investigaciones de F. Tichy: sistema principal en el valle (con una desviación hacia la derecha de 20°-30°); sistema secundario de 16° en las faldas de la Sierra Nevada; sistema secundario de 12° y de 16° en las faldas de la Malinche; y sistema meridional por el noroeste (de -2° hasta +7°). Siglas: HS=sistema principal; NS=sistema secundario. Lugares con conventos franciscanos: At=Atlihuetzía; Ap=San Aparicio; Ca=San Andrés Calpan; Hu=Huexotzingo; Ix=Ixtlacuitla; Na=Sta. María Nativitas; Te=San Martín Texmelucan; Tep=Tepeyanco. Ruinas arqueológicas: Am=Amalucan; Co=Contla; Cu=Cuapan; Pa=Panzacola-La Luna; PTL=Pedrera de Tlalancaleca; Xo-Ca=Xochitecatl-Cacaxtla. (Mapa de Tichy, 1976, figura. 6.)

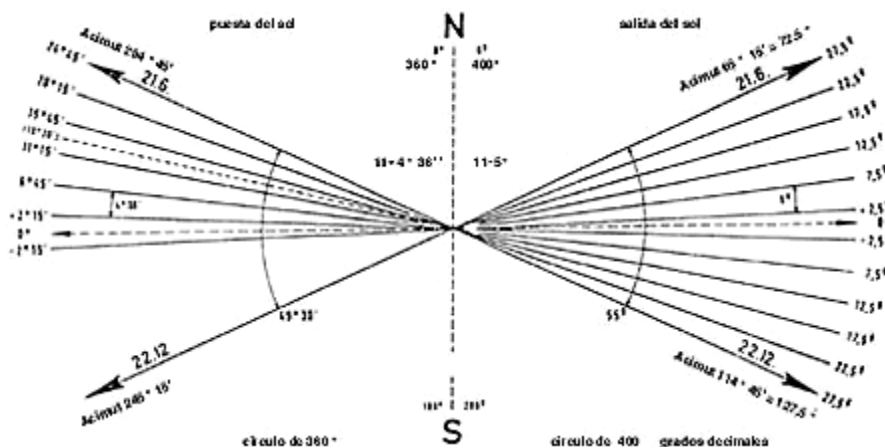


Figura 8. Diagrama del sistema de orientación mesoamericano con las direcciones hacia los puntos de salida y puesta del Sol en el horizonte, entre los solsticios, y representados como desviación del este hacia la derecha, o hacia la izquierda, en grados decimales (grados nuevos) y como desviación de la dirección oeste, en grados. Según Tichy, la unidad básica prehispánica era dividir el círculo de 360° en 80 unidades de 4° 30', sistema que se refleja también en la orientación de los edificios y sitios arqueológicos. (Diagrama de Tichy, 1979, figura 8.) (Cfr. nota 22.)

La aportación específica que puede hacer la geografía consiste en investigar los fenómenos tal como se presentan en el paisaje y el horizonte a simple vista, sin la intervención de complejos instrumentos técnicos. Este enfoque es propio de la geografía y difiere del de la astronomía moderna. El error que han cometido numerosos investigadores en el pasado reside, precisamente, en haber interpretado los registros prehispánicos de acuerdo con la teoría astronómica moderna, con base en conceptos que los pueblos prehispánicos *no podían haber tenido* dada la ausencia de ciertas explicaciones teóricas, como por ejemplo

la del sistema heliocéntrico, de métodos modernos de observación y de ciertas operaciones matemáticas complejas. Por eso se usa en la arqueoastronomía el término de *astronomy with the naked eye*, que se refiere al hecho de que los antiguos astrónomos basaban sus observaciones únicamente en lo que estaba al "alcance de sus ojos"; es decir, trabajaban con instrumentos rudimentarios.<sup>23</sup> ¡Hay que pensar cuántos siglos de observación, continuada pacientemente todos los días y todas las noches, fueron necesarios para lograr la complejidad de los conocimientos que estos pueblos plasmaron en sus inscripciones calendáricas y en sus sitios arqueológicos!

El interés del estudio de las orientaciones de sitios arqueológicos consiste precisamente en el hecho de que constituyen un principio calendárico diferente del representado en estelas y códices. Se trata, ciertamente, de un principio ajeno al pensamiento occidental. La "escritura" con la cual se escribe es, en este caso, la arquitectura y la coordinación de ésta con el ambiente natural. Un sistema de códigos se plasma en el paisaje. Edificios aislados, conjuntos de edificios y planos de asentamientos de sitios enteros muestran ciertas orientaciones particulares; en muchos casos, estos sitios están coordinados con puntos específicos del paisaje: con cerros y otros elementos naturales, o también con marcadores artificiales en forma de símbolos (cfr. figura 9),<sup>24</sup> o de edificios construidos en estos lugares.

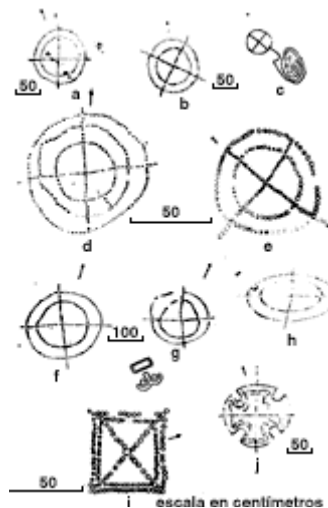


Figura 9. Las "cruces punteadas" (o pecked crosses). Marcadores en el paisaje de un simbolismo complejo que han sido estudiados por A. Aveni, H. Hartung y su equipo en los últimos años. Los ejemplos proceden de diferentes regiones de Mesoamérica y datan de los periodos Preclásico hasta Postclásico. Se presentan diagramas de cruces punteadas obtenidos de calcas: a) Cruz junto al Grupo Viking, Teotihuacán; b) Cerro Colorado, Teotihuacán; c) Cerro Gordo, Teotihuacán; d) Tepeapulco, petroglifo núm.1; e) Tepeapulco, petroglifo núm.2; h) Cruz grabada en el suelo de la estructura A-V, Uaxactun; i) Tlalancaleca, uno de tres petroglifos punteados en forma cuadrada; j) Cruz de Malta grande grabada en el suelo de un edificio de Teotihuacán (según Aveni, 1980, figura 71). (Cfr. nota 24.)

A lo largo de los últimos años se han hecho mediciones de muchos sitios, lo cual permite concluir que un gran número de estas orientaciones estaban diseñadas intencionalmente para marcar la dirección de la salida o la puesta del Sol y/o de las estrellas o constelaciones en determinadas fechas. En algunos casos las tablas de fenómenos estelares del pasado nos permiten sugerir la fecha de construcción del edificio en cuestión.<sup>25</sup> El testimonio arqueológico plasmado en las orientaciones comprueba que se observaban determinados fenómenos astronómicos sobre el horizonte, y que los pueblos prehispánicos tenían la capacidad tecnológica de diseñar y construir edificios en coordinación exacta con el fenómeno natural que querían hacer resaltar. El estudio de las orientaciones abre, pues, nuevas perspectivas de investigación donde las inscripciones en estelas, códices y fuentes históricas guardan silencio. A través de las mediciones de campo es posible seguir ampliando este nuevo tipo de documentación.

Hasta ahora se han estudiado tales relaciones entre el principio de la orientación y fechas solares y/o estelares en los casos de Teotihuacán, Alta Vista, Xochicalco, Cholula, Malinalco, Tenochtitlán, Monte

Albán, Caballito Blanco, Chichén Itzá, Uxmal, Uaxactún, Copán y Palenque, por mencionar sólo los sitios más importantes y mejor estudiados (cfr. figuras 10-16).

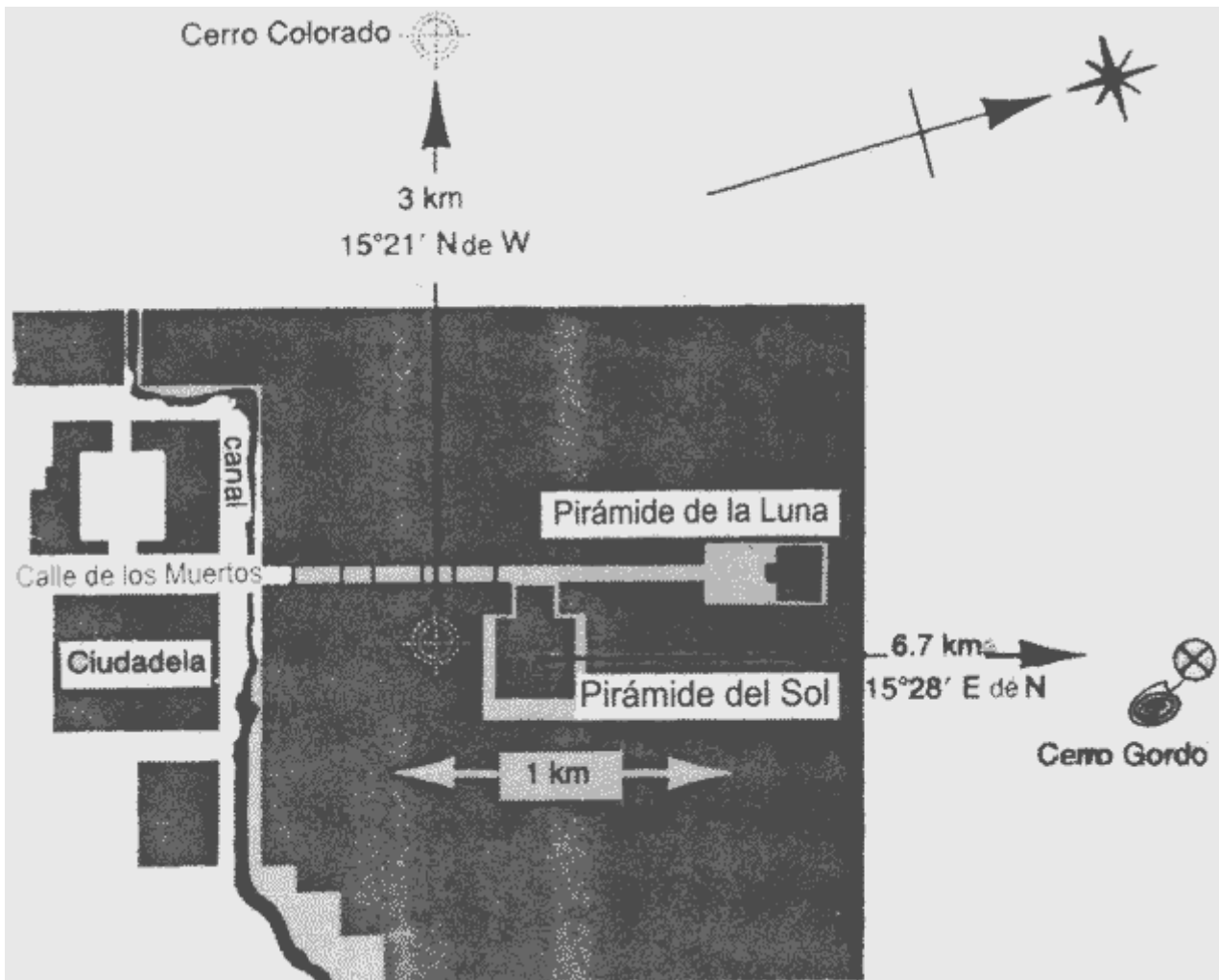


Figura 10. Plano de Teotihuacán que muestra las posiciones de sus estructuras principales, la desviación de sus ejes, y tres petroglifos de cruces punteadas estudiados por Aveni y que posiblemente servían para marcar el trazo exacto de la ciudad (plano de P. Dunham). (Según Aveni, 1980, figura 68.)

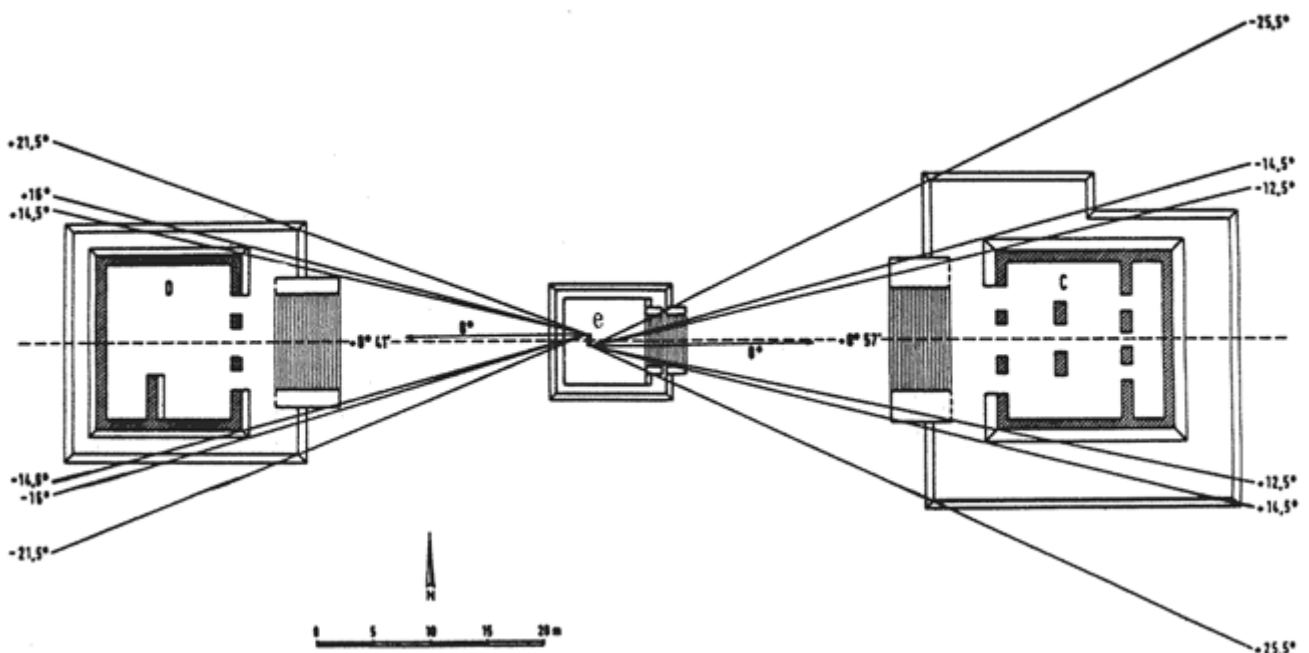


Figura 11. Pirámides C y D de Xochicalco, Morelos; en el centro, la estela de los grifos (e) como punto de observación. Se trata de un conjunto de estructuras cuyas relaciones calendáricas inherentes han sido estudiadas por Tichy. Los ángulos más interesantes son  $\pm 25.5^\circ$  (mirando hacia el Este) que indican las salidas del Sol en los solsticios de invierno ( $+25.5^\circ$ ) y de verano ( $-25.5^\circ$ ); los ángulos de  $\pm 21.5^\circ$  (mirando hacia el Oeste) que marcan la puesta del Sol el 15 de mayo y el 29 de julio, días que precedían a los pasos del Sol por el cenit en la latitud geográfica de Xochicalco; y  $0^\circ 57'$  (mirando hacia el Oeste) que marca los días que dividían el año en dos partes iguales. (El plano según Tichy 1978, figura 3; con base en mediciones de Tichy, 1975, 1977, y Aveni, enero 1977.)

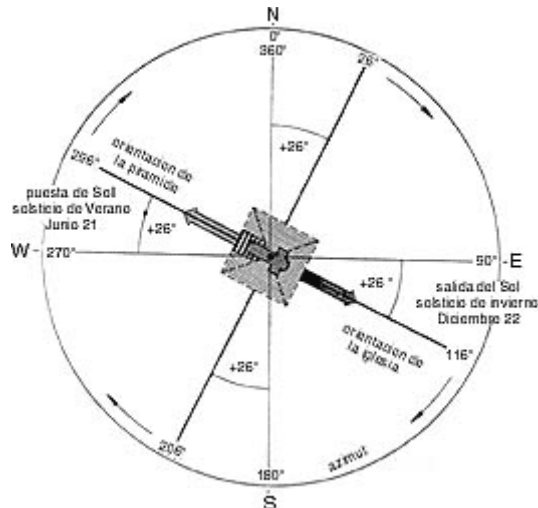


Figura 12. La orientación de la pirámide de Cholula y de su iglesia. Desviación positiva de  $26^\circ$  E a S (salida del Sol en el solsticio de invierno) y de  $26^\circ$  O a N (puesta del Sol en el solsticio de verano). El acimut se cuenta del N en dirección de las manecillas del reloj ( $0^\circ - 360^\circ$ ). (Diagrama de Tichy 1976, Figura 5.)

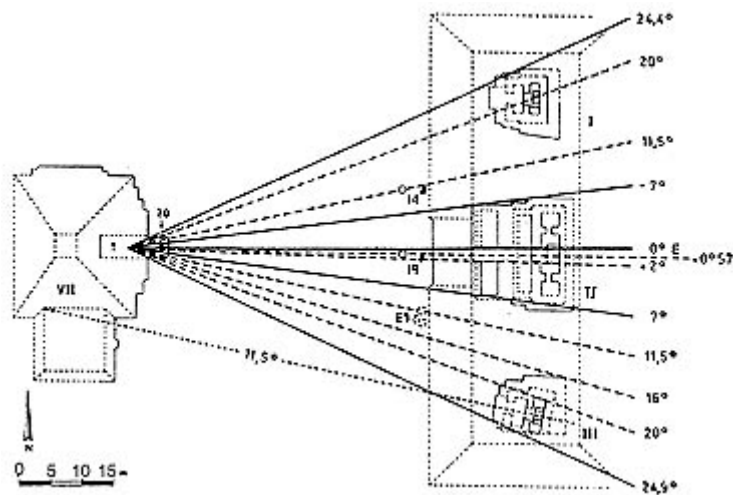


Figura 13. Uaxactún/0Guatemala, Grupo E. Observación desde el edificio VII hacia los edificios I, II y III que marcan el movimiento anual del Sol entre los puntos extremos de los solsticios. Plano de Tichy basado en Ricketson (1937, figura 68) y completado con las direcciones de  $11.5^\circ$ ,  $16^\circ$  y  $20^\circ$  del E hacia el N y hacia el S. La columna E 1, de colocación original dudosa, podría haber estado situada en la línea de  $11.5^\circ$  del E hacia el S. Se añade también la posición del eje de la pirámide III con  $11.5^\circ$ . (Según Tichy, 1976, figura 10.)

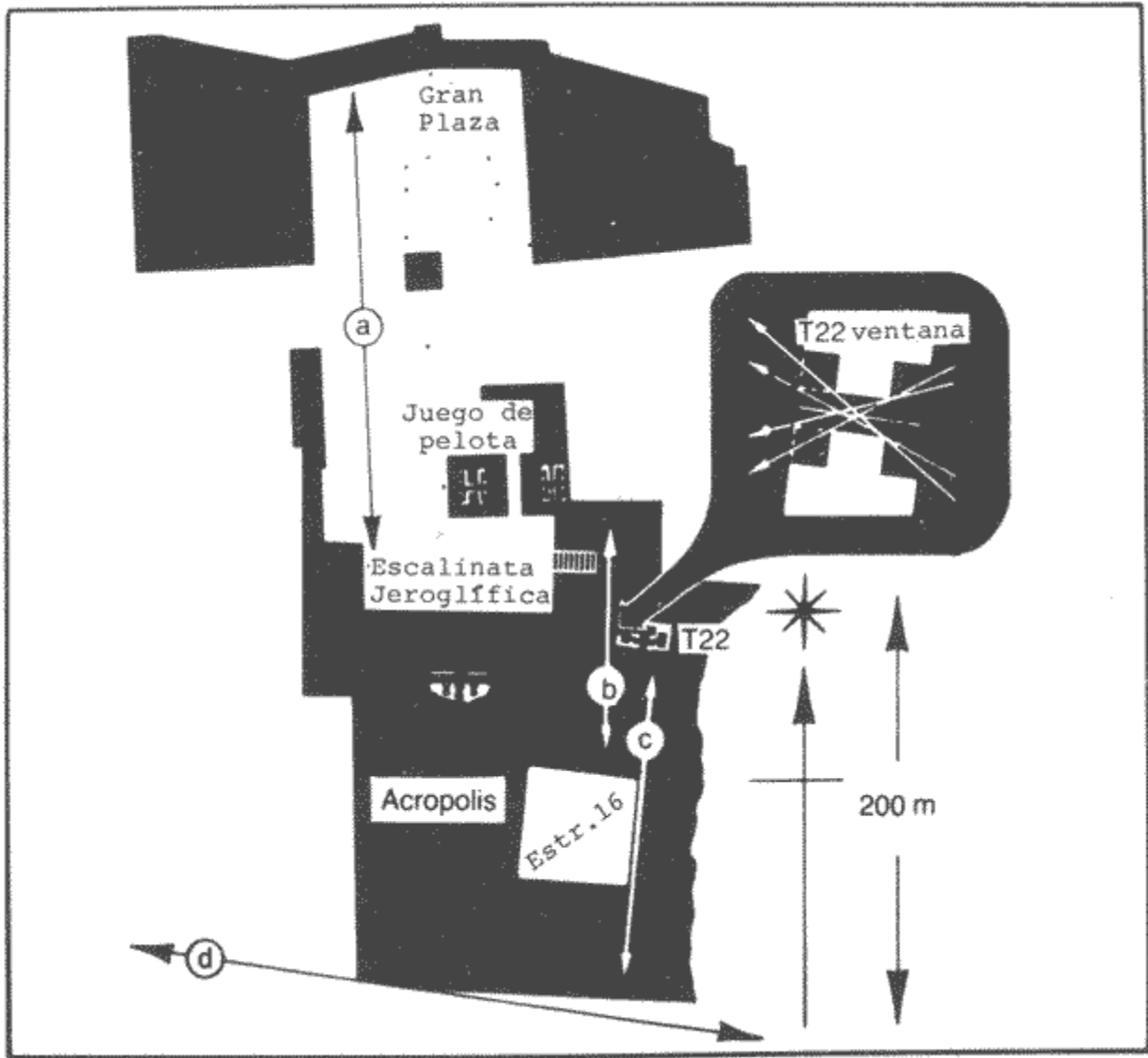


Figura 14. El plano del gran centro maya del Clásico en Copán, Honduras, muestra, según Aveni, tres grupos principales de orientación (a, b y c), así como una línea base de significado astronómico (d), que conecta las estelas 10-12 a través de una distancia de 7 km. Esta línea toca tangencialmente la base de la estructura 16 sobre la Gran Acrópolis, siendo esta última la estructura principal de Copán. El plano muestra también el Templo de Venus (estructura 22, ampliado), con su ventana y las líneas de observación hacia ciertas direcciones de importancia astronómica. Los puntos indican la localización de altares y estelas (Plano de P. Dunham). (Según Aveni, 1980, figura 77; pp. 240-245)

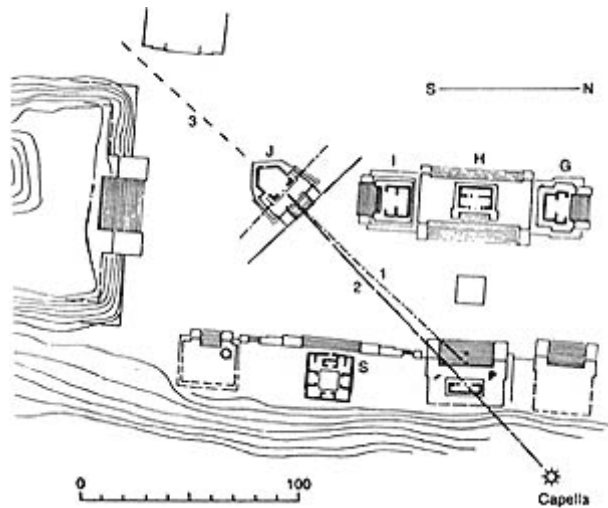


Figura 15. Plano del lado sur de la Gran Plaza de Monte Albán con el llamado “observatorio astronómico” (edificio J) en el centro. Según mediciones de Aveni y Hartung, el plano muestra las siguientes alineaciones asociadas con los edificios J y P que abarcan un complejo simbolismo astronómico: 1) línea perpendicular a la entrada del edificio J que conduce hacia una apertura en la escalinata del edificio P donde se encuentran un tubo artificial y abajo una recámara que permiten observar los pasos del Sol por el cenit (mayo 8 y agosto 5); 2) línea perpendicular a la escalinata del edificio J que conduce a la entrada de P y, sobre el horizonte apunta hacia la salida heliaca de Capella correspondiente a la época de construcción de estos edificios (250 a. C.). En aquella época la salida heliaca de Capella coincidía, además, con la fecha del primer paso del Sol por el cenit en la latitud geográfica de Monte Albán ( $17^{\circ}03'$ ). 3) Bisector de la forma de flecha que compone el lado opuesto del edificio J, que para el mismo año de 250 a. C. Apuntaba hacia cinco estrellas de particular luminosidad (la Cruz del Sur, Alfa y Beta de Centauro), mostrando así una coordinación planeada entre los tres tipos de alineaciones mencionadas (Plano de H. Hartung). (Según Aveni, 1980, figura 86; pp. 249-257.)

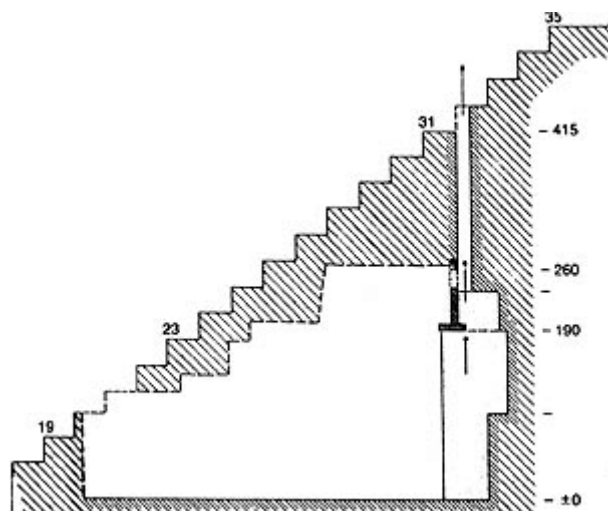


Figura 16. Diagrama del tubo artificial y de la cámara subterránea del edificio P de Monte Albán, que servían para observar los pasos del Sol por el cenit (mayo 8 y agosto 5, latitud geográfica de  $17^{\circ}03'$  N) (Diagrama de H. Hartung). (Según Aveni 1980, figura 85: p. 253.)

Algunos de estos edificios, como por ejemplo el Caracol de Chichén Itzá o la construcción subterránea de Xochicalco, constituyen verdaderos observatorios astronómicos (figuras 17, 18). Es de notar que estos ejemplos provienen tanto del altiplano central como del sur de México, de Oaxaca, y del área maya hasta



Guatemala y Honduras; cronológicamente corresponden a sitios fechados desde el Preclásico hasta el Postclásico.

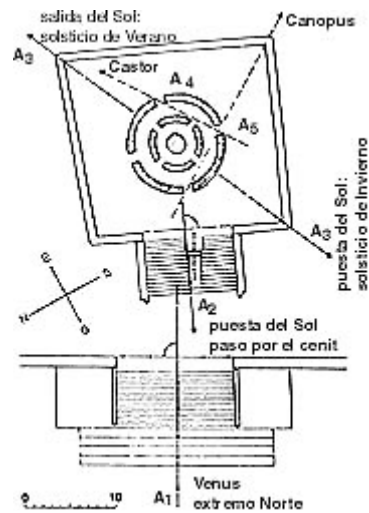


Figura 17. Plano simplificado de las principales alineaciones astronómicas que abarca la estructura del Caracol, del observatorio de Chichen Itzá. Se trata de una torre circular con basamento, que se levanta sobre una plataforma aproximadamente cuadrada, coronada por un observatorio del cual resta hoy sólo una parte con tres perforaciones-ventanas de observación (plano construido): A<sub>1</sub>) l a línea perpendicular a la base del edificio apunta hacia las puestas de Venus en su máxima declinación norte; A<sub>2</sub>) la línea perpendicular a la base de la plataforma superior apunta hacia la puesta del Sol en los pasos por el cenit; A<sub>3</sub>) la diagonal entre las esquinas noreste-suroeste tiene la dirección hacia la salida del Sol en el solsticio de verano (NE) y la puesta del Sol en el solsticio de invierno (SO), respectivamente; A<sub>4</sub>) y A<sub>5</sub>) estas líneas avistan dos direcciones relacionadas con las estrellas Canopus y Castor. (Plano de Hartung, 1976, figura 4; *cfr.* Hartung, 1972, 1976; Aveni, 1980: 258-267.)

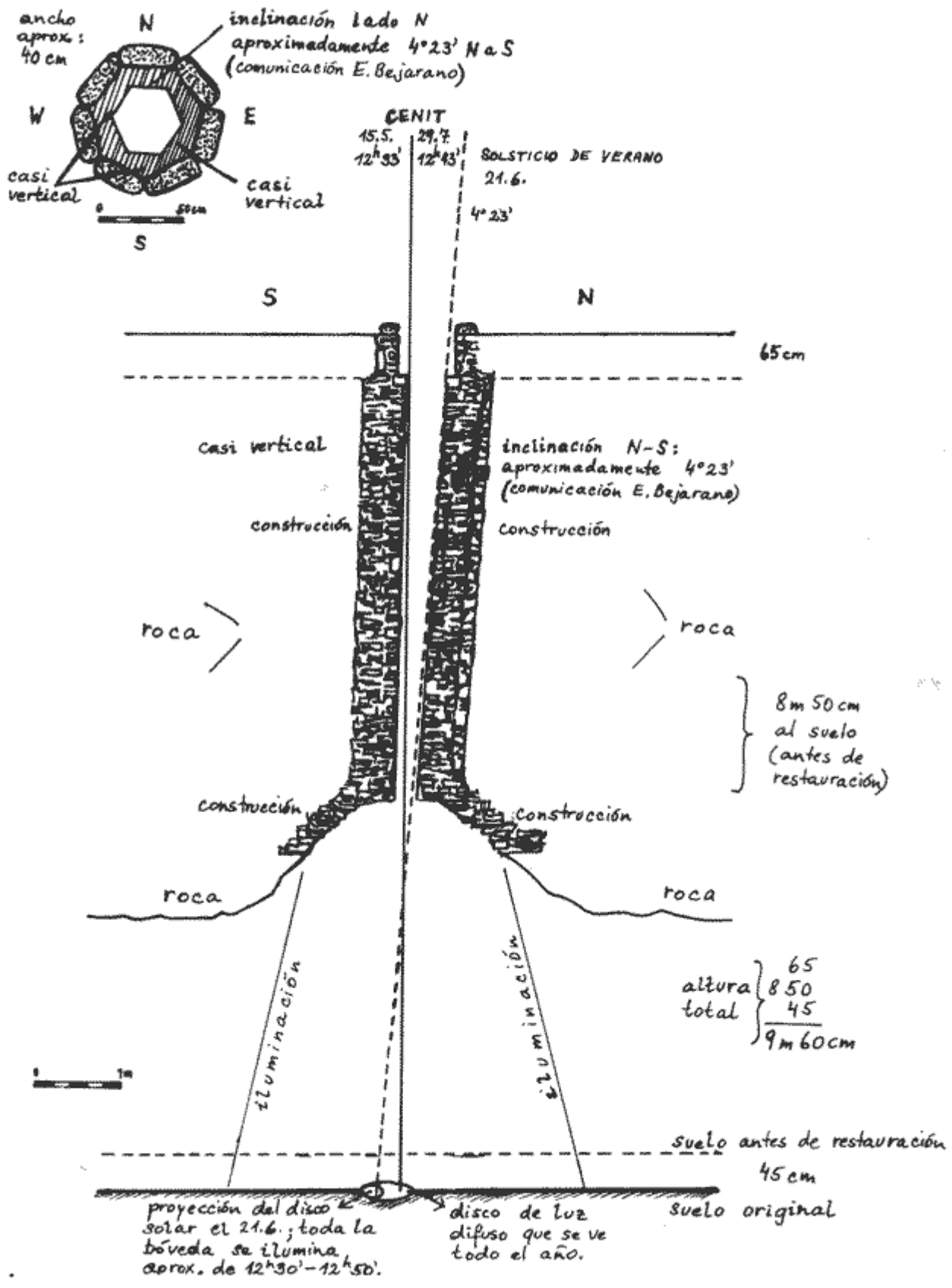


Figura 18. El observatorio astronómico de Xochicalco, Morelos (latitud geográfica  $18^{\circ}47'N$ ). Construcción dentro de la roca; un tubo labrado que conduce a una bóveda subterránea o cámara de observación. Orientación del tubo por tres lados casi vertical (observación del cenit los días 15.5 y 29.7.), por el lado N de una inclinación aproximadamente  $4^{\circ}23'N$  a S (observación del solsticio de verano, 21.6.). Este último día se ilumina toda la bóveda de 12h30' a 12h50' aproximadamente y se proyecta el disco solar mediante el rayo directo de la luz. (Plano basado en Tichy, 1981, figura 2; comunicación personal del arqueólogo E.

Bejarano, INAH, 21.6. 1980 y observaciones personales de la autora, J. Broda, 1982.)

Las fechas más importantes del ciclo solar; cuya observación quedó plasmada en la arquitectura, son los días de los solsticios, los equinoccios y los pasos del Sol por el cenit. Los dos pasos cenitales sobresalen como observación fundamental dentro de este cuerpo de conocimientos, observación que sólo se puede hacer en las latitudes que caen dentro de los trópicos. Entre las latitudes de 15°N (Copán/Honduras) y 23°27'N (Alta Vista/Zacatecas), el primer paso del Sol por el cenit ocurre entre el 1.5 y el 21.6 y el segundo entre el 21.6 y el 12.8, respectivamente.<sup>26</sup> Con base en estas y otras particularidades de la latitud geográfica de Mesoamérica, A. Aveni ha propuesto el uso del término de "astronomía tropical" para destacar las características, específicas que tiene la observación astronómica en las latitudes geográficas entre los trópicos, características que la diferencian marcadamente de la astronomía en las latitudes que caen fuera de esa área. Más comúnmente se habían estudiado las latitudes al norte del trópico de Cáncer. En ellas el Sol nunca pasa el cenit, y el centro del firmamento nocturno es la estrella polar.

Una comprobación concreta de la importancia de la observación solar la constituye el sitio de Alta Vista, en el actual estado de Zacatecas, que se encuentra construido casi exactamente sobre el trópico de Cáncer (23°27'N) y se remonta a la época teotihuacana. Las recientes mediciones de Aveni, Hartung y Kelley <sup>27</sup> demuestran que en Alta Vista se hicieron tanto observaciones del solsticio de verano como de los equinoccios. Sin duda esta localización fue escogida deliberadamente con la finalidad de la observación solar, puesto que allí el Sol "da la vuelta" en su curso anual. En este lugar el Sol alcanza el cenit sólo una vez al año, fecha que coincide con el día del solsticio (figura 19).

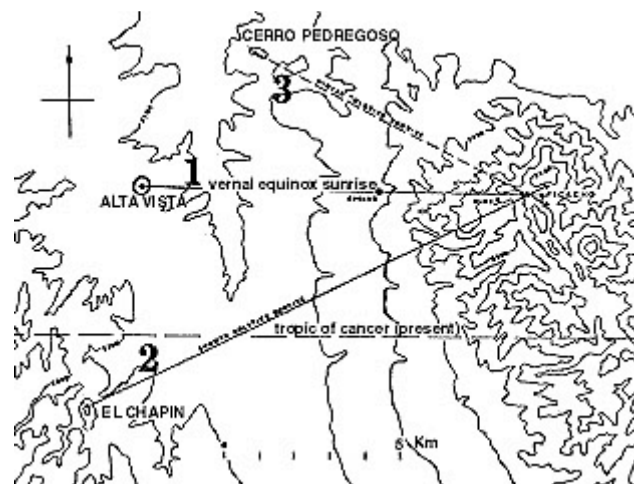


Figura 19. Alta Vista situado en el trópico de Cáncer. Doble alineamiento astronómico hacia el Cerro Picacho (2800 m): 1) hacia la salida del Sol en los equinoccios observada desde las ruinas del Laberinto de Alta Vista, pasando por un ojo de agua y una mina de turquesa hasta Cerro Picacho; 2) hacia la salida del Sol en el solsticio de verano observada desde las cruces punteadas en el Cerro El Chapín; y 3) un alineamiento hipotético hacia la salida del Sol en el solsticio de invierno (línea de rayas cortas) con un posible punto de observación en el Cerro Pedregoso. Se marca también la posición presente del trópico de Cáncer (línea de rayas largas). (Según Aveni, Hartung y Kelley, 1982, figura 5.)

Hay otros casos en los cuales la combinación de fenómenos solares y estelares influyó en la orientación de los edificios. Particular importancia tenían las salidas helíacas de constelaciones o estrellas <sup>28</sup> cuando éstas anunciaban el primer paso del Sol por el cenit. Estos eventos astronómicos también permiten sugerir la fecha de la construcción del edificio respectivo. Encontramos tales relaciones con las Pléyades en Teotihuacán (150 d.C.), con Capella en Monte Albán (250 a.C.) y con las Pléyades y Aldebarán en la Ventana I del Caracol de Chichén Itzá (100 d.C.).<sup>29</sup> Se trata de fenómenos llenos de implicaciones para la interpretación más amplia de la cosmovisión prehispánica. El primer paso del Sol por el cenit se vincula en las latitudes geográficas de Mesoamérica con el comienzo de la estación de lluvias. Este fenómeno climatológico tiene, a su vez, una implicación directa con la agricultura indígena. Desde tiempo inmemorial, cuando se acerca la

fecha del primer paso del Sol por el cenit, los campesinos llevan a cabo las siembras en el ciclo de temporal. Costumbres prehispánicas se mezclaron en este caso con ritos impuestos por la Iglesia católica después de la conquista, y sobreviven hasta el día de hoy en la fiesta de la Santa Cruz el 3 de mayo, en la cual se pide por la fertilidad y la lluvia, y se bendice el maíz para la siembra.[30](#)

## LA FUNCIÓN SOCIAL DEL CALENDARIO PREHISPÁNICO

Hemos visto que la observación del primer paso del Sol por el cenit durante mayo, el mes más seco y caluroso del año, establecía la vinculación con la llegada de las lluvias, e indirectamente también con las actividades sociales. Los objetivos de este tipo de observaciones, hechas por los sacerdotes en una labor paciente de siglos, estaban íntimamente vinculados con la vida económica —el cumplimiento exitoso de los ciclos agrícolas—, de lo cual derivaba también la importancia del calendario; al mismo tiempo el calendario regulaba la vida social, y su dominio fue importante en la legitimación del poder de los sacerdotes-gobernantes.

Al preguntarnos sobre la función del calendario y de la astronomía en la sociedad prehispánica, conectamos esta cuestión con los demás aspectos socioculturales. La etnohistoria y la antropología son las disciplinas que han desarrollado este tipo de análisis. Una de sus aportaciones fundamentales al estudio interdisciplinario de la arqueoastronomía consiste en considerar el desarrollo de la astronomía en su estrecha interacción con los ritos, la agricultura y la sociedad.[31](#)

De su vinculación con las actividades económicas se derivaba el importante papel que tenía el calendario en la vida diaria, mientras que su sacralización era la base de su enorme poder religioso. La íntima relación que existía entre economía, religión y observación de la naturaleza hizo posible que los sacerdotes-gobernantes actuaran *aparentemente* sobre los fenómenos que regulaba el calendario. Así, calendario y astronomía proporcionaban también elementos esenciales de la cosmovisión e ideología de esta sociedad. Ya que se basaban en la observación de ciclos naturales y fenómenos recurrentes, daba a quien los manejaba *la apariencia* de controlar estos fenómenos y de poder provocarlos deliberadamente.

En las fechas significativas, el calendario imponía la celebración de ciertas ceremonias. Estas sólo podían realizarlas los sacerdotes-gobernantes, ya que ellos tenían el monopolio del culto estatal. Aunque íntimamente relacionado con la agricultura, este culto tenía lugar en las grandes pirámides que formaban el centro del asentamiento urbano y eran al mismo tiempo el símbolo territorial del poder político. De esta manera, la clase dominante aparecía como indispensable para dirigir el culto, del cual dependía la recurrencia de los fenómenos astronómicos y climatológicos, que a su vez eran una condición necesaria y real para que crecieran las plantas y se cumplieran exitosamente los ciclos agrícolas. *El culto como acción social producía una transferencia de asociaciones que invertía las relaciones de causa y efecto haciendo aparecer los fenómenos naturales como consecuencia de la ejecución correcta del ritual.* De este nexo derivaba un factor sumamente importante para la legitimación del poder político en el estudio prehispánico.[32](#)

Aunque el conocimiento astronómico daba a los sacerdotes gobernantes una firme base para predecir los fenómenos naturales, estos últimos, sin embargo, conservaban siempre un aspecto incognoscible y misterioso. La recurrencia de los ciclos de los astros nunca era completamente simétrica: el ciclo más regular era el solar; que variaba sólo un día cada cuatro años. Los ciclos de la Luna y de los planetas eran aún menos regulares y más difíciles de predecir, y de hecho sólo algunos de los planetas fueron conocidos en el mundo prehispánico. Si bien es cierto que la legitimación del poder de los sacerdotes-gobernantes se vinculaba con su dominio del calendario, al mismo tiempo ellos fueron víctimas del sistema cosmogónico que habían creado, pues estaban obsesionados por predecir los fenómenos recurrentes, por encajarlos dentro de la armonía perfecta de los ciclos calendáricos y por plasmar estas relaciones en la arquitectura de sus centros sagrados.

## REFLEXIONES FINALES

El estudio del culto prehispánico muestra la importancia que tenía el calendario en su aplicación a la vida social. Por estas razones llegó a desempeñar también un papel decisivo en la legitimación del poder. Si bien hemos analizado aquí la vinculación entre calendarios y astronomía, debe señalarse que ambos no son idénticos, pues el calendario, como creación humana, constituye tanto un logro científico como un sistema social. El calendario es *vida social*, y el esfuerzo de su elaboración consiste precisamente en buscar denominadores comunes para ser aplicados tanto a la observación de la naturaleza como a la sociedad. Es muy importante tener claridad en esto para poder profundizar en el futuro en la investigación de tales aspectos.

Las civilizaciones arcaicas se caracterizan, por lo general, por la "polivalencia funcional" de sus instituciones. Es decir, las instituciones económicas no pueden estudiarse desligadas de las instituciones sociales, políticas e ideológicas, puesto que todas ellas forman un todo inseparable.<sup>33</sup> Sólo en la sociedad industrial moderna estas instituciones se vuelven entidades claramente delimitadas que desarrollan, cada una, su dinámica propia. Hoy día, las ciencias se han emancipado del contexto religioso y la búsqueda del conocimiento es una tarea profana del científico-intelectual. No era así en las civilizaciones arcaicas, donde los primeros conocimientos científicos se desarrollaron en una íntima vinculación con la vida religiosa y social. La sede de la labor intelectual de los astrónomos-sacerdotes prehispánicos fueron los templos, que simultáneamente eran el símbolo del poder político. El auge que tuvieron las observaciones astronómicas a partir del primer milenio a.C. en Mesoamérica se conecta con los procesos socioeconómicos del surgimiento de la sociedad agrícola altamente productiva, su diferenciación interna en clases sociales y la formación de los primeros estados mesoamericanos. La astronomía, los calendarios, las matemáticas y la escritura expresan el surgimiento del conocimiento exacto en la civilización prehispánica. Es, pues, una tarea importante integrar los campos especializados de la investigación monográfica dentro de una historia general de las ciencias en Mesoamérica y reivindicar estos temas como legítimo campo de estudio, tan legítimo como la investigación sobre las bases materiales y la organización social en el mundo prehispánico.

La arqueoastronomía como estudio interdisciplinario que reúne la astronomía, la geografía cultural, la arqueología, la historia y la antropología, puede hacer una contribución significativa a la historia de la ciencia prehispánica. De la antropología y del estudio comparado de las civilizaciones arcaicas, derivan sus preocupaciones teóricas sobre la función social del conocimiento exacto en relación con las demás instituciones de la sociedad prehispánica. Con la arqueología y la historia, comparte su interés en concebir el estudio del área mesoamericana como una unidad geográfica y cultural; toda esta área se caracterizaba por las bases comunes de sus conocimientos astronómicos y calendáricos, conocimientos que tienen su origen histórico en la región comprendida entre Oaxaca, la costa sur del Golfo y el área maya. Otra aportación importante de la arqueoastronomía consiste, finalmente, en hacernos conscientes de la necesidad del enfoque interdisciplinario, si queremos plantear temas de un interés sociocultural que trascienda los estrechos límites del estudio monográfico del pasado.

## BIBLIOGRAFÍA

Aaboe, A., *ms.*; "What Every Young Person Ought to Know About Naked-eye Astronomy".

Aveni, A. F., *Archaeoastronomy in Precolumbian America*, University of Texas Press, Austin, 1975.

—, (compilador), *Native American Astronomy*, University of Texas Press, Austin, 1977.

—, *Skywatchers of Ancient Mexico*, University of Texas Press, Austin, 1980.

—, "Archaeoastronomy", *Advances in Archaeological Method and Theory*, vol. 4, 1-77, 1981.

—, H. Hartung y B. Buckingham, "The Pecked Cross Symbol in Ancient Mesoamerica", *Science* 202, 267-279, 1978.

—, H. Hartung y J. C. Kelley, "Alta Vista (Chalchihuites): Astronomical Implications of a Mesoamerican Ceremonial Out-post at the Tropic of Cancer", *American Antiquity*, vol. 47, núm. 2, 316-335, 1982.

—, y G. Urton (compiladores), *Ethnoastronomy and Archaeoastronomy in the American Tropic*, Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 385, Nueva York, 1989.

Baity, E. C., "Some Implications of Astro-Archaeology for Americanists", *Actas del XXXVIII Congreso Internacional de Americanistas, Munich*.

—, "Archaeoastronomy and Ethnoastronomy so far" *Current Anthropology*, vol. 14, núm. 4, 389-449, 1973.

Bloch, M., *Análisis marxistas y antropología social* Anagrama, Barcelona, 1977.

Broda, J., *The Mexican Calendar*, Acta Ethnologica et Lingüistica, Viena, 1969.

—, "Cosmovisión y estructuras de poder en la evolución cultural mesoamericana", en *Comunicaciones: Simposio de la Fundación Alemana para la Investigación Científica*, vol. 15, 165-172, Puebla, 1978.

—, 1982a "Astronomy, Cosmvision and Ideology in Prehispanic Mesoamerica", en A. F. Aveni y Urton C. J. (compiladores), 1982, 81-110.

—, 1982b, "La fiesta azteca del Fuego Nuevo y el culto de las Pléyades", en F. Tichy (compilador) 1982, 129-158.

—, *ms.*, "Ciclos agrícolas en el culto: un problema de la correlación del calendario mexicana", por publicarse en Aveni, A. F. y Brotherston (compiladores), *Native American Calendars and Calendar Correlations*, Oxford University Press (en preparación).

Caso, A., *Los calendarios prehispánicos*, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México, 1967.

Carrasco, P., "La economía del México prehispánico", en P. Carrasco., y J. Broda (compiladores), 1978, 13-74.

—, J. Broda (compiladores), *Economía política e ideología en el México prehispánico*, Nueva Imagen-CISINAH, Mexico.

Coe, M., 1975, "Native Astronomy in Mesoamerica", en A. F. Aveni, (compilador), 1977, 111-129.

Durson, E. G., *Orientations of Mesoamerican Structures: A Study in Astroarchaeology*, Tesis de maestría, Universidad de las Américas, México, 1968.

Fuson, R. H., "The Orientation of Mayan Ceremonial Centers", en *Association of American Geographers, Annals*, 59, 494-511, Washington, 1969.

Harleston Jr, H., "The Teotihuacan Marker System: Solar Observations and Geodesic Measurement", ponencia presentada en el XLII *Congreso Internacional de Americanistas*, París, 1976.

Hartung, H., "Consideraciones sobre los trazos de centros ceremoniales mayas", en *Actas del XXXVIII Congreso Internacional de Americanistas*, vol. IV, 17-26, Stuttgart-Munich, 1972.

—, "Bauwerke der Maya weisen zur Venus", en *Umschau in Wissenschaft und Technik*, 76, Cuaderno 16, 526-528, Frankfurt, 1976.

—, 1977, "Ancient Architecture and Planning: Possibilities and Limitations for Astronomical Studies", en A. F. Aveni, (compilador), 1977, 111-129.

Harvey H. R., y B. J. Williams, "La aritmética azteca: Notación posicional y cálculo de área", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 38, 22-81, CONACYT, México, 1981.



Hawkins, G. S., *Stonehenge Decoded*, Delta-Dell, Nueva York, 1965.

Iwaniszewski, S., "Arqueoastronomía y ciencia", Conferencia presentada en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, 25.1.1982, México, 1982.

Katz, F., *The Ancient American Civilizations*, Wiedenfeld y Nicholson, Londres, 1972.

Malmström, V. H., "Origin of the Mesoamerican 260-day Calendar". *Science* 181, 939- 941, Washington, 1973.

—, "Architecture, Astronomy and Calendrics in Pre-Columbian Mesoamerica", en R. A. Williamson. (compilador), *Archaeoastronomy in the Americas*, 1981, 249-261.

Marcus, J., "Los orígenes de la escritura en Mesoamérica", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 24, 35-52, CONACYT, México, 1979.

Marquina, I., *Arquitectura prehispánica*, INAH, México, 1964.

Merrill, R. H., "Maya Sun Calendar Dictum Disproved", *American Antiquity*, vol. 10, núm. 3, 307-311, 1945.

Neugebauer, O., *The Exact Sciences in Antiquity*, Harper and Brothers, Nueva York, 1962.

Nuttall, Z., "La Observación del paso del Sol por el cenit por los antiguos habitantes de la América tropical", Publicaciones de la SEP, vol. 17, núm. 20, Talleres gráficos de la Nación, México, 1928.

Olivera, M., "Huémiltl de mayo en Citlala: ¿Ofrenda para Chicomecoatl o para la Santa Cruz?", en *Mesoamérica: Homenaje al Dr. Paul Kirchhoff*, Barbro Dahlgren (compilador), SEP-INAH, 143-158, México, 1979.

Palacios, E. J., "La orientación de la pirámide de Tenayuca y el principio del año y del siglo indígenas", *Actas del XXV Congreso Internacional de Americanistas*, 125-148, La Plata, 1934.

Ponce de León, A., *Fechamiento arqueoastronómico en el altiplano de México*, 1982.

Ricketson Jr. O. G., "Astronomical Observatories in the Maya Area", *Geographical Review* 18, 215-225, 1928.

Ruppert, K., 1925, *The Caracol at Chichen Itza, Yucatan, Mexico*, Carnegie Institution of Washington Publications, núm. 454, Washington, 1935.

Solla Price, D., *Science since Babylon*, Yale University Press, New Haven, 1978.

Sugiura Yamamoto, Y., "La ciencia y la tecnología en el México antiguo", *Ciencia y Desarrollo*, núm. 43, 112-141, CONACYT, México, 1982.

Terray, E., "Clase y conciencia de clase en el reino aborígenes de Gyamán", en M. Bloch, (compilador), 1977, 105-162.

Richy, F., "Ordnung und Zuordnung von Raum und Zeit im Weltbild Altamerikas, Mythos oder Wirklichkeit?", *Iberoamerikanisches Archiv*, año 2, núm. 2, 113-154, Berlín, 1976.

Tichy, F., "El calendario solar como principio de ordenación del espacio para poblaciones y lugares sagrados", *Simposio de la Fundación Alemana para la Investigación Científica, Comunicaciones*, 15, 153-164, Puebla, 1978.

—, 1979, "Configuración y coordinación sistemática de espacio y tiempo en la visión del mundo de la América antigua: ¿Mito o realidad?", *Humboldt*, Año 2, núm. 69, 42-60, F. Bruckmann, Munich, 1979.

Tichy, F., "¿Es el calendario de fiestas de Sahagún verdaderamente un calendario solar?", en H. A. Steiger y J. Schneider, (compiladores), *Economía y conciencia social en México*, 67-87, UNAM-ENEP Acatlán, México, 1981.

—, "The Axial Direction of Mesoamerican Ceremonial Centers on 17°N of W and their Associations to Calendar and Cosmivision", en F. Tichy, (compilador), 1982, 63-83.

—, *ms.*, "Sonnenbeobachtungen und Agrarkalender in Mesoamerika", en *Homenaje a Gerdt Kutscher*, Gebrüder Mann, Berlín (en prensa).

—, (compilador), *Space and Time in the Cosmivision of Mesoamerica*, *Lateinamerika-Studien* 10, Universität Erlangen-Nuremberg, Wilhelm Fink Verlag, Munich, 1982.

Williamson R. A., (compilador), *Archaeoastronomy in the Americas*, *Ballena Press Anthropological Paper* núm. 22, Ballena Press/Center for Archaeoastronomy, Maryland, 1981.

Wolf, E., *Pueblos y culturas de Mesoamérica*, Era, México, 1967.

## NOTAS

[1](#) La visita a este lugar es una experiencia inolvidable; fue posible gracias a la invitación del jefe del Observatorio, doctor Miguel Roth.

[2](#) Mientras que en el observatorio de Tonantzintla, Puebla, los astrónomos de la UNAM cuentan hoy día con 10 a 30 noches fotométricas al año, propicias para hacer las mediciones exactas, en San Pedro Mártir se calcula que son unas 200 noches aproximadamente. (Agradezco ésta y otras aclaraciones a la maestra Lucrecia Maupomé del Instituto de Astronomía de la UNAM.)

[3](#) Neugebauer, 1962: 1, 2.

[4](#) Aveni, 1981; Hawkins, 1965.

[5](#) Solla Price, 1978.

[6](#) Caso, 1967; Broda, 1969.

[7](#) Broda, 1982b: 129-158.

[8](#) Malmström, 1973.

[9](#) Marcus, 1979; Broda, 1969: 77-81.

[10](#) Estas inscripciones registran el *baktún*'7, que es anterior a los *bakatus* 8, 9 y 10 de los mayas clásicos (Aveni 1981; Marcus, 1979).

[11](#) Marcus, 1979: 50.

[12](#) *Cfr.* Wolf, 1967; Katz, 1972; Carrasco y Broda (comps.), 1978.

[13](#) *Cfr.* Broda, 1969.

[14](#) *Cfr.* las bibliografías en Aveni, 1980 y Tichy (comp.), 1982.

[15](#) Sugiura Yamamoto, 1982.

[16](#) Harvey y Williams, 1981.

[17](#) Cfr Aveni, 1980: caps. 3, 5; 1981.

[18](#) Cfr. Nuttall, 1928; Ricketson, 1928; Palacios, 1934; Ruppert, 1935; Merrill, 1945; Marquina, 1964; Durson, 1968; Fuson, 1969; Baity, 1969, 1973; Coe, 1975; Harleston, 1976. Cfr. la bibliografía citada en Aveni, 1980.

[19](#) Aveni (comp.), 1975, 1977; Aveni, 1980, 1981; Aveni, Hartung y Buckingham, 1978; Aveni, Hartung y Kelley, 1982; Aveni y Urton (comps.), 1982; Hartung, 1972, 1976, 1977.

[20](#) Ponce de León, 1982. Cfr. la lámina.

[21](#) Iwaniszewski, 1982.

[22](#) Una de sus aportaciones significativas es haber encontrado la unidad prehispánica de dividir el círculo en 80 unidades de 4.5° (Tichy, 1976, 1978, 1979, 1981, 1982, ms.; Tichy (comp.), 1982). (Cfr. la figura 8.) De la figura 8 en adelante (8-19), amplié los comentarios a las figuras con unos textos explicativos mas extensos de los que vienen en los originales. (J.B.).

[23](#) Cfr. Aveni, 1980: cap. III; Aaboe, *ms*.

[24](#) Por ejemplo, las "*pecked crosses*" o "cruces punteadas" que se han encontrado en Teotihuacán y sus alrededores, pero también en otros lugares de Mesoamérica, desde Alta Vista en el trópico de Cáncer por el norte hasta el área maya por el sur. Son unos petroglifos en forma circular, punteados mediante percusión, que se relacionan con la planeación de sitios, la observación astronómica, el calendario y la cosmovisión (cfr. Aveni, 1980: 222-233; Aveni, Hartung y Buckingham, 1978). (Cfr. figura 9.)

[25](#) Cfr, Aveni, 1980: cap. III, *Apéndice C, tablas 9 y 10* de los acimuts de las salidas y puestas helíacas de estrellas en la latitud de 21°N, entre 1500 a. C, y 1500 d.C.

[26](#) Tichy, *ms*.

[27](#) Aveni, Hartung y Kelley, 1982; Aveni, 1980: 227-229.

[28](#) El primer orto anual de una constelación en la cual ésta se ve al amanecer antes de la salida del Sol.

[29](#) Cfr. Aveni, 1980: 222-226, 246-257, 258-269.

[30](#) Olivera, 1979; Broda, *ms*.

[31](#) Cfr. Broda, 1978, 1982a, *ms*.

[32](#) Broda, 1982a.

[33](#) Para una discusión de la "polivalencia funcional" de las instituciones precapitalistas, cfr Terray 1977; otro término que se ha usado es el de "fusión institucional". Cfr. Carrasco, 1978.