

ORIENTACIONES ASTRONÓMICAS EN LA ARQUITECTURA DE MESOAMÉRICA

Oaxaca y el Golfo de México

Ivan Šprajc y Pedro Francisco Sánchez Nava

PROSTOR, KRAJ, ČAS



PROSTOR, KRAJ, ČAS 8

Orientaciones astronómicas en la arquitectura de Mesoamérica: Oaxaca y el Golfo de México

Ivan Šprajc

Pedro Francisco Sánchez Nava

Založba ZRC

Ljubljana 2015

PROSTOR, KRAJ, ČAS 8

**ORIENTACIONES ASTRONÓMICAS EN LA ARQUITECTURA DE MESOAMÉRICA:
OAXACA Y EL GOLFO DE MÉXICO**

Ivan Šprajc y Pedro Francisco Sánchez Nava

Edición: Žiga Kokalj y Nataša Gregorič Bon

Fotografía: Ivan Šprajc

Publicado por: Inštitut za antropološke in prostorske študije,
ZRC SAZU

Editorial: Založba ZRC

Responsable: Oto Luthar

CIP – Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

72.031.2(399.7)(0.034.2)

521.9:72.031.2(399.7)(0.034.2)

903/904(726/727)(0.034.2)

006.951(399.7)(0.034.2)

ŠPRAJC, Ivan, 1955-

Orientaciones astronómicas en la arquitectura de Mesoamérica [Elektronski vir] : Oaxaca y el Golfo de México / Ivan Šprajc, Pedro Francisco Sánchez Nava ; [fotografía Ivan Šprajc]. - El. knjiga. - Ljubljana : Založba ZRC, 2015. - (Prostor, kraj, čas, ISSN 2335-4208 ; 8)

ISBN 978-961-254-816-2 (pdf)

1. Sánchez Nava, Pedro Francisco

280983552

Način dostopa (URL): <http://zalozba.zrc-sazu.si/p/P08>

© 2015, autores, Založba ZRC, ZRC SAZU. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra podrá ser reproducida o transmitida en forma alguna y por ningún medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación, o por cualquier otro sistema de almacenamiento de información, sin previa autorización de los propietarios de los derechos de autor.

Abstract

This monograph presents the results of a systematic study of astronomical significance of orientations in prehispanic architecture of two sub-areas of Mesoamerica. The alignment data for a number of civic and ceremonial buildings were collected with field measurements at 42 archaeological sites in the cultural regions of Oaxaca and the Gulf of Mexico. Assuming that each is characterized by certain cultural peculiarities, we analyzed the data from the two regions separately, employing a more rigorous methodology than most of the former studies. The results of the analyses indicate that the orientations were functional predominantly or exclusively in the east-west direction, largely marking sunrises and sunsets on certain dates, but the existence of some orientations to lunar standstill positions on the horizon is also very likely. The distribution of intervals that delimit the dates recorded by solar orientations exhibits concentrations around some multiples of 13 and 20 days. The distribution of dates in the year, the similarities with alignment patterns in other parts of Mesoamerica, and contextual data, including ethnographic information, suggest that the orientations recording the Sun's positions had a practical function: allowing the use of observational calendars composed of elementary periods of the formal calendrical system and their multiples, they facilitated the prediction of important dates in the seasonal cycle and, thereby, an efficient scheduling of agricultural activities and the associated rituals. In many cases the buildings' main facades or entrances face the directions argued to have been astronomically functional, thus reinforcing our interpretations. At some sites we noticed that, observing from the main building or architectural group, a prominent mountain top on the local horizon corresponds to the Sun's position on the dates that, for being commonly recorded by architectural orientations, must have been significant and which, moreover, could have been incorporated, together with those recorded by orientations at the site, in a single observational calendar composed of calendrically significant intervals. These cases, as well as the structures oriented not only astronomically but also to a prominent horizon feature, imply that some buildings were erected on the places selected on the basis of both astronomical and topographic criteria. While some conspicuous peaks are located along the buildings' east-west axes and could have served as foresights facilitating observations, others are placed along the north-south axes, suggesting that the alignments to the hilltops, in general, reflect the importance of the mountains, associated with water and fertility, in the Mesoamerican world view. Even if the orientation patterns in Oaxaca and along the Gulf Coast exhibit some differences, the norms dictating the orientation—and often also the location—of important buildings were evidently based on the same principles, in which the astronomical and calendrical considerations were intertwined with the concepts about the surrounding landscape. Aside from providing a deeper insight into the ideas involved in the architectural design and urban planning in the two research areas, the results of our study shed light on general trends in the evolution of orientation practices and on shared and divergent developments in different regions, thus contributing also to the understanding of the processes of cultural interaction along the history of Mesoamerica.

KEYWORDS

Mesoamerica, Oaxaca, Gulf Coast, archaeology, archaeoastronomy, prehispanic architecture, orientations, urban planning, world view, religion, calendar, agricultural cycle

Resumen

El libro presenta los resultados del estudio sistemático de las orientaciones en la arquitectura prehispánica de dos subáreas de Mesoamérica. Con las mediciones en campo obtuvimos datos sobre las orientaciones de los edificios cívicos y ceremoniales en 42 sitios arqueológicos en las regiones culturales de Oaxaca y el Golfo de México. Asumiendo que se distinguen por ciertas peculiaridades culturales, analizamos los datos de una y otra región por separado, empleando una metodología más rigurosa de la implementada en la mayoría de estudios anteriores. Los resultados de los análisis indican que las orientaciones eran astronómicamente funcionales ante todo o exclusivamente en sentido este-oeste, refiriéndose mayormente a las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas, pero también es probable la existencia de algunos alineamientos hacia las posiciones extremas de la Luna. En la distribución de los intervalos que separan las fechas registradas por las orientaciones solares son notables las concentraciones alrededor de algunos múltiplos de 13 y de 20 días. La distribución de las fechas en el año, las similitudes con los patrones de orientación en otras partes de Mesoamérica y los datos contextuales, incluyendo la información etnográfica, sugieren que los alineamientos solares posibilitaban el manejo de calendarios observacionales que, por estar compuestos de periodos básicos del calendario formal y sus múltiplos, facilitaban la predicción de las fechas importantes en el ciclo estacional y, con ello, la programación de las labores agrícolas y los rituales acompañantes. En muchos casos la entrada o la fachada principal del edificio, mirando en la dirección que, a partir del análisis de los datos, proponemos como astronómicamente funcional, refuerza nuestra interpretación de la orientación. En algunos sitios notamos que, observando en el edificio o grupo arquitectónico principal, un cerro prominente en el horizonte local corresponde a la posición del Sol en las fechas que, por ser comúnmente marcadas por orientaciones en la arquitectura, son significativas y, además, pudieron incorporarse, junto con las señaladas por las orientaciones en el sitio, en un solo calendario observacional, compuesto por intervalos calendáricamente significativos. Estos casos, así como las estructuras orientadas astronómicamente y, a la vez, hacia algún rasgo prominente en el horizonte, implican que algunos edificios debieron ser construidos en lugares seleccionados con base en criterios tanto astronómicos como topográficos. Aunque algunas cumbres, ubicadas a lo largo de los ejes este-oeste de las estructuras, pudieron servir como marcadores de eventos astronómicos, facilitando las observaciones, otras se localizan a lo largo de sus ejes norte-sur, por lo que las alineaciones hacia los cerros, en general, han de reflejar la importancia que tenían las montañas, relacionadas con el agua y la fertilidad, en la cosmovisión. Los patrones de orientación en Oaxaca y el Golfo de México manifiestan algunas diferencias, pero resulta evidente que las normas que dictaban la orientación –y en varios casos también la ubicación– de los edificios de mayor importancia partían de los mismos principios, en los que las consideraciones astronómicas y calendáricas estaban entrelazadas con los conceptos sobre el paisaje circundante. Además de profundizar en las ideas involucradas en el diseño arquitectónico y planeación urbana en las áreas investigadas, los resultados de nuestro estudio arrojan luz sobre las tendencias generales en la evolución de las prácticas de orientación y sobre los desarrollos compartidos y divergentes en distintas regiones, contribuyendo de esta manera también a la comprensión de los procesos de interacción cultural a lo largo de la historia de Mesoamérica.

PALABRAS CLAVE

Mesoamérica, Oaxaca, Costa del Golfo de México, arqueología, arqueoastronomía, arquitectura prehispánica, orientaciones, planeación urbana, cosmovisión, religión, calendario, ciclo agrícola

Izvleček

Knjiga predstavlja rezultate sistematične raziskave astronomskega pomena orientacij v predšpanski arhitekturi dveh podobmočij Mezoamerike. Z meritvami na terenu smo pridobili podatke o usmeritvah ceremonialnih in upravnih stavb na 42 arheoloških najdiščih v kulturnih regijah, imenovanih Oaxaca in Obala Mehškega zaliva. Ob predpostavki, da je imela vsaka svojstveno kulturno podobo, smo analizirali podatke ločeno za eno in drugo, pri čemer smo uporabili bolj rigorozno metodologijo kot večina prej opravljenih študij. Rezultati analiz so pokazali, da so bile orientacije funkcionalne pretežno ali izključno v smeri vzhod-zahod in da se nanašajo povečini na Sončeva vzhajališča in zahajališča na določene datume, nekatere pa verjetno na skrajne položaje Lune na horizontu. V razporeditvi intervalov med datumi, ki jih registrirajo solarne orientacije, opazamo koncentracije okoli nekaterih mnogokratnikov 13 in 20 dni. Distribucija datumov v letu, podobnosti z vzorci orientacij v drugih predelih Mezoamerike in kontekstualni podatki, vključno z etnografskim gradivom, kažejo, da so solarne orientacije omogočale uporabo opazovalnih koledarjev, ki so prav zato, ker so jih sestavljale osnovne periode formalnega koledarja in njihovi mnogokratniki, olajševali napovedovanje ključnih trenutkov v letu, s tem pa tudi načrtovanje poljedelskih dejavnosti in s temi povezanih obredov. V mnogih primerih položaj vhoda ali glavne fasade stavbe sovpada s smerjo, za katero argumentiramo, da je bila astronomsko funkcionalna, in tako podpira naše interpretacije. Na nekaterih najdiščih smo opazili, da kak prominenten vrh na lokalnem horizontu, če opazujemo z glavne stavbe ali arhitekturne skupine, označuje Sončev položaj na datume, ki jih lahko ocenimo kot pomenljive, ker ustrezajo tudi usmeritvam v arhitekturi in ki jih je bilo mogoče, skupaj s tistimi, ki jih registrirajo orientacije na najdišču, vključiti v en sam opazovalni koledar, sestavljen iz koledarsko signifikantnih intervalov. Ti primeri, kot tudi stavbe, ki so usmerjene ne le astronomsko temveč hkrati tudi proti kakšni izstopajoči točki na lokalnem horizontu, navajajo k sklepu, da so bila mesta za gradnjo nekaterih stavb izbrana na osnovi tako astronomskih kot topografskih kriterijev. Medtem ko so nekatere stavbe usmerjene proti vrhovom na vzhodnem ali zahodnem horizontu, ki so torej označevali točke astronomskih pojavov in olajševali opazovanja, so druge orientirane proti vrhovom na severu ali jugu, zaradi česar tovrstne usmeritve najverjetneje odsevajo pogled na svet, v katerem je bil kult hribov, povezanih z vodo in rodovitnostjo, izrednega pomena. Čeprav se vzorci orientacij na območju Oaxaca nekoliko razlikujejo od tistih vzdolž Zalivske obale, je očitno, da so pravila, ki so narekovala usmerjanje – in v mnogih primerih tudi lokacijo – pomembnejših stavb temeljila na istih principih, v katerih so bila astronomska in koledarska načela prepletena s pojmovanji o okoliški pokrajini. Poleg tega, da rezultati študije omogočajo bolj poglobljeno razumevanje idej, vpletenih v arhitekturno in urbano načrtovanje na območjih raziskave, obenem osvetljujejo splošne tendence v razvoju praks orientiranja ter skupne in razhajajoče se razvojne poti v posameznih regijah, s čimer prispevajo tudi k razumevanju procesov kulturne interakcije v zgodovini Mezoamerike.

KLJUČNE BESEDE

Mezoamerika, Oaxaca, Obala Mehškega zaliva, arheologija, arheoastronomija, predšpanska arhitektura, orientacije, urbano planiranje, pogled na svet, religija, koledar, poljedelski cikel

Índice

Lista de figuras.....	iii
Lista de tablas.....	v
Agradecimientos.....	vi
1. Introducción.....	1
2. Metodología.....	5
3. Análisis de los datos.....	11
Azimuts.....	15
Declinaciones.....	17
Orientaciones solares: fechas e intervalos.....	25
4. Comentarios sobre orientaciones particulares.....	29
Oaxaca.....	29
Atzompa, Oaxaca.....	29
Bocana del Río Copalita, Oaxaca.....	29
Caballito Blanco, Oaxaca.....	30
Dainzú, Oaxaca.....	32
Guiengola, Oaxaca.....	32
Huamelulpan, Oaxaca.....	33
Lambityeco, Oaxaca.....	33
Mitla, Oaxaca.....	33
Monte Albán, Oaxaca.....	35
Monte Negro, Oaxaca.....	41
Río Viejo, Oaxaca.....	42
San José Mogote, Oaxaca.....	44
Tehuacán Viejo, Puebla.....	49
Yagul, Oaxaca.....	49
Zaachila, Oaxaca.....	52
Golfo de México.....	52
Abasolo del Valle, Veracruz.....	52
Cantona, Puebla.....	53
Castillo de Teayo, Veracruz.....	56
Cempoala, Veracruz.....	56
Chiapa de Corzo, Chiapas.....	57
Cuajilote, Veracruz.....	58
Cauhtochco, Veracruz.....	58
Cuyuxquihui, Veracruz.....	59
Dagamal Santa Rosa, Veracruz.....	60
El Guayabal, Veracruz.....	60
El Tajín, Veracruz.....	60
La Joya, Veracruz.....	64

La Venta, Tabasco	65
Laguna de los Cerros, Veracruz	66
Las Flores, Tamaulipas	69
Los Azules, Veracruz	69
Los Ídolos, Veracruz.....	72
Malpasito, Tabasco	72
Medias Aguas, Veracruz.....	72
Paxil (Misantla), Veracruz.....	74
Quiahuiztlán, Veracruz	74
San Lorenzo, Veracruz	76
Tamohi, San Luis Potosí	77
Tamtoc, San Luis Potosí	78
Tres Zapotes, Veracruz	79
Vega de la Peña, Veracruz	79
Yohualichan, Puebla	80
5. Alineamientos astronómicos y el contexto cultural	81
Patrones de orientación	81
Disposición de los edificios y la direccionalidad de las orientaciones.....	85
Orientaciones y el paisaje circundante.....	86
Uso y significado de las orientaciones.....	88
Perspectiva diacrónica	92
6. Conclusiones.....	97
Bibliografía.....	101

Lista de figuras

3.1.	Distribución de frecuencias de los azimuts norte y este de las orientaciones en Oaxaca....	16
3.2.	Distribución de frecuencias de los azimuts norte y este de las orientaciones en la Costa del Golfo.....	16
3.3.	Distribución de frecuencias de las declinaciones norte y sur, correspondientes a las orientaciones en Oaxaca.	18
3.4.	Distribución de frecuencias de las declinaciones norte y sur, correspondientes a las orientaciones en la Costa del Golfo.	18
3.5.	Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste, correspondientes a las orientaciones en Oaxaca.	19
3.6.	Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste, correspondientes a las orientaciones en la Costa del Golfo.	19
3.7.	Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones este y oeste en las dos áreas de estudio.	20
3.8.	Distribución de frecuencias relativas de las fechas registradas por las orientaciones en los horizontes este y oeste.....	25
3.9.	Distribución de frecuencias relativas de los intervalos que separan las fechas este y oeste.....	26
4.1.	Caballito Blanco, área central (plano de: Schávelzon 2009: fig. 4).....	30
4.2.	Caballito Blanco, Estructura A, vista hacia el oriente a lo largo del muro sur. Nótese la alineación aproximada hacia el cerro al fondo.....	31
4.3.	Mitla, vista desde El Calvario (templo del Grupo de Adobe) hacia el oriente; el cerro prominente al fondo marca las salidas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre.....	34
4.4.	Monte Albán, Edificio VG-E (Enjoyado), vista hacia el oriente a lo largo de un muro. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.	36
4.5.	Monte Albán, Edificio W, vista hacia el oriente a lo largo de un muro. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.....	36
4.6.	Monte Albán, Edificio M, vista hacia el sur a lo largo de uno de los paramentos frontales de la estructura superior. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.	37
4.7.	Monte Negro, Templo T, vista hacia el norte a lo largo del par poniente de columnas. Nótese la alineación hacia el Cerro Verde al fondo.....	42
4.8.	Monte Negro, estructura al oriente del Templo T, vista hacia el norte a lo largo de un muro. Nótese la alineación hacia el Cerro Verde al fondo.	42
4.9.	Río Viejo, vista hacia el poniente a lo largo del brazo poniente de la Estructura 2. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.	43
4.10.	Río Viejo, puesta del Sol sobre el cerro en el horizonte poniente, el 21 de junio de 2012 (foto: cortesía de Arthur Joyce y Sarah Barber).	43
4.11.	San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo del pasillo entre las Estructuras 14 y 19.....	46
4.12.	San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo de los restos del muro sur de la Estructura 19B.	46
4.13.	San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo del muro norte de la Estructura 19.	47

4.14.	San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo de los restos del muro sur de la Estructura 19.....	47
4.15.	Yagul, Edificio U, vista hacia el oriente a lo largo del muro superior.....	50
4.16.	Yagul, Patio 1, vista hacia el norte a lo largo de un muro del edificio poniente. Nótese la alineación hacia el cerro en el horizonte.....	51
4.17.	Yagul, Patio 4, vista hacia el oriente a lo largo del frente sur del edificio norte (izquierda) y a lo largo de algunos escalones expuestos en el edificio sur (derecha). Nótese la alineación hacia la prominencia en el horizonte.	51
4.18.	Abasolo del Valle, conjunto principal (imagen: Google Earth).....	52
4.19.	Imagen de Google Earth del área a unos 6 km al norte del núcleo de Cantona (Unidad Norte, según García y Merino 1998: 194, fig. 1). Como se puede notar, todos los restos arquitectónicos del antiguo asentamiento exhiben aproximadamente la misma orientación, evidentemente independiente de la configuración del terreno natural y conservada incluso en la traza del poblado moderno de Francisco I. Madero (en la parte superior derecha).	55
4.20.	Cuahtochco, pirámide principal, vista hacia el noreste.	59
4.21.	El Tajín, vista hacia el oriente desde la parte alta de la Pirámide de los Nichos, a lo largo de varios paramentos alineados hacia el cerro al fondo.	62
4.22.	El Tajín, Pirámide de los Nichos, salida del Sol el 18 de marzo de 2013 (foto: cortesía de Patricia Castillo Peña). Nótese que el Sol se encuentra al norte de la dirección marcada por el paramento, ya que la fecha exacta de la alineación fue el 16 de marzo.	63
4.23.	Laguna de los Cerros, conjunto principal (imagen de Google Earth).	66
4.24.	Laguna de los Cerros, grupo principal, vista a lo largo de la plaza hacia el norte, con la Estructura 3 al fondo.....	67
4.25.	Laguna de los Cerros, grupo principal, vista desde la Estructura 3 hacia el sur.	67
4.26.	Laguna de los Cerros, grupo principal, vista hacia el norte a lo largo de la Estructura 13 (montículo alargado poniente). Nótese el cerro al fondo.....	68
4.27.	Los Azuzules, grupo oeste (imagen de Google Earth).	70
4.28.	Paxil, Edificio del Túnel, fachada norte.....	73
4.29.	Paxil, vista hacia el sur a lo largo de los escalones del Edificio de la Palma. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.....	73
4.30.	Quiahuiztlán, Estructura 2, vista hacia el norte a lo largo del borde poniente de la plataforma superior y del borde oriente de un cuerpo del edificio. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.	74
4.31.	Quiahuiztlán, Estructura 2, vista hacia el sur a lo largo del borde poniente de la plataforma superior, alineado hacia el Peñón de Bernal (o Cerro de los Metates).....	75
4.32.	Quiahuiztlán, Estructura 4, vista hacia el poniente a lo largo del eje central del edificio, orientado hacia el cerro en el horizonte.	75
4.33.	Tamtoc, vista hacia el poniente desde la estructura Paso del Bayo. Nótese la hondonada Puente de Dios en la parte sur (izquierda) del horizonte.....	78
4.34.	Vega de la Peña, El Palacio, vista hacia el poniente a lo largo de la columnata del pórtico principal. Nótese la cascada al fondo.	80

Lista de tablas

3.1.	Datos sobre las orientaciones en el área de estudio.....	12
3.2.	Orientaciones que probablemente registraban las salidas y puestas del Sol en los solsticios.....	21
3.3.	Orientaciones posiblemente relacionadas con los extremos lunares menores.....	23
3.4.	Orientaciones que podrían estar relacionadas con las puestas del Sol en los días de su paso por el cenit.....	23
4.1.	Esquema del posible calendario observacional de Mitla.....	34
4.2.	Esquema del posible calendario observacional de la Estructura 1 de Tehuacán Viejo.....	49
4.3.	Esquema de un posible calendario observacional, usado en Cantona en el Preclásico Tardío.....	53
4.4.	Esquema del posible calendario observacional del Templo del Sol (Gran Pirámide) de Cempoala.....	57
4.5.	Esquema del posible calendario observacional de la Pirámide de los Nichos y el Edificio 5 de El Tajín.....	63
4.6.	Esquema de un posible calendario observacional de la Plaza del Arroyo de El Tajín.....	64
4.7.	Esquema de otro posible calendario observacional de la Plaza del Arroyo de El Tajín.....	64
4.8.	Esquema de un posible calendario observacional de Tamohi.....	77
5.1.	Resumen de las relaciones entre las orientaciones analizadas, sus motivos astronómicos, los tipos de edificios, la ubicación de sus accesos, sus posiciones cronológicas y los cerros hacia los que están alineados. Los fenómenos que proponemos como determinantes de cada orientación se presentan en la cuarta columna y las direcciones en que fueron observados en la quinta. Para las orientaciones solares se citan las fechas correspondientes y, entre paréntesis, también los intervalos significativos (múltiplos de 13 o 20 días) que las separan. Si la orientación pudo tener dos referentes astronómicos distintos, se mencionan los dos, separados por coma; los eventos en horizontes opuestos y las correspondientes direcciones en la quinta columna están separados por punto y coma. En la sexta columna se indica la ubicación del acceso o de la fachada principal. Si la estructura está alineada a algún cerro en el paisaje circundante, aparece en la última columna la dirección en la que se localiza la prominencia. El significado de las abreviaturas es el mismo que en la tabla 3.1 (v. explicaciones al principio del capítulo 3).....	82

Agradecimientos

Esta investigación no se hubiera podido llevar a cabo sin el apoyo de numerosas personas que queremos mencionar, ofreciendo de antemano una disculpa por alguna omisión involuntaria.

En primer lugar agradecemos a los funcionarios del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México: a la Dra. Nelly M. Robles García, en sus funciones de Presidente del Consejo de Arqueología y Coordinadora Nacional de Arqueología, los arqueólogos Ernesto Rodríguez Sánchez y Susana Lam, Director y Subdirectora de Salvamento Arqueológico, la arqueóloga Silvia Meza Dávila y el geógrafo Rubén Escartín Adam, homólogos de los anteriores en el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, el Lic. Omar Pulido, administrador de la Coordinación Nacional de Arqueología, por las facilidades brindadas para el desarrollo de nuestra investigación, así como al infaltable José (Pepe) Ramírez, responsable del Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, quien nos facilitó planos, mapas, dibujos y demás información del área a ser trabajada.

Los arqueólogos Hernando Gómez Rueda, Luis Heredia, Omar Ruiz Gordillo, Arturo Pascual Soto y Jaime Cortés nos proporcionaron la información sobre diversos sitios de Veracruz, y Raúl Matadamas sobre Bocana del Río Copalita. Para la interpretación de los datos obtenidos en Cantona resultó fundamental la información proporcionada por el profesor Ángel García Cook. Trabajando en campo, encontramos el auxilio de los siguientes colegas: Arqlgo. José Luis Romero, Subdirector del Centro INAH Tabasco; maestras Patricia Castillo Peña y Guadalupe Espinoza, Directora y Subdirectora del Centro INAH Veracruz, respectivamente; Arqlgo. José Luis Cruz, Delegado del INAH en Veracruz; Arq. Eloy Pérez, Delegado del INAH en Oaxaca; Adolfo Vergara, director de la zona El Tajín; antropólogo social Jesús Trejo. Sisiyí Ruvalcaba apoyó nuestros trabajos en La Venta. En Oaxaca nos ayudó el arqueólogo Ángel Iván Rivera, quien de forma por demás generosa nos auxilió con bibliografía, apoyo en campo e información en torno a los sitios trabajados. Los colegas Jorge Ríos Allier y Guillermo Ramón Celis nos proporcionaron datos sobre los sitios del Valle de Oaxaca. En Monte Albán recibimos apoyos e información de los arqueólogos Miguel Ángel Cruz, director de la zona, y Lucía Cázares Munguía, encargada del Área de Conservación e Investigación, así como del Arq. Ricardo Garnica. Los doctores Arthur Joyce y Sarah Barber nos facilitaron el trabajo en Río Viejo y ofrecieron información sobre el sitio. Sobre el sitio de La Joya nos proporcionó la información la doctora Annick Daneels.

Agradecemos también a los custodios Ignacio González, de San Lorenzo Tenochtitlan; Miguel Zamorano, de Tres Zapotes; Mario Orozco Barragán, de El Zapotal; Benjamín López, de Malpasito; Juan Juárez Pérez, de Bocana del Río Copalita; Eloy Santiago, de Huamelulpan; José Luis Toral, de Guiengola; Gregoria García Pérez, de Cuyuxquihui; Genaro Vásquez, de Cuahtochco; Lino Colorado Moctezuma, de Cempoala; Heraclio Tejeda, de Cuajilote; Miguel Ángel Miñón, José Martín Muñoz y Agustín Cuellar, de Cantona.

Otras personas que con sus gestiones, guía e información proporcionada ayudaron a la consecución de nuestros objetivos fueron la Lic. María Fernanda Corral, encargada de FONATUR en el Parque Copalita; Prof. Delfino Miguel Cruz, Presidente Municipal de San Martín Huamelulpan, y Juan Pérez Hernández, Santiago Reyes y René Reyes, síndicos de ese municipio; Leobardo Basilio y Rodríguez, hijo del dueño del terreno donde está el sitio de Paxil. Eva Cenobio Valencia, Regidora de Turismo de Santiago Tilantongo, amablemente facilitó nuestras tareas en la zona arqueológica de Monte Negro. Felipe Duarte Lázaro apoyó nuestros trabajos en Dagamal

Santa Rosa. El Dr. Carlos Sigales González, Presidente Municipal de Jesús Carranza, Veracruz, nos auxilió en Las Limas. D. Rafael Terrones nos acompañó a la zona de Medias Aguas. D. Higinio Valencia, Comisario Ejidal en Cerro de las Mesas, nos dio las facilidades para tener acceso y trabajar el sitio. Dña. Felicitas Ramírez y su hijo el Dr. Rubén Rojas, dueños del terreno en el que está el sitio de Abasolo del Valle, permitieron nuestra visita e investigación.

Finalmente y de manera muy especial, toda nuestra gratitud para la Sra. Lourdes Camarena Martínez y el Lic. Luis Arturo Fonseca Camarena, dueños de la empresa FBC Datec, S.A. de C. V., por su patrocinio a este proyecto.

1 Introducción

El sublime orden celeste, que parece inmutable, hermoso y perfecto, ha cautivado la atención del ser humano desde tiempos inmemoriales. Los cuerpos celestes se mueven continuamente, pero sus trayectorias y velocidades son mayormente constantes y previsibles. Más aún, el hombre debe haber percibido –en épocas remotas ya– que diversos cambios observables en el cielo se repiten con el mismo ritmo que los cambios cíclicos en el medio ambiente, y que la periodicidad de los eventos celestes es mucho más exacta y estable que la de los demás cambios en la naturaleza: mientras que los fenómenos climáticos anuales –como el comienzo de la época de lluvias– se pueden adelantar o retrasar, los cambios cíclicos celestes nunca alteran su ritmo.

La observación de los cuerpos celestes, que permite computar el tiempo y, por tanto, predecir los cambios estacionales en la naturaleza, llegó a ser particularmente necesaria con el surgimiento de la agricultura, ya que este modo de subsistencia requiere el debido ordenamiento y la planeación de las labores en el ciclo anual. Por consiguiente, los conocimientos astronómicos ofrecían una ventaja adaptativa a la sociedad que contaba con mejores especialistas en la materia, puesto que posibilitaban una economía más eficaz. Es por ello que la astronomía adquirió gran importancia en estados tempranos, contribuyendo a la legitimación del poder del estrato gobernante; en este sentido, las civilizaciones prehispánicas de Mesoamérica no representan ninguna excepción (cf. Reyman 1975; Broda 1982: 104s; 1986: 95s).

Los datos sobre la astronomía de Mesoamérica se encuentran en fuentes escritas, tanto prehispánicas como coloniales, en la iconografía de los códices, murales, relieves, incluso en las supervivencias documentadas etnográficamente. Además, información muy importante sobre la astronomía prehispánica está plasmada en la disposición de vestigios arqueológicos en el espacio, sobre todo en las orientaciones materializadas en la arquitectura.

Los estudios realizados en las últimas décadas en algunas regiones de Mesoamérica han revelado que la distribución de las orientaciones en la arquitectura monumental no es uniforme, sino que exhibe grupos bien definidos, es decir, concentraciones de los azimuts alrededor de ciertos valores (cf. Aveni 1991; 2001; Aveni y Hartung 1986; Galindo 1994; Tichy 1991; Šprajc 2001). Desde hace tiempo ha sido evidente que la presencia de estos grupos en sitios diferentes y durante periodos prolongados sólo puede explicarse con el uso de referencias astronómicas sobre el horizonte (cf. Aveni y Hartung 1986: 7s). Sin embargo, los datos publicados sobre los alineamientos arquitectónicos eran deficientes, de precisión muy variable y, por ende, poco confiables para interpretaciones más detalladas (cf. Sánchez y Šprajc 2015: capítulo 2). Es por ello que, entre los años 2010 y 2013, realizamos un proyecto de investigación cuyo objetivo fue estudiar los aspectos astronómicos de la arquitectura y el urbanismo mesoamericanos de manera sistemática, empleando una metodología más rigurosa de la que había sido implementada en la mayoría de los estudios de esta índole. En cuatro temporadas obtuvimos, con mediciones en campo, los datos sobre las orientaciones en varias subáreas mesoamericanas. Los resultados se han presentado en los respectivos informes entregados al Instituto Nacional de Antropología e Historia (Sánchez y Šprajc 2011a; 2011b; 2012a; Sánchez *et al.* 2014). Los que conciernen a las tierras bajas mayas, también se publicaron en una monografía (Sánchez y Šprajc 2015) y varios artículos (Sánchez y Šprajc 2012b; 2012c; 2013; Šprajc y Sánchez 2012; 2013a; 2013b; Šprajc *et al.* 2013).

En la presente obra exponemos, analizamos e interpretamos la información que obtuvimos en las regiones de Oaxaca y el Golfo de México. En el capítulo 2 resumimos la metodología empleada en las mediciones, los cálculos, los análisis y la interpretación de los datos. Los análisis y sus resultados que permitieron el reconocimiento de patrones de orientación y sus referentes astronómicos se presentan en el capítulo 3. En el capítulo 4 comentamos las orientaciones particulares y otros detalles relacionados que fueron observados en cada sitio. La información presentada se resume en el capítulo 5, en el que también discutimos la disposición de las estructuras en relación con la direccionalidad propuesta de sus orientaciones, el papel de los cerros en la ubicación y orientación de edificios importantes, los datos contextuales que permiten interpretar el uso y el significado de los alineamientos y, finalmente, las variaciones temporales y regionales en las prácticas de orientación.

Los sitios de los que derivan los datos analizados se encuentran listados a continuación por regiones y en orden alfabético, acompañados por citas bibliográficas correspondientes.¹ La bibliografía no pretende ser exhaustiva; generalmente citamos las obras más recientes, que contienen los datos más actualizados sobre la temporalidad y otras características de las estructuras medidas, es decir, la información relevante para los fines de nuestra investigación y considerada en los análisis e interpretaciones (capítulos 3, 4 y 5). No omitimos mencionar que, aparte de las localidades listadas, también visitamos los sitios Cerro de la Campana, Cerro de las Minas y Yucuita en el estado de Oaxaca, y Las Limas y Las Higueras en Veracruz, pero las mediciones realizadas no arrojaron datos confiables, debido al estado actual de las estructuras.

Oaxaca:

Atzompa, Oaxaca (Aguirre 1986; Robles y Andrade 2011)
Bocana del Río Copalita, Oaxaca (Matadamas y Ramírez 2010; 2011)
Caballito Blanco, Oaxaca (Schávelzon 2009; 2010)
Dainzú, Oaxaca (Bernal y Oliveros 1988; Marcus y Flannery 2001: 65; Faulseit 2008; 2015)
Guiengola, Oaxaca (Peterson 1986; 1990; De la Cruz 2007: 316ss)
Huamelulpan, Oaxaca (Gaxiola 1984; 1986; Balkansky 1998; Joyce 2010: 168ss)
Lambityeco, Oaxaca (Lind 2001; 2011; Lind y Urcid 2010)
Mitla, Oaxaca (Marquina 1964: 371ss; Robles 1986; Joyce 2010: 274ss)
Monte Albán, Oaxaca (Marquina 1964: 311ss; Winter 1986a; 2001; 2011; Winter y Bartolomé 2001; Marcus 2008; 2009; Fahmel 1991; 1992a; Joyce 2009b; 2010; 2011; Urcid 2011)
Monte Negro, Oaxaca (Marquina 1964: 363s; Balkansky et al. 2004; Marcus 1999: 66s)
Río Viejo, Oaxaca (Joyce 2009a; 2010; Joyce y Barber 2011; Urcid y Joyce 1999; 2001)
San José Mogote, Oaxaca (Marcus 1999; Marcus y Flannery 2004; Fernández 2005; Fernández y Hueda 2008)
Tehuacán Viejo, Puebla (Sisson 1991-92; Márquez 1994; Arana y Castillo 1997)
Yagul, Oaxaca (Paddock 1955; Bernal y Gamio 1974; Robles 2011)
Zaachila, Oaxaca (Gallegos 1978; Paddock 1983; Winter 1986b; Joyce 2010: 264s, 271)

Golfo de México:

Abasolo del Valle, Veracruz (Heredia 2007)

¹ Algunos sitios, como Malpasito, Cantona, Chiapa de Corzo y Tehuacán Viejo, se encuentran en zonas limítrofes entre las subáreas culturales, por lo que su asignación a una u otra subárea es algo arbitraria.

Cantona, Puebla (García Cook 2004; 2007; 2009; García y Merino 1998; García y Martínez 2012)
 Castillo de Teayo, Veracruz (Marquina 1964: 458ss; Solís 1986)
 Cempoala, Veracruz (Brüggemann *et al.* 1991; Marquina 1964: 460ss; Melgarejo 1966)
 Chiapa de Corzo, Chiapas (Castillo Tejero 1992; G. Lowe 1995; L. Lowe 2012; Gallaga 2010; Bachand
 y Lowe 2011; Bachand 2013)
 Cuajilote, Veracruz (Cortés 1994)
 Cuauhtochco, Veracruz (Medellín Zenil 1952; 1960)
 Cuyuxquihui, Veracruz (Ruiz Gordillo 1986; 1987; 1992; Ruiz y García 2011)
 Dagamal Santa Rosa, Veracruz (Heredia 2007)
 El Guayabal, Veracruz (Heredia 2007)
 El Tajín, Veracruz (Marquina 1964: 422ss; Villalobos 1986; Rivera 1986; Brüggemann 1992;
 Brüggemann *et al.* 1992; Piña y Castillo 1999; Ladrón de Guevara 1999; 2010; Pascual 2006;
 Koontz 2009)
 La Joya, Veracruz (Daneels 2008; 2011)
 La Venta, Tabasco (Drucker *et al.* 1959; Gómez Rueda 1996: 95ss; González Lauck 1997; 1998; 2000;
 2007; Reilly 1999; Gillespie 2008; 2011; Grove 1999; Pool 2007)
 Laguna de los Cerros, Veracruz (Gómez Rueda 1996: 105ss; Cyphers 2004; Cyphers y Di Castro 2009;
 Borstein 2005)
 Las Flores, Tamaulipas (Ramírez 2000; 2009)
 Los Azuzules, Veracruz (Stark 1999; 2003)
 Los Ídolos, Veracruz (Cuevas y Ruiz 2012; Ruiz y Cuevas 2012; Vásquez 2012)
 Malpasito, Tabasco (García Moll 2003: 73; Cuevas Reyes 2004; 2005; 2006)
 Medias Aguas, Veracruz (Gómez Rueda 1996: 103ss; Lunagómez 2004; 2005; Heredia 2007; Borstein
 2005)
 Paxil (Misantla), Veracruz (Marquina 1964: 450ss; Ruiz Gordillo 1999)
 Quiahuiztlán, Veracruz (Izquierdo 1986; Arellanos 1997; Parra 1998)
 San Lorenzo, Veracruz (Coe 1968; Gómez Rueda 1996: 87ss; Grove 1999; 2007; González Lauck 2000;
 Pool 2007; Cyphers 1997; 2007; Cyphers y Di Castro 2009; Symonds y Lunagómez 1997)
 Tamohi, San Luis Potosí (Zaragoza 2003; 2007; 2013; Zaragoza y Dávila 2004; 2006; Rodríguez 2006;
 Kroefges y Schulze 2013)
 Tamtoc, San Luis Potosí (Ahuja 2006; Córdova y Martínez 2012; Córdoba *et al.* 2012; Dávila y
 Zaragoza 2002; Solís 2006; Kroefges y Schulze 2013)
 Tres Zapotes, Veracruz (González Lauck 2000; Diehl 2000; Pool 2007)
 Vega de la Peña, Veracruz (Cortés 1994; Mugarte 2011)
 Yohualichan, Puebla (Marquina 1964: 457s; Molina 1986; Ruiz Gordillo 1997)

2 Metodología

Los principios metodológicos que adoptamos y que incluyen los criterios de la selección de los alineamientos, las técnicas de medición y los procedimientos de cálculo se han presentado y justificado de manera exhaustiva en otros lugares (Šprajc 2001: 31ss; Sánchez y Šprajc 2011a; 2015), por lo que a continuación nos limitaremos a un resumen de los criterios más importantes.

En primer lugar cabe subrayar que cualquier alineamiento identificado en un contexto arqueológico o en un paisaje cultural puede relacionarse, con relativa facilidad, con algún fenómeno astronómico, pero la tarea más importante consiste en tratar de demostrar que tal relación no es fortuita. Para poder argumentar, de manera contundente, que la relación propuesta fue lograda intencionalmente, necesitamos evidencias contextuales independientes que sugieran un motivo astronómico para la alineación en cuestión (iconografía, fuentes escritas etc.), o bien, debemos contar con una muestra suficientemente grande de alineamientos comparables, relacionados con la misma posición (declinación) en la esfera celeste e incorporados en un conjunto coherente u homogéneo de rasgos arqueológicos (es decir, del mismo tipo y pertenecientes al mismo complejo cultural), o ambos tipos de datos (*cf.* Hawkins 1968: 49; Ruggles 1999; Aveni 2003: 153ss; Šprajc 2005). En Mesoamérica en general, las evidencias contextuales que permitan suponer que la orientación de un edificio fue motivada por consideraciones astronómicas son frecuentemente ambiguas y, en la mayoría de los casos, inexistentes. Es por ello que, para lograr los objetivos de nuestra investigación, fue indispensable contar con una cantidad suficientemente grande de datos confiables y homogéneos, que permitieran análisis e interpretaciones convincentes.

Las mediciones se efectuaron en las estructuras evidentemente relacionadas con prácticas religiosas y actividades públicas, asumiendo que los motivos astronómicos intervenían principalmente en la construcción y orientación de los edificios de este tipo. Si dos o más edificios prominentes, pertenecientes a un mismo grupo arquitectónico, comparten la misma orientación, ésta fue considerada como un solo alineamiento. Como lo comentamos en el capítulo 4, en relación con sitios particulares, es relativamente común que varios edificios de un conjunto arquitectónico manifiestan orientaciones parecidas; considerando analogías de otras partes (*cf.* Šprajc 2001: 32; Sánchez y Šprajc 2015), es posible suponer que la orientación de la estructura religiosa o cívica más grande fue diseñada de manera exacta y con base en observaciones, mientras que las orientaciones de los edificios circundantes de menor tamaño fueron más o menos ajustadas a aquella, sin que fueran, por sí mismas, observacionalmente funcionales. En estos casos escogimos como relevante la estructura que parece ser la más idónea para las observaciones astronómicas.

Hay que precisar que nuestros análisis no incluyen las orientaciones de las canchas de juego de pelota. Sabemos que el juego de pelota era un acto ritual cuya finalidad primordial fue mantener el movimiento regular de los cuerpos celestes y, de esta manera, asegurar la perpetuación del orden cósmico (Šprajc 1996a: 124ss), por lo que parecería lógico suponer que también las orientaciones de las canchas tuvieron algún significado astronómico; sin embargo, algunas circunstancias hablan en contra de tal suposición. Según Taladoire (1979; 1981: 412ss), las orientaciones de los campos de juego de pelota en Mesoamérica manifiestan una distribución mayormente aleatoria, por lo que posiblemente no fueron basadas en criterios astronómicos. En efecto, las canchas no parecen haber sido particularmente idóneas para las observaciones

astronómicas, ya que son construcciones relativamente bajas y frecuentemente rodeadas por otros edificios de mayor altura, que obstruyen la vista hacia el horizonte. No es imposible, desde luego, que algunos juegos de pelota incorporaran alineamientos astronómicamente funcionales; sin embargo, además de que las alturas originales de los edificios circundantes generalmente no se pueden reconstruir de manera confiable, tampoco son evidentes los puntos posiblemente relevantes para las observaciones, por lo que cualquier intento de determinar los posibles referentes astronómicos de las orientaciones de estos edificios sería especulativo.

Según los resultados de las investigaciones ya realizadas, las orientaciones en la arquitectura cívica y ceremonial mesoamericana 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. Prueba de ello son las concentraciones dentro de ciertos rangos acimutales, observables en los histogramas publicados (Aveni y Hartung 1986: 11, figs. 2a y 2b; Tichy 1991: 101, fig. 6-13; Šprajc 2001: 57ss, fig. 4; 2015; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015: fig. 1). Por consiguiente, y en aras de tener una muestra de datos basados en elementos homogéneos (*cf.* Hawkins 1968: 49), nuestro objetivo fue limitado al estudio de 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 eventos astronómicos observables en el horizonte. Desde luego, en los restos arquitectónicos existen diversas líneas visuales que pudieron haber señalado fenómenos astronómicos (*cf.* Hartung 1975). En varios estudios, de los que algunos aparecen citados en el capítulo 4, encontramos intentos de relacionar las líneas de este tipo con diversos fenómenos astronómicos, pero el supuesto significado de alineamientos de este tipo no puede comprobarse, sin antes elaborar una metodología rigurosa que permitiera clasificarlos de manera objetiva y, con ello, obtener una muestra de datos comparables en los que podría detectarse algún patrón; objetivo que queda fuera de las ambiciones de la presente obra.

En la bibliografía arqueoastronómica existente comúnmente se presenta el azimut de una línea medida en un edificio como azimut de orientación de toda la estructura. Sin embargo, estos datos no son suficientemente confiables para indagaciones más detalladas, ya que las plantas de los edificios frecuentemente no son exactamente rectangulares. 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; 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. Es por ello que en todas las estructuras tratamos de medir todas las líneas confiables en ambas direcciones, asumiendo que el promedio de los diversos azimuts medidos en una dirección representa la orientación intencionada con bastante exactitud. Al conservarse las líneas en la parte superior de cada edificio, lugar más idóneo para las observaciones, las consideramos como particularmente confiables y relevantes. En todos los casos, sin embargo, asignamos al valor determinado el posible error, estimado con base en las divergencias de los azimuts medidos y las incertidumbres debidas al estado actual del edificio.

Hay que advertir, sin embargo, que la orientación de las estructuras individuales en varios casos no se puede determinar, mientras que la distribución espacial de los edificios permite reconocer un eje rector, que en algunos casos corre en dirección norte-sur y en otros en dirección este-oeste. Se trata ante todo de los sitios con estructuras de tierra compactada, que caracterizan los centros cívico-ceremoniales en la Costa del Golfo. En estos casos medimos el azimut del eje rector, indicado por la posición de algunas estructuras clave, así como por los ejes longitudinales de los edificios alargados. Si el eje rector corre en dirección norte-sur, asumimos que la dirección este-

oeste incorporada en los edificios del conjunto fue perpendicular al eje medido; a los azimuts determinados de esta manera les asignamos un error arbitrario de $\pm 1^\circ$. La inclusión de estos azimuts es justificable, considerando que la dirección del eje rector de un núcleo cívico-ceremonial no necesariamente corresponde a la dirección astronómicamente relevante: particularmente ilustrativas son las analogías del área maya, donde diversos núcleos urbanos están dispuestos a lo largo de un eje norte-sur, aunque los resultados de los análisis sugieren que las orientaciones de los edificios eran funcionales en dirección este-oeste (Sánchez y Šprajc 2015).

Las mediciones se efectuaron con brújulas Suunto Tandem, que permiten leer ángulos con la precisión de $\pm 0.25^\circ$ aproximadamente, y con teodolito y referencia astronómica (el Sol), empleándose las técnicas de medición precisa establecidas en el trabajo arqueoastronómico (cf. Aveni 1991; 2001: 119ss; Ruggles 1999: 164ss; Thom 1971). Los azimuts magnéticos se corrigieron a los verdaderos (astronómicos) con los valores de declinación magnética obtenidos para cada sitio mediante la calculadora del *National Geophysical Data Center, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, EE.UU., disponible en línea (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>). La validez del modelo predictivo empleado por la calculadora citada fue verificada mediante nuestras propias mediciones: a lo largo de las líneas medidas con teodolito y referencia astronómica también tomamos lecturas magnéticas. En la medida de lo posible, estas lecturas fueron tomadas en ambas direcciones, para detectar posibles anomalías magnéticas locales que hubiesen podido distorsionar los resultados. Las coordenadas geográficas de cada sitio, necesarias en el cálculo de los azimuts medidos con teodolito y referencia astronómica, así como de las declinaciones (v. *infra*), fueron determinadas con receptores portátiles GPS.

Siempre que fue posible, se midieron también las alturas del horizonte a lo largo de los alineamientos, necesarias en el cálculo de las declinaciones correspondientes (v. *infra*); si no fue posible tomar estas lecturas en el campo, debido a que el horizonte no era visible, las alturas necesarias fueron obtenidas con base en el modelo digital de relieve *SRTM NASA* (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>), empleando el software *Horizon 0.11b*, desarrollado por Andrew G. K. Smith (<http://www.agksmith.net/horizon/>).² Debido a que el modelo de relieve referido no es del todo exacto, las alturas del horizonte calculadas pueden tener errores, que en la mayoría de los casos son insignificantes, pero pueden ser considerables si la línea del horizonte se encuentra a poca distancia. Los errores que se estimaron para las alturas del horizonte calculadas se tomaron en cuenta en los errores asignados a las declinaciones (calculadas a partir de los azimuts y las correspondientes alturas del horizonte: v. *infra*).

Para calcular los azimuts de los alineamientos medidos con teodolito y referencia astronómica, así como las declinaciones correspondientes, empleamos las fórmulas de trigonometría esférica presentadas en varias obras (e.g.: Hawkins 1968: 50ss; Thom 1971: 120ss; Aveni 1991: 140ss; Ruggles 1999: 164ss; Šprajc 2001: 45ss). Mientras que el *azimut* es el ángulo medido en el plano horizontal a partir del norte hacia la derecha (teniendo valores de 0° a 360°), la coordenada celeste que permite identificar el fenómeno astronómico posiblemente relacionado con un alineamiento es la *declinación*, que expresa la distancia angular medida desde el ecuador celeste (círculo imaginario en la esfera celeste, colocado en el plano del ecuador terrestre) hacia el norte (declinación positiva) o hacia el sur (declinación negativa), teniendo valores de 0° a $\pm 90^\circ$. Todos los cuerpos celestes que, observando desde un mismo lugar, salen/se ponen en el mismo

² Agradezco a Andrew Smith (*School of Chemistry and Physics, University of Adelaide, Australia*) el haberme proporcionado los datos *SRTM* para el área de estudio, debidamente procesados para ser usados en el software *Horizon*.

punto del horizonte tienen la misma declinación. Su valor depende de la latitud del lugar, el azimut y la altura del horizonte corregida por refracción atmosférica.³ En la tabla 3.1 se presentan las declinaciones que corresponden a los azimuts en los horizontes norte, sur, este y oeste, con sus respectivos errores estimados con base en las incertidumbres en los azimuts y las alturas del horizonte. Si las alturas del horizonte, por no haber sido posible medirlas en campo, fueron calculadas con base en el modelo de relieve, sus posibles errores –considerables si la línea del horizonte se encuentra a poca distancia (v. *supra*)– fueron tomados en cuenta en la estimación de los errores en declinación; es por ello que, en algunos casos (cuando el horizonte en una dirección está mucho más cerca que en la otra), son diferentes los errores asignados a las declinaciones que corresponden a un mismo alineamiento en los horizontes este y oeste (tabla 3.1).

La declinación del Sol varía continuamente en el transcurso del año trópico, alcanzando los valores extremos de aproximadamente $\pm 23.5^\circ$ en los solsticios de verano (22 de junio ± 1 día) y de invierno (22 de diciembre ± 1 día). Puesto que las declinaciones que se encuentran dentro de las que alcanza el Sol en su desplazamiento anual pueden referirse a las salidas y puestas del Sol, también determinamos las fechas del año correspondientes. El Sol alcanza una misma declinación, salvo la solsticial, dos veces al año, una vez entre el solsticio de diciembre y el solsticio de junio, cuando se desplaza hacia el norte (su declinación está creciendo), y por segunda vez en la otra mitad del año, cuando se mueve en dirección inversa (su declinación está disminuyendo); por lo tanto, a cada alineamiento, salvo a los solsticiales, le corresponden dos fechas en el horizonte oriente y dos en el horizonte poniente. Las fechas en la tabla 3.1 se dan en el calendario gregoriano proléptico (es decir, reconstruido para el pasado antes de su instauración real), que representa la aproximación más cercana al año trópico, y valen para la época de construcción y uso de los edificios a los que corresponden. Debido a las variaciones precesionales en la oblicuidad de la eclíptica, por una parte, y en la longitud heliocéntrica del perihelio de la órbita de la Tierra, por la otra (este último elemento determina la duración de las estaciones astronómicas), una misma declinación solar no necesariamente corresponde, en cualquier época, a exactamente la misma fecha del año trópico (o gregoriano). Las fechas en la tabla 3.1 fueron determinadas para la época

³ La fórmula es:

$$\delta = \text{arc sen} (\text{sen } \varphi \text{ sen } h + \text{cos } \varphi \text{ cos } h \text{ cos } A) \quad (1)$$

donde δ es la declinación, φ es la latitud geográfica, A es el azimut y h es la altura del punto observado corregida por refracción atmosférica. Debido a la refracción los cuerpos celestes parecen tener alturas mayores de las reales:

$$h = H - r \quad (2)$$

donde H es la altura observada y r es el ángulo de refracción. Para obtener el valor de r hay que calcular el factor de refracción R ; en nuestros cálculos empleamos la fórmula 3, que para las alturas cerca del horizonte matemático presenta Schaefer (1989-93: 79):

$$R = 1' / \tan [H + 7.31 / (H + 4.4)] \quad (3)$$

Los valores exactos de refracción dependen no sólo de la altura H del punto observado sino también de las condiciones atmosféricas concretas (temperatura, presión del aire); en alturas cerca del horizonte matemático (plano horizontal) manifiestan variaciones impredecibles (cf. Young 2004). Para corregir el factor de refracción R por la altitud sobre el nivel del mar (*asnm*) del punto de observación, empleamos la fórmula 4 (Hawkins 1968: 53) y obtuvimos el valor r , suficientemente exacto para nuestros fines y empleado en la fórmula 2, resultante en el valor de h , necesario para calcular la declinación con la fórmula 1:

$$r = R \times e^{-asnm/8400} \quad (4)$$

correspondiente con el sistema *Horizons*, elaborado por *Solar System Dynamics Group, Jet Propulsion Laboratory, NASA* (EE.UU.), y disponible en línea (<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>). Las incertidumbres menores en cuanto al fechamiento de las estructuras no tienen mayor relevancia, ya que ciertas declinaciones solares corresponden a las mismas fechas del año durante al menos dos o tres siglos. Para los efectos del análisis de la distribución de las fechas, éstas fueron determinadas con precisión (es decir, con la fracción del día), asumiendo que el equinoccio vernal correspondía en todos los casos a 21.0 de marzo (es decir, a 21 de marzo, fecha gregoriana, a las 0:00 horas del Tiempo Universal).⁴ En la tabla 3.1 no se incluyen las fracciones del día en las columnas con fechas y tampoco los errores en días de cada fecha, que dependen del error de cada declinación, pero las fechas exactas y sus errores fueron considerados en los cálculos de intervalos, que separan cada par de fechas registradas en el horizonte oriente y poniente y que también se encuentran listados en la tabla, con sus respectivos errores en días. Recordemos que cada par de fechas divide el año en dos intervalos, cuya suma equivale a la duración del año trópico. Siendo actualmente de 365.2422 días, la duración del año trópico ha ido decreciendo a través del tiempo. Para los análisis de la distribución de los intervalos, éstos fueron calculados con precisión (es decir, con fracciones del día), tomando en consideración las fechas exactas que los delimitan y los valores de longitud del año trópico en las épocas respectivas, calculados con base en el algoritmo presentado por Meeus y Savoie (1992: 42).⁵ Aunque los intervalos fueron calculados con precisión, también les asignamos los errores que dependen de los errores de las fechas que los delimitan; estos últimos, como ya mencionamos, no están listados, pero pueden obtenerse de los intervalos: el error de cada fecha en el par que delimita un intervalo equivale a la mitad del error del intervalo.

Los análisis de la distribución de los datos sobre las orientaciones, revelando la existencia de patrones que sugieren los referentes astronómicos para la gran parte de los alineamientos estudiados, se presentan en el capítulo 3, donde también se exponen los métodos empleados. Ahora bien, el significado de un alineamiento, o de un conjunto homogéneo de alineamientos con el mismo referente astronómico, puede comprenderse adecuadamente sólo si logramos encontrar las razones por las que pudo haber sido significativo el fenómeno astronómico relacionado. La viabilidad de las hipótesis arqueoastronómicas es directamente proporcional al grado de la

⁴ Para cada uno de los periodos listados en la tabla 3.1 escogimos un año calendárico, para el cual obtuvimos, mediante el sistema de efemérides citado, las declinaciones del Sol y los momentos (fechas y horas del día) correspondientes en intervalos pequeños; sin embargo, al determinar las fechas exactas correspondientes a cada declinación, consideramos invariablemente que el Sol pasó por el punto vernal, teniendo la declinación de 0°, en la fecha gregoriana 21.0 de marzo. Los años elegidos para estos cálculos fueron los más cercanos a la datación más probable de la estructura en cuestión: 900 a.C. (Preclásico Temprano), 450 a.C. (Preclásico Medio), 50 a.C. (Preclásico Tardío), 350 d.C. (Clásico Temprano), 700 o 920 d.C. (Clásico Tardío-Terminal), 1140 d.C. (Posclásico Temprano) y 1400 d.C. (Posclásico Tardío).

⁵ Cabe precisar que el año trópico se define como el tiempo requerido para que la longitud media del Sol (es decir, su posición sobre la eclíptica relativa al punto vernal) aumente en 360° (Meeus y Savoie 1992: 40). Sin embargo, debido a la velocidad variable del desplazamiento de la Tierra a lo largo de su órbita elíptica, la duración exacta de este intervalo varía ligeramente en función de la posición inicial que elijamos: así, por ejemplo, el intervalo entre dos equinoccios de primavera consecutivos es más corto que el que delimitan dos solsticios de invierno; además, aún midiendo este intervalo a partir del mismo punto, observamos en varios años consecutivos variaciones ocasionadas por la nutación y las perturbaciones planetarias (*ibid.*: 41s). Por tratarse de variaciones menores e irregulares, en nuestros cálculos de intervalos siempre hemos considerado el valor medio de la duración del año trópico en la época respectiva. Las variaciones respecto a la realidad se observarían apenas en el tercer dígito de la fracción del día (es decir, los posibles errores no exceden 3 minutos de tiempo).

importancia que le podamos asignar al fenómeno astronómico involucrado y que puede buscarse en su relación con los hechos ambientales y culturales específicos, por ejemplo, con los cambios climáticos estacionales, las estrategias de subsistencia, la religión, la ideología política, etc. (cf. Iwaniszewski 1989; Ruggles 1999; Aveni 2003; Šprajc 2005). En el capítulo 5 ofrecemos las interpretaciones que, basadas en diversos datos contextuales, arrojan luz sobre los posibles usos y significados de los grupos de orientaciones que hemos identificado.

En el capítulo 4, al comentar las orientaciones particulares, en algunos casos mencionamos también los montes prominentes del horizonte local que pudieron haber tenido alguna función en los calendarios observacionales. Debido a los problemas de visibilidad, los datos sobre las cumbres potencialmente relevantes no siempre pudieron obtenerse con mediciones en campo. En tales casos sus azimuts y alturas angulares fueron calculados con base en sus coordenadas y altitudes sobre el nivel del mar determinadas en las cartas topográficas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI; <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/default.aspx>), empleando el programa de Chris Veness (*Vincenty solutions of geodesics on the ellipsoid*: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html>), que calcula azimuts sobre el elipsoide WGS84, y la fórmula para calcular las alturas angulares (Šprajc 2001: 48, fig. 3).⁶ Cabe puntualizar que, para obtener datos más precisos, conviene considerar la refracción terrestre, que afecta las alturas aparentes de los puntos del horizonte. El efecto, que varía en función de condiciones atmosféricas concretas, llega a ser notable –de unos minutos de arco– apenas cuando las distancias son de unos 50 km o más, por lo que en estos casos determinamos las alturas angulares mediante la calculadora en línea de Andrew T. Young (*Calculating altitudes of distant objects*: http://www-rohan.sdsu.edu/~aty/explain/atmos_refr/altitudes.html); aunque los resultados dependen de las variables que deben introducirse y que son, inevitablemente, estimadas (temperaturas del aire en el punto de observación y el punto observado), las posibles variaciones rara vez rebasan un minuto de arco. No obstante, tomando en consideración las incertidumbres relacionadas con los efectos de refracción, las diferencias entre los valores calculados sobre el elipsoide WGS84 y la realidad geoidal, así como el grado de precisión de los datos cartográficos empleados, estimamos que las declinaciones resultantes de nuestros cálculos pueden tener errores de hasta 10 minutos de arco, pero éstos no afectan sustancialmente las interpretaciones propuestas.

⁶ Mientras que las coordenadas de los sitios estudiados (puntos de observación) fueron determinadas en campo con los receptores GPS, sus altitudes sobre el nivel del mar, necesarias en los cálculos de alturas angulares de los puntos observados, fueron determinadas en las cartas topográficas del INEGI, ya que las altitudes que miden los receptores GPS, además de ser elipsoidales, pueden tener errores considerables.

3 Análisis de los datos

Los datos sobre las orientaciones en los que se basan los análisis que siguen están anotados en la tabla 3.1. Todos los valores angulares se dan en grados decimales. En la primera columna de la tabla están listados los nombres de los sitios, en orden alfabético, y de las estructuras. El significado de los encabezados de las demás columnas y de las abreviaturas empleadas es el siguiente:

<i>tipo</i>	Tipo de la estructura, según una clasificación básica sugerida por sus características formales (<i>P</i> – palacio; <i>T</i> – templo; <i>T/P</i> – templo/palacio).
<i>acceso hacia</i>	Rumbo hacia el cual está mirando el acceso o la fachada principal de la estructura.
<i>periodo</i>	Temporalidad de la estructura (<i>Pre</i> – Preclásico; <i>C</i> – Clásico; <i>Pos</i> – Posclásico; <i>Te</i> – Temprano; <i>M</i> – Medio; <i>Ta</i> – Tardío).
φ_N, λ_W	Latitud norte, longitud oeste (en el datum WGS84).
A_N	Azimut hacia el norte del eje norte-sur del edificio (se omite el azimuth hacia el sur, ya que siempre es 180° más grande). La orientación de cada edificio (salvo de los de planta circular o irregular) puede definirse con dos azimuths, que corresponden a sus ejes de simetría norte-sur y este-oeste. Los azimuths norte incluyen valores entre 315° y 45°; sin embargo, los azimuths entre 315° y 360° se indican como valores negativos, entre -45° y 0°. La sigla <i>NA</i> (“no aplicable”), si aparece en lugar del valor, significa que el azimuth no se pudo determinar.
<i>error A_N</i>	Error estimado del azimuth norte.
δ_{NS}	Declinación correspondiente al azimuth hacia el norte/sur. Si no se determinó el azimuth, se sustituye la sigla <i>NA</i> . Por limitaciones de espacio, las alturas de los horizontes norte y sur, consideradas en los cálculos de las declinaciones, no están incluidas en la tabla.
A_E	Azimuth hacia el este (valores entre 45° y 135°); el azimuth hacia el oeste (omitido) difiere por 180°.
<i>error A_E</i>	Error estimado del azimuth este.
H_{EW}	Altura del horizonte este/oeste. Si en lugar del valor aparece <i>NA</i> , significa que alguna estructura obstruye la vista hacia el horizonte, o que la línea del horizonte se encuentra a poca distancia, haciendo improbable la funcionalidad astronómica de la orientación en esta dirección.
δ_{EW}	Declinación correspondiente al azimuth hacia el este/oeste. Si en lugar del valor aparece <i>NA</i> , significa que es improbable la función astronómica de la orientación en esta dirección (por razones mencionadas arriba).
<i>error δ_{EW}</i>	Posible error de declinación este/oeste, estimado con base en las incertidumbres en los azimuths y alturas del horizonte.

Tabla 3.1 (p. 1 de 3). Datos sobre las orientaciones en el área de estudio.

OAXACA sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	ϕ_N	λ_W	A_N	error A_N	δ_N	δ_S	A_E	error A_E	H_E	H_W	δ_E	error δ_E	δ_W	error δ_W	fechas este		intervalos este		error intv. este		fechas oeste		intervalos oeste		error intv. oeste
Atzompa, Montículo H	T	E	CTa	17.0787	96.7841	1.655	0.4	73.699	-73.476	89.922	1.0	1.37	2.67	0.391	1.00	0.648	1.0	21-mar	22-sep	180.65	184.59	5.07	22-mar	21-sep	181.96	183.28	5.07	
Bocana Copalita, Plataforma 1	T/P	E	PreM/Ta	15.7898	96.0543	0.992	1.0	77.233	-75.035	90.242	2.0	-0.23	1.47	-0.466	2.00	0.537	2.0	19-mar	24-sep	176.68	188.56	10.07	22-mar	21-sep	181.73	183.51	10.08	
Bocana Copalita, T. de la Serpiente	T	E	PreTa/CTe	15.7928	96.0535	-11.383	0.7	73.262	-68.871	77.528	0.6	2.00	3.93	12.462	0.70	-10.932	0.7	23-abr	21-ago	119.93	245.31	4.16	20-feb	21-oct	122.19	243.05	3.87	
Bocana Copalita, Templo Mayor	T	W	CTe/Ta	15.7942	96.0518	-25.008	1.0	62.835	-61.094	64.742	1.0	4.47	4.27	25.454	1.00	-22.966	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	3-ene	8-dic	26.42	338.82	26.42	
Caballito Blanco, Estructuras A y P	T	EW	PreTa	16.9465	96.4527	24.622	0.5	62.990	-56.817	114.184	0.6	1.97	0.60	-22.519	0.60	23.142	0.6	7-ene	3-dic	34.70	330.54	7.63	10-jun	5-jul	25.34	339.90	15.98	
Caballito Blanco, Estructura O	T	E	PreTa	16.9466	96.4531	-22.191	1.0	64.288	-61.894	68.934	1.5	6.08	0.93	21.856	1.50	-19.925	1.5	30-may	16-jul	46.38	318.87	19.21	21-ene	19-nov	62.99	302.25	13.06	
Dainzú, Templo Amarillo	T	W	PreTa	17.0039	96.5570	22.349	0.5	65.473	-60.542	110.599	0.5	20.07	1.30	-12.470	1.00	19.967	0.6	15-feb	25-oct	113.52	251.72	5.74	20-may	26-jul	66.59	298.65	5.55	
Guiengola, Templo de la Luna	T	E	PosTa	16.3861	95.3239	-7.844	1.0	73.560	-70.314	94.229	1.7	5.00	20.22	-2.675	2.00	9.422	1.8	14-mar	30-sep	165.08	200.16	10.18	14-abr	29-ago	137.08	228.16	10.04	
Guiengola, Templo del Sol	T	W	PosTa	16.3861	95.3227	-0.769	1.0	75.018	-74.425	95.856	0.5	15.62	18.90	-1.066	0.70	10.591	0.5	18-mar	26-sep	173.26	191.98	3.56	18-abr	26-ago	130.48	234.76	2.86	
Huamelulpan, Grupo de la Iglesia	T	W	PreTa	17.3979	97.5986	-5.500	1.6	71.907	-67.787	84.556	1.2	3.83	1.92	6.289	1.20	-4.688	1.2	6-abr	7-sep	154.17	211.08	6.31	8-mar	5-oct	155.13	210.11	6.13	
Lambityeco, Montículo 195	T	W	CTa	16.9718	96.4921	24.637	0.5	63.668	-57.413	114.418	0.5	2.17	0.80	-22.666	0.50	23.430	0.5	5-ene	6-dic	30.99	334.25	8.64	15-jun	29-jun	14.32	350.93	14.31	
Mitla, Grupo de Adobe	T	?	PosTa	16.9272	96.3618	11.523	1.0	77.318	-66.650	101.273	0.7	3.45	2.80	-9.793	1.00	11.537	1.0	23-feb	19-oct	127.88	237.37	5.46	20-abr	23-ago	125.01	240.23	5.86	
Monte Albán, Edificio A	T	W	CTa	17.0447	96.7675	6.824	1.3	NA	-71.995	97.886	0.4	0.85	2.25	-7.386	0.50	8.132	0.5	2-mar	12-oct	140.90	224.34	2.62	11-abr	2-sep	144.36	220.88	2.71	
Monte Albán, Edificio B	T	E	CTe	17.0448	96.7686	3.324	1.5	73.861	-73.363	95.074	1.0	0.80	2.45	-4.716	1.00	5.504	1.0	8-mar	5-oct	154.82	210.43	5.11	4-abr	9-sep	158.36	206.88	5.23	
Monte Albán, Edificio Enjoyado	T	E	CTe	17.0455	96.7672	11.574	0.3	71.506	-69.394	100.947	1.0	0.98	NA	-10.264	1.00	NA	NA	22-feb	19-oct	125.65	239.60	5.47	NA	NA	NA	NA	NA	
Monte Albán, Edificio VG	T	W	CTa	17.0454	96.7674	10.324	0.6	72.090	-70.065	98.362	0.9	0.68	2.17	-7.896	1.00	8.561	1.0	28-feb	13-oct	138.23	227.02	5.28	12-abr	1-sep	142.02	223.22	5.46	
Monte Albán, Edificio W	T	E	CTa	17.0453	96.7661	12.574	0.5	70.770	-68.893	101.074	0.7	1.05	NA	-10.363	0.70	NA	NA	21-feb	20-oct	124.95	240.29	3.85	NA	NA	NA	NA	NA	
Monte Albán, Edificio II	T	W	CTe	17.0433	96.7674	6.074	0.5	73.755	-72.424	94.824	0.7	0.83	2.55	-4.466	0.70	5.296	0.7	9-mar	4-oct	156.09	209.15	3.57	3-abr	10-sep	159.44	205.80	3.65	
Monte Albán, Edificio IV	T	E	CTa	17.0435	96.7693	6.348	0.4	73.621	-72.330	95.840	0.3	0.87	2.33	-5.427	0.30	6.201	0.3	7-mar	7-oct	151.08	214.16	1.54	6-abr	7-sep	154.68	210.56	1.58	
Monte Albán, Edificio J	T	E	CTa	17.0421	96.7682	43.199	2.0	45.526	-43.229	133.324	2.0	0.85	0.93	-40.795	0.30	41.227	0.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Monte Albán, Edificio L	T/P	E	CTa	17.0424	96.7694	4.824	1.6	73.793	-72.918	94.797	0.3	0.84	2.50	-4.438	0.30	5.255	0.3	9-mar	4-oct	156.15	209.09	1.53	3-abr	10-sep	159.64	205.60	1.57	
Monte Albán, Edificio M	T	E	CTa	17.0418	96.7694	6.304	0.4	73.622	-72.365	95.920	0.5	0.88	2.57	-5.498	0.70	6.349	0.7	6-mar	7-oct	150.72	214.53	3.60	6-abr	7-sep	153.90	211.34	3.70	
Monte Albán, Edificio P	T	W	CTe	17.0429	96.7674	3.074	0.5	74.420	-73.275	93.925	0.3	0.83	2.47	-3.608	0.30	4.411	0.3	11-mar	2-oct	160.47	204.77	1.53	1-abr	12-sep	164.03	201.21	1.55	
Monte Albán, Plataforma Sur, Ed. III	T	E	CTe	17.0409	96.7683	4.616	1.0	73.922	-73.089	96.185	1.0	0.87	2.48	-5.756	1.00	6.577	1.0	6-mar	8-oct	149.48	215.76	5.15	7-abr	6-sep	152.72	212.53	5.29	
Monte Negro, Complejo T	T	EW	PreTa	17.2633	97.3507	-3.154	0.4	72.105	-69.739	86.734	0.5	-0.10	1.40	2.960	0.60	-2.780	0.6	28-mar	15-sep	171.38	193.86	3.06	13-mar	30-sep	164.82	200.42	3.04	
Río Viejo, Montículo 1, Estructura 2	T/P	?	PreTa	16.1118	97.7451	25.000	2.0	61.655	-60.595	113.416	2.0	0.22	3.80	-22.538	2.00	23.481	2.0	7-ene	3-dic	34.41	330.83	30.05	15-jun	30-jun	15.80	349.45	33.60	
San José Mogote, Estructura 19	T/P	W	PreM	17.1674	96.8033	5.132	1.0	73.828	-71.571	93.898	1.3	7.08	2.58	-1.639	1.30	4.411	1.3	16-mar	27-sep	170.77	194.47	6.55	1-abr	12-sep	163.77	201.47	6.69	
Tehuacán Viejo, Estructura 1	T	E	PosTa	18.4481	97.3474	8.578	1.5	77.089	-68.457	100.828	0.8	2.77	1.63	-9.434	0.80	10.699	0.8	24-feb	18-oct	129.83	235.41	3.80	18-abr	26-ago	129.87	235.38	4.01	
Tehuacán Viejo, Estructura 4	T	W	PosTa	18.4485	97.3471	4.995	1.2	78.365	-69.612	97.078	1.3	3.33	1.57	-5.700	1.30	7.120	1.3	6-mar	8-oct	149.57	215.68	6.73	8-abr	5-sep	149.66	215.58	6.97	
Yagul, Edificio U	T/P	S	CTa/PosTe	16.9592	96.4497	NA	NA	NA	NA	112.436	0.7	13.00	2.35	-16.884	1.00	22.062	0.7	2-feb	9-nov	85.43	279.81	6.89	1-jun	13-jul	42.18	323.07	10.17	
Yagul, Patio 1	T/P	NSEW	PosTa	16.9585	96.4506	25.507	1.0	62.468	-56.492	113.956	1.0	4.25	2.60	-21.503	1.00	23.590	1.0	13-ene	29-nov	45.66	319.58	11.61	22-jun	22-jun	0.00	365.24	32.90	
Yagul, Patio 4	T/P	NSEW	PosTe	16.9578	96.4499	23.374	1.0	64.063	-58.213	114.251	0.5	4.48	2.38	-21.697	0.50	23.802	0.5	12-ene	30-nov	43.71	321.53	6.09	22-jun	22-jun	0.00	365.24	16.88	
Zaachila, Montículo A	P	?	PosTa	16.9522	96.7491	18.933	0.5	67.055	-64.480	108.783	0.5	2.90	3.65	-17.094	0.70	18.972	0.7	1-feb	10-nov	83.70	281.55	4.91	16-may	29-jul	74.20	291.04	5.97	

Tabla 3.1 (p. 2 de 3). Datos sobre las orientaciones en el área de estudio.

GOLFO DE MÉXICO		tipo	acceso hacia	periodo	ϕ_N	λ_W	A_N	error A_N	δ_N	δ_S	A_E	error A_E	H_E	H_W	δ_E	error δ_E	δ_W	error δ_W	fechas este		intervalos este		fechas oeste		intervalos oeste		error intv. este	error intv. oeste	
sitio, estructura	fechas este																		intervalos este	fechas oeste	intervalos oeste	error intv. este	error intv. oeste						
Abasolo del Valle, grupo principal	T/P	E	CTa	17.7899	95.5958	NA	1.0	NA	NA	104.632	1.0	-0.02	0.43	-14.101	1.0	13.903	1.0	11-feb	30-oct	103.48	261.76	6.06	27-abr	16-ago	110.99	254.25	6.27		
Cantona, Palacio	T	W	PreTa	19.5514	97.4887	9.527	1.0	69.693	-68.387	99.693	0.3	2.22	4.60	-8.445	0.3	10.618	0.3	27-feb	14-oct	135.63	229.61	1.32	18-abr	26-ago	130.61	234.63	1.70		
Cantona, Pirámide Central	T	E	PreTa	19.5522	97.4898	24.332	0.5	60.295	-59.475	115.249	0.3	0.65	2.55	-23.585	0.3	24.543	0.3	15-dic	26-dic	10.70	354.54	19.13	NA	NA	NA	NA	NA		
Cantona, pirámide CJP5	T	W	PreTa	19.5538	97.4910	-1.670	0.5	71.131	-69.679	88.847	1.0	0.80	6.02	1.248	1.0	0.895	1.0	24-mar	20-sep	180.09	185.15	5.06	23-mar	21-sep	181.87	183.37	5.06		
Cantona, pirámide CJP6	T	S	PreTa	19.5539	97.4893	39.616	0.7	47.822	-46.730	130.566	1.0	3.08	0.62	-36.515	1.0	37.911	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Cantona, pirámide CJP7, estr. superior	T	W	CTe	19.5521	97.4875	12.770	0.3	68.678	-67.045	102.737	0.3	2.20	4.30	-11.305	0.3	13.386	0.3	19-feb	22-oct	119.89	245.35	1.68	26-abr	18-ago	114.32	250.93	1.84		
Cantona, pirámide CJP7, basamento	T	W	PreTa	19.5521	97.4875	9.537	0.5	69.783	-68.434	99.504	0.2	2.12	4.43	-8.303	0.3	10.384	0.3	27-feb	14-oct	136.38	228.86	1.59	17-abr	27-ago	131.94	233.30	1.69		
Cantona, pirámide Plaza Oriente	T	W	PreTa	19.5516	97.4857	15.635	0.5	67.178	-65.418	106.151	0.8	1.72	3.15	-14.681	0.8	16.211	0.8	9-feb	1-nov	100.40	264.85	4.62	5-may	9-ago	96.08	269.16	5.51		
Cantona, pirámide Unidad 201	T	W	CTe	19.5512	97.4870	3.931	1.0	71.292	-69.294	96.564	1.0	1.62	4.12	-5.722	1.0	7.508	1.0	6-mar	7-oct	149.66	215.58	5.15	9-abr	4-sep	147.75	217.49	5.36		
Cantona, pirámide Unidad 70	T	N	CTe	19.5530	97.4921	33.936	0.5	52.551	-51.258	126.144	0.5	1.97	0.98	-33.051	0.5	34.039	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Castillo de Teayo, pirámide	T	W	PosTa	20.7501	97.6333	-3.552	0.5	71.198	-64.414	86.823	0.5	1.10	1.25	3.223	0.5	-2.658	0.5	29-mar	15-sep	170.10	195.15	2.58	14-mar	30-sep	165.17	200.08	2.55		
Cempoala, El Pimiento	T	W	PosTa	19.4501	96.3912	0.518	0.2	70.112	-70.975	87.943	0.5	0.28	1.68	1.862	0.5	-1.488	0.5	25-mar	18-sep	177.08	188.16	2.56	17-mar	27-sep	171.12	194.13	2.54		
Cempoala, Palacio de Moctezuma	T	E	PosTa	19.4485	96.3966	8.725	1.0	69.230	-69.040	99.413	1.0	0.18	2.05	-8.991	1.0	9.457	1.0	25-feb	16-oct	132.23	233.02	5.39	14-abr	29-ago	136.88	228.36	5.58		
Cempoala, Templo de Ehécatl	T	E	PosTa	19.4439	96.4049	20.600	1.0	61.602	-62.103	109.725	1.0	0.03	1.45	-18.744	1.0	18.940	1.0	26-ene	16-nov	71.45	293.79	7.91	15-may	29-jul	74.48	290.76	8.50		
Cempoala, Templo de la Luna (Estr. 5)	T	E	PosTa	19.4474	96.4054	9.163	0.6	68.184	-68.880	99.558	1.0	0.12	2.07	-9.154	1.0	9.601	1.0	25-feb	17-oct	131.35	233.90	5.40	15-abr	29-ago	136.08	229.16	5.60		
Cempoala, Templo de las Caritas	T	E	PosTa	19.4477	96.4014	-2.194	0.5	71.292	-70.823	90.038	0.5	0.19	2.00	-0.149	0.5	0.600	0.5	20-mar	23-sep	177.92	187.32	2.54	22-mar	22-sep	181.73	183.51	2.55		
Cempoala, T. de las Chimeneas (Estr. 2)	T	W	PosTa	19.4473	96.4035	4.895	0.3	69.877	-69.947	95.108	0.5	0.07	2.42	-4.980	0.5	5.529	0.5	8-mar	6-oct	153.29	211.95	2.57	4-abr	9-sep	158.10	207.14	2.63		
Cempoala, T. del Sol (Gran Pirámide)	T	E	PosTa	19.4469	96.4055	13.100	1.0	66.211	-66.923	101.558	0.6	0.05	2.10	-11.064	0.6	11.498	0.6	20-feb	22-oct	120.85	244.39	3.36	20-abr	23-ago	125.24	240.00	3.51		
Cempoala, Templo Mayor (Estr. 1)	T	S	PosTa	19.4478	96.4039	4.788	1.8	70.022	-69.856	90.577	0.3	0.10	2.12	-0.693	0.3	1.153	0.3	19-mar	25-sep	175.15	190.09	1.52	23-mar	20-sep	180.69	184.55	1.53		
Chiapa de Corzo, Estructura 32	T	E	PreTa	16.7082	93.0032	27.310	1.0	60.973	-57.576	116.310	1.0	2.23	1.52	-24.483	1.0	25.492	1.0	21-dic	21-dic	0.00	365.24	14.75	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Cuajilote, Templo Mayor	T	N	CTa	19.9389	97.1379	32.143	2.0	56.196	-43.783	123.768	0.5	18.00	7.83	-23.077	0.6	34.305	0.5	9-dic	2-ene	23.21	342.03	23.20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Cuahtochco, pirámide principal	T	W	PosTa	18.8234	96.5606	-4.330	0.5	70.428	-70.633	85.653	0.3	-0.37	1.63	3.787	0.3	-3.691	0.3	30-mar	13-sep	167.18	198.06	1.55	11-mar	2-oct	159.90	205.34	1.53		
Cuyuxquihui, Edificio 1	T	E	PosTa	20.3098	97.2564	7.862	1.0	67.869	-60.285	98.031	1.3	24.00	0.50	1.217	1.5	7.540	1.3	24-mar	20-sep	180.37	184.88	7.65	9-abr	3-sep	147.40	217.84	7.01		
Cuyuxquihui, Edificio 4	T	W	PosTa	20.3098	97.2564	23.866	2.0	58.822	-56.840	113.928	1.3	NA	0.12	NA	NA	22.199	1.4	NA	NA	NA	NA	NA	2-jun	11-jul	39.32	325.92	25.72		
Dagamal Santa Rosa, grupo principal	T/P	S	?	18.1968	95.1068	18.706	1.0	66.528	-64.651	108.706	1.0	1.83	3.60	-17.234	1.0	18.821	1.0	1-feb	10-nov	83.17	282.07	7.01	15-may	30-jul	76.09	289.15	8.32		
El Guayabal, grupo principal	T/P	S	PreTa/C	18.2169	95.0754	5.621	1.0	74.965	-71.867	95.621	1.0	1.22	-0.37	-5.071	2.0	5.022	2.0	7-mar	6-oct	153.17	212.07	10.24	2-abr	10-sep	160.79	204.45	10.38		
El Tajin, Estructura 16	T	S	CTa	20.4464	97.3776	9.720	1.5	71.174	-66.324	98.917	1.0	8.23	5.00	-5.416	1.0	10.031	1.0	7-mar	7-oct	151.14	214.10	5.15	16-abr	28-ago	133.89	231.35	5.62		
El Tajin, Estructura 18	T	W	CTa	20.4457	97.3769	12.970	1.0	69.112	-64.859	103.820	1.0	7.00	4.00	-10.392	1.0	14.272	1.0	21-feb	20-oct	124.80	240.45	5.50	29-abr	15-ago	108.66	256.58	6.36		
El Tajin, Estructura 20	T	E	CTa	20.4460	97.3782	7.595	2.0	72.453	-67.117	100.866	1.5	6.83	6.62	-7.737	1.5	12.415	1.5	1-mar	13-oct	139.06	226.18	7.90	23-abr	21-ago	120.09	245.15	8.96		
El Tajin, Estructura 5	T	E	CTa/PosTe	20.4476	97.3779	-0.167	0.3	76.260	-68.376	90.983	0.7	12.77	3.40	3.503	0.8	2.032	0.8	29-mar	14-sep	168.72	196.52	4.12	26-mar	18-sep	176.26	188.98	4.08		

Tabla 3.1 (p. 3 de 3). Datos sobre las orientaciones en el área de estudio.

GOLFO DE MÉXICO		tipo	acceso hacia	periodo	ϕ_N	λ_W	A_N	error A_N	δ_N	δ_S	A_E	error A_E	H_E	H_W	δ_E	error δ_E	δ_W	error δ_W	fechas este		intervalos este		fechas oeste		intervalos oeste		error intv. este	error intv. oeste	
sitio, estructura	fechas este																		intervalos este	fechas oeste	intervalos oeste	error intv. este	error intv. oeste						
El Tajín, Pirámide de los Nichos	T	E	CTa/PosTe	20.4480	97.3782	12.593	0.5	69.625	-65.122	96.326	0.4	11.00	1.92	-2.017	0.5	6.490	0.5	15-mar	28-sep	168.43	196.82	2.54	6-abr	6-sep	153.14	212.10	2.65		
La Joya, pirámide	T	W	CTe	19.0688	96.1511	9.513	0.5	68.287	-69.176	98.451	0.9	0.15	1.17	-8.113	0.9	8.241	0.9	28-feb	14-oct	137.20	228.05	4.75	11-abr	2-sep	143.80	221.44	4.88		
La Venta, Complejo A	T/P	NS	PreM	18.1033	94.0409	-8.000	1.0	69.509	-70.786	82.000	1.0	-0.18	0.07	7.352	1.0	-7.755	1.0	9-abr	4-sep	148.28	216.96	5.31	28-feb	12-oct	139.85	225.39	5.23		
Laguna de los Cerros, grupo principal	T/P	S	PreM	18.0849	95.1178	-0.686	0.5	72.632	-72.152	89.314	1.0	0.58	0.02	0.690	1.0	-0.822	1.0	22-mar	21-sep	182.50	182.74	5.04	18-mar	25-sep	174.88	190.36	5.03		
Las Flores, pirámide	T	W	PosTe	22.2495	97.8768	NA	NA	NA	NA	114.367	2.0	-0.02	0.80	-22.690	2.0	22.599	2.0	7-dic	5-ene	29.58	335.66	29.57	5-jun	9-jul	33.30	331.95	33.29		
Los Azules, grupo oeste	T/P	E	C	18.6788	95.9721	NA	NA	NA	NA	106.319	1.0	0.13	1.48	-15.574	1.0	15.811	1.0	6-feb	4-nov	94.29	270.95	6.43	4-may	10-ago	98.54	266.70	6.80		
Los Ídolos, pirámide El Rey	T	N	CTa	19.8937	96.8618	28.777	1.0	55.439	-51.312	115.694	0.8	5.88	1.38	-21.813	0.9	24.443	0.9	11-ene	30-nov	42.98	322.26	10.99	22-jun	22-jun	0.00	365.24	8.62		
Malpasito, Acrópolis	T/P	N	CTa	17.3371	93.5994	21.817	1.0	63.467	NA	109.067	2.0	1.85	10.27	-17.680	2.0	21.076	2.0	30-ene	11-nov	80.00	285.24	14.44	26-may	19-jul	54.74	310.50	22.15		
Medias Aguas, Plaza I	T/P	S	CTa/Te	17.6929	95.0533	-14.490	1.5	67.019	-67.662	75.510	2.0	-0.20	0.77	13.535	2.0	-13.686	2.0	26-abr	18-ago	113.28	251.96	12.39	12-feb	29-oct	105.98	259.27	11.95		
Medias Aguas, Plaza II	T/P	E	CTa/Te	17.6929	95.0533	NA	NA	NA	NA	89.260	1.5	-0.13	0.38	0.482	1.5	-0.739	1.5	22-mar	22-sep	181.11	184.13	7.61	19-mar	25-sep	174.93	190.31	7.59		
Paxil, Edificio A (del Túnel)	T/P	NSEW	PosTe/Ta	19.9311	96.9062	19.795	1.0	61.650	-57.068	107.295	1.0	2.38	3.33	-15.469	1.0	17.314	1.0	6-feb	4-nov	94.71	270.53	6.42	9-may	5-ago	87.58	277.66	7.45		
Paxil, pirámide (Edificio de la Palma)	T	E	PosTe/Ta	19.9315	96.9074	20.295	1.0	61.327	-56.570	111.045	0.6	2.27	4.00	-18.999	0.7	21.069	0.8	25-ene	17-nov	69.61	295.63	5.64	26-may	19-jul	54.23	311.01	9.08		
Quiahuiztlán, Estructura 1	T	S	PosTa	19.6696	96.4146	9.840	2.0	67.344	NA	101.390	1.0	-0.40	9.95	-11.077	1.0	13.937	1.1	20-feb	22-oct	120.78	244.47	5.60	28-abr	16-ago	110.44	254.80	6.95		
Quiahuiztlán, Estructura 2	T	W	PosTa	19.6694	96.4144	7.840	0.5	68.710	NA	98.090	0.5	-0.40	7.50	-7.973	0.5	10.060	0.7	28-feb	14-oct	137.66	227.58	2.65	16-abr	27-ago	133.50	231.74	3.96		
Quiahuiztlán, Estructura 3	P	E	PosTa	19.6696	96.4155	36.090	1.0	48.991	-43.760	127.090	2.0	NA	1.57	NA	NA	35.098	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Quiahuiztlán, Estructura 4	P	E	PosTa	19.6698	96.4157	16.590	1.0	63.665	NA	106.090	1.0	NA	11.40	NA	NA	18.783	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	15-may	30-jul	75.80	289.44	8.38		
San Lorenzo, Grupos A y D	T/P	?	PreTe/PreM	17.7299	94.7724	-0.045	1.5	71.679	-72.881	88.980	2.0	-0.07	-0.08	0.773	1.0	-1.176	1.0	22-mar	21-sep	182.06	183.18	5.03	17-mar	25-sep	173.39	191.85	5.03		
Tamohi, Estructura Norte	P	S	PosTa	21.9533	98.7496	10.230	0.5	65.475	-64.542	99.355	0.5	0.05	0.77	-8.864	0.5	8.797	0.5	26-feb	16-oct	132.90	232.34	2.69	12-abr	31-ago	140.55	224.69	2.75		
Tamohi, Estructura Oeste	P	E	PosTa	21.9530	98.7499	19.905	0.5	60.263	-60.565	106.168	1.0	0.05	0.87	-15.164	1.0	15.139	1.0	7-feb	3-nov	96.55	268.70	6.35	1-may	12-ago	102.66	262.58	6.64		
Tamtoc, El Tizate	T	E	PosTe	21.9244	98.8200	NA	NA	NA	NA	107.036	1.0	-0.05	1.07	-16.015	1.0	16.031	1.0	5-feb	6-nov	91.15	274.09	6.59	4-may	9-ago	96.78	268.46	6.91		
Tres Zapotes, grupo Camila	T/P	E	PreTa	18.4784	95.4361	NA	NA	NA	NA	77.413	1.0	2.18	0.13	12.536	1.0	-12.062	1.0	23-abr	21-ago	119.48	245.76	5.96	17-feb	24-oct	115.86	249.38	5.68		
Vega de la Peña, Edif. del Dintel, norte	T	E	PosTe	19.9632	97.1488	-32.605	1.0	53.187	-49.852	58.395	1.0	9.83	13.03	32.905	1.0	-23.791	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	21-dic	21-dic	0.00	365.24	27.18		
Vega de la Peña, Edificio del Dintel, sur	T	E	PosTe	19.9632	97.1488	-27.605	1.0	58.219	-53.122	62.395	1.0	10.03	12.72	29.206	1.0	-20.500	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	18-ene	23-nov	56.22	309.02	9.65		
Vega de la Peña, Edificio de las Grecas	T	W	PosTe	19.9636	97.1472	-30.605	0.7	55.651	-50.924	58.520	0.9	10.50	11.50	32.988	1.0	-24.423	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	21-dic	21-dic	0.00	365.24	9.65		
Yohualichan, Edificios Norte y Este	T	S	CTa	20.0621	97.5028	14.546	0.5	64.340	-58.229	104.921	0.5	2.25	1.60	-13.288	0.5	14.448	0.5	13-feb	28-oct	108.34	256.90	2.95	29-abr	15-ago	107.53	257.71	3.20		
Yohualichan, Edificio Oeste	T	E	CTa	20.0619	97.5033	-9.048	1.5	66.955	-62.409	82.359	2.0	0.75	2.75	7.293	2.0	-6.300	2.0	8-abr	4-sep	148.88	216.36	10.70	4-mar	9-oct	146.57	218.67	10.37		

<i>fechas este/oeste</i>	Fechas de salida/puesta del Sol que corresponden a la declinación este/oeste. <i>NA</i> significa que la declinación rebasa el rango de declinaciones solares o que no se ha determinado (por razones mencionadas arriba). Las fechas valen para la época más probable de construcción del edificio correspondiente; aunque fueron determinadas con precisión, asumiendo que el equinoccio vernal correspondía en todos los casos a 21.0 de marzo (v. capítulo 2), en la tabla no se incluyen las fracciones del día, pero éstas fueron tomadas en cuenta en los cálculos de intervalos (v. <i>infra</i>).
<i>intervalos este/oeste</i>	Intervalos entre las fechas este/oeste, en días. <i>NA</i> refleja la ausencia de fechas en la columna correspondiente (v. <i>supra</i>). Los intervalos fueron calculados con precisión (es decir, con fracciones del día), tomando en consideración las fechas exactas que los delimitan y los valores de longitud del año trópico en las épocas respectivas (v. capítulo 2).
<i>error intv. este/oeste</i>	Posible error del intervalo este/oeste, derivado de los errores de las fechas este/oeste calculados con base en el error estimado de la declinación este/oeste.

Considerando que las fuentes escritas no especifican las reglas que dictaban la orientación de los edificios en Mesoamérica,⁷ es obvio que cualquier intento de comprenderlas debe partir de la búsqueda de regularidades o patrones que sólo pueden detectarse al analizar muestras suficientemente grandes de datos. Las orientaciones estudiadas en la presente obra pertenecen a dos subáreas mesoamericanas, definidas con base en diversas peculiaridades culturales por las que se distinguen, por lo que es posible que también se caractericen por prácticas de orientación distintas. Es por ello que, si bien la demarcación de las subáreas de Oaxaca y el Golfo de México es inevitablemente arbitraria y sujeta, además, a variaciones temporales, consideramos prudente analizar los datos obtenidos en los sitios arqueológicos de sendas regiones por separado.

Azimuts

La distribución de frecuencias de los azimuts en ambas regiones de estudio se presenta en las figuras 3.1 y 3.2. En la escala horizontal de cada histograma sólo se indican los valores de los azimuts hacia el norte o hacia el este (los azimuts en las direcciones opuestas son siempre 180° más grandes). Como acabamos de explicar en los comentarios a la tabla 3.1, los azimuts norte comprenden los valores entre -45° y 45° y los azimuts este los valores entre 45° y 135°. Los valores azimutales están espaciados en intervalos de 1°; cada columna representa el número de azimuts cuyos valores se encuentran en el rango de 1° centrado en el valor indicado abajo, de manera que, por ejemplo, la columna correspondiente al valor de 5° incluye los azimuts mayores de 4.5° y menores de o iguales a 5.5°. El hecho de que en cada par de histogramas la distribución de los

⁷ La única fuente documental que alude a la orientación astronómica de un edificio mesoamericano es la obra de Motolinía (1971: 51), quien escribe, refiriéndose al Templo Mayor de Tenochtitlán, que la fiesta mexicana 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”. Sobre la interpretación de esta referencia, compatible con la orientación del Templo Mayor, v. Šprajc (2000b; 2001: 402ss).

azimuts norte no es exactamente igual a la de los azimuts este se debe a que muchos edificios no son de planta exactamente rectangular.

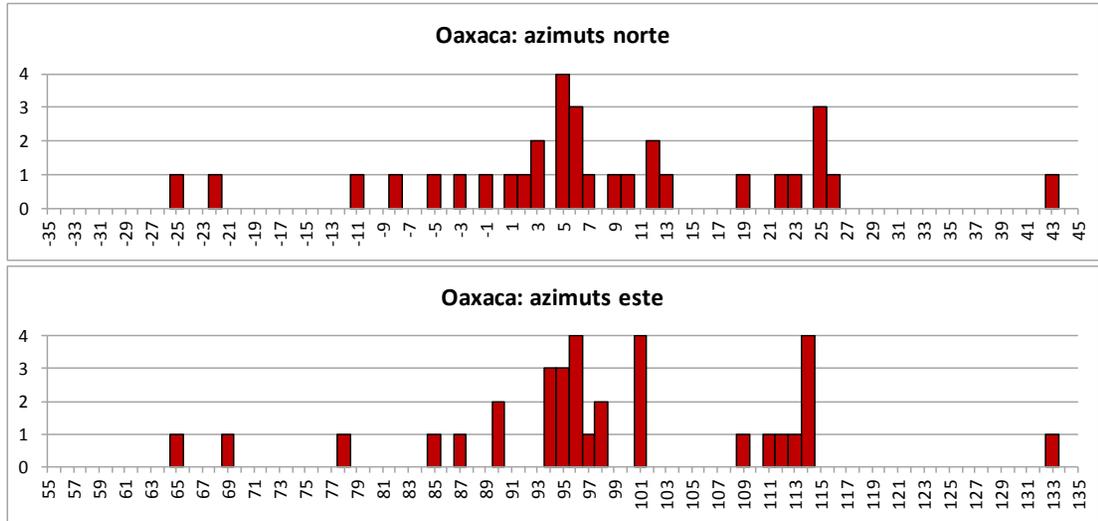


Figura 3.1. Distribución de frecuencias de los azimuts norte y este de las orientaciones en Oaxaca.

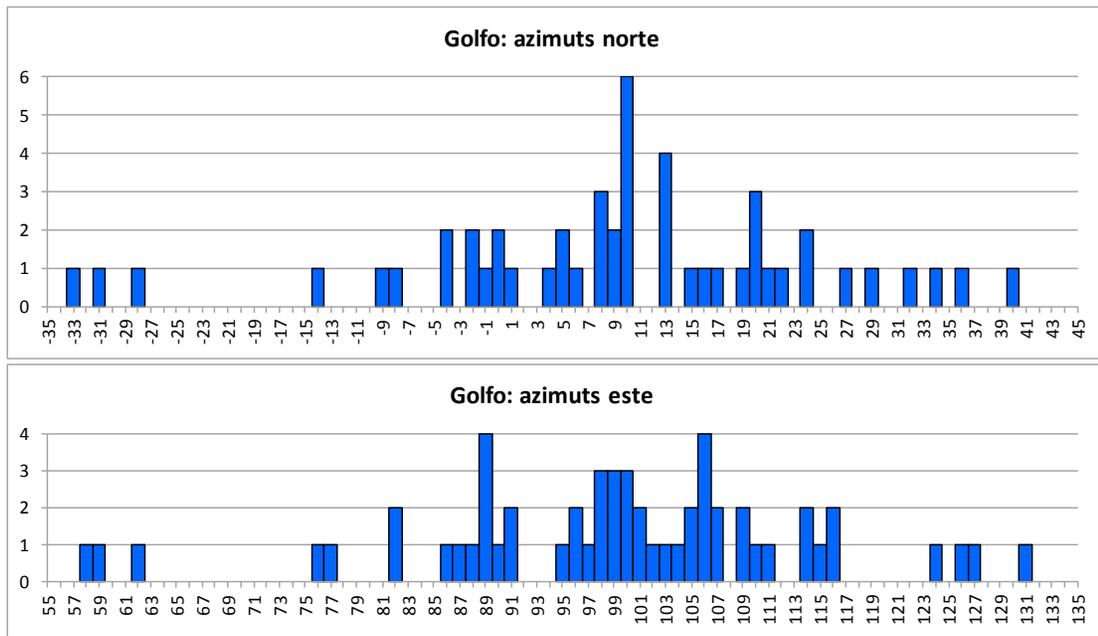


Figura 3.2. Distribución de frecuencias de los azimuts norte y este de las orientaciones en la Costa del Golfo.

Como se observa en las dos figuras, las distribuciones de los azimuts en Oaxaca y la Costa del Golfo son diferentes, pero en ningún caso uniformes, como esperaríamos si las orientaciones fueran adecuadas a la geomorfología local o motivadas por consideraciones de defensa o factores similares. Esta falta de uniformidad representa el primer indicio de que las orientaciones en ambas regiones se refieren a fenómenos astronómicos observables en el horizonte. En ambos casos predominan las orientaciones desviadas en el sentido de las manecillas de reloj con respecto a los rumbos cardinales. Según la argumentación presentada en otros estudios (Šprajc 2001: 88ss; 2004), esta tendencia, prevaleciente también en otras partes de Mesoamérica, deriva de una combinación de consideraciones astronómicas y el simbolismo relacionado con los rumbos del mundo o partes del universo. No obstante, en ambas regiones existen también algunos edificios desviados de los

rumbos cardinales en el sentido contrario al de las manecillas del reloj, siendo éstos más numerosos en el área del Golfo.

Aquí merecen ser mencionados los estudios que realizó Storck (1979; 1980) sobre los patrones de orientación de las iglesias coloniales, trazas urbanas y los campos de cultivo en los valles centrales de Oaxaca. Al identificar las áreas en las que predominan ciertas desviaciones respecto a los rumbos cardinales, este investigador sugirió que se trata de supervivencias de la época prehispánica, que reflejan el uso de un sistema geométrico basado en la unidad angular de 4.5° y propuesto anteriormente por Tichy (1991; la obra citada es la síntesis de sus interpretaciones, presentadas anteriormente en otras publicaciones). Aunque nuestra muestra de datos de Oaxaca es relativamente pequeña, destacan las pequeñas concentraciones de los azimuts desviados entre 5° y 7° y cerca de los 12° y 24° respecto a los rumbos cardinales (figura 3.1), confirmando el origen prehispánico de las orientaciones parecidas en las iglesias y campos de cultivo. Un ejemplo muy evidente lo constituye la desviación cerca de 12° que manifiestan los edificios prehispánicos de Mitla y que fue adoptada por la iglesia de San Pablo y partes de la traza urbana circundante. Asimismo llama la atención que las desviaciones entre 4° y 7° , que predominan en Monte Albán y San José Mogote, sobreviven en algunas iglesias coloniales y campos en el Valle de Etla, mientras que las orientaciones desviadas alrededor de 24° , materializadas en los sitios de Yagul, Caballito Blanco, Dainzú y Lambityeco, persisten en varias iglesias y límites parcelarios en los alrededores. Por otra parte, los datos disponibles sobre las orientaciones prehispánicas no manifiestan una distribución regular de los azimuts que corrobore la idea sobre el sistema geométrico basado en una unidad angular, conclusión a la que también habían llevado los análisis de los datos del centro de México y del área maya (Šprajc 2001: 62ss; Sánchez y Šprajc 2015).

Declinaciones

La distribución de frecuencias de las declinaciones que corresponden a los azimuts en las dos regiones estudiadas se presenta en las figuras 3.3 a 3.6. De manera abreviada, designaremos las declinaciones registradas en los horizontes norte, sur, este y oeste como declinaciones norte, sur, este y oeste. Los valores de declinación en la escala horizontal de cada histograma están espaciados en intervalos de 1° ; cada columna representa el número de declinaciones cuyos valores se encuentran en el rango de 1° centrado en el valor indicado abajo, de manera que, por ejemplo, la columna correspondiente al valor de 6° incluye las declinaciones mayores de 5.5° y menores de o iguales a 6.5° .

Casi todas las declinaciones este y oeste se encuentran dentro del rango de los valores que alcanza el Sol (entre aprox. -23.5° y 23.5°). Tal distribución, predominante también en otras partes de Mesoamérica, sugiere que las orientaciones, por regla general, eran funcionales en dirección este-oeste, registrando las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas del año (cf. Šprajc 2001: 25s; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015). Si bien es cierto que los núcleos de varios asentamientos están dispuestos a lo largo de un eje norte-sur, tales arreglos no necesariamente indican la importancia astronómica de las direcciones hacia el norte y el sur: los edificios distribuidos a lo largo de un eje norte-sur frecuentemente obstruían la vista en estas direcciones, permitiendo mejor visibilidad en las direcciones perpendiculares hacia el este y el oeste (cf. Peeler y Winter 1992: 40).

Por otra parte, hay que advertir que en las partes norte y sur del cielo los ángulos de intersección de las trayectorias del movimiento aparente de las estrellas con el horizonte son más

pequeños que en las partes oriente y poniente, situación que tiene dos consecuencias. La primera es que las variaciones en los azimuts corresponden a diferencias menores en las declinaciones correspondientes, por lo que las declinaciones norte y sur se encuentran dentro de un rango de valores más reducido que las este y oeste. Un ejemplo concreto lo representa la concentración, en el histograma de declinaciones norte de Oaxaca (figura 3.3), de los valores cerca de 74°, que corresponde a los azimuts norte entre 1.5° y 6.5° (Montículo H de Atzompa, Edificios B, II, IV, L, M, P y III de la Plataforma Sur en Monte Albán, Estructura 19 de San José Mogote) e incluso al azimut norte del Templo de la Luna de Guiengola, desviado casi 8° al poniente del norte (tabla 3.1). La segunda consecuencia es que las declinaciones calculadas para los azimuts en los cuadrantes norte y sur se ven afectadas en mayor medida por las variaciones en las alturas del horizonte que las que corresponden a los azimuts en los cuadrantes este y oeste; en otras palabras, la incertidumbre respecto a la altura del horizonte a lo largo de un azimut hacia el norte o el sur corresponde a un rango de error en la declinación más grande que en el caso de un azimut hacia el este o el oeste. Considerando que los alineamientos hacia el norte o el sur sólo pueden referirse a los puntos de salida o puesta de las estrellas, hay que agregar que su altura en el momento de su (des)aparición depende del ángulo de extinción (la mínima altura angular sobre el horizonte matemático o plano horizontal, requerida para que la estrella sea visible), que varía en función de la magnitud (intensidad del brillo) de la estrella, así como de las condiciones atmosféricas concretas. Debido a estas variables, resulta imposible estimar los posibles errores individuales de las declinaciones norte y sur (calculadas para la altura real del horizonte), por lo que no se incluyen en la tabla 3.1; en promedio, el error que debemos considerar para las declinaciones norte y sur es de unos dos grados.

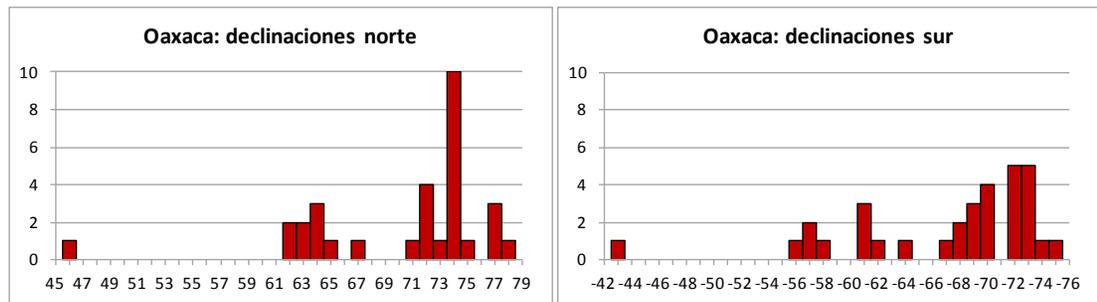


Figura 3.3. Distribución de frecuencias de las declinaciones norte y sur, correspondientes a las orientaciones en Oaxaca.

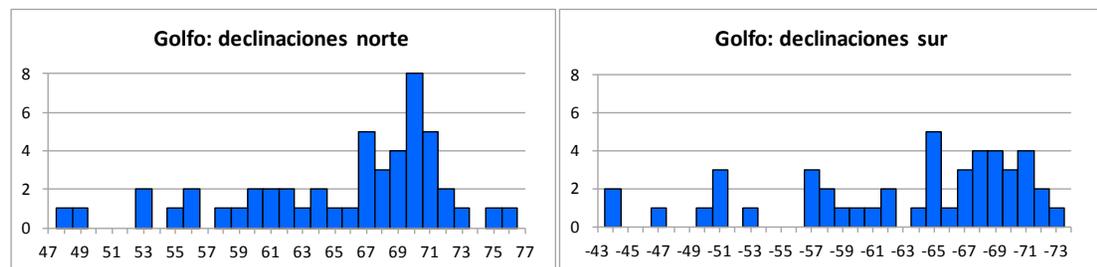


Figura 3.4. Distribución de frecuencias de las declinaciones norte y sur, correspondientes a las orientaciones en la Costa del Golfo.

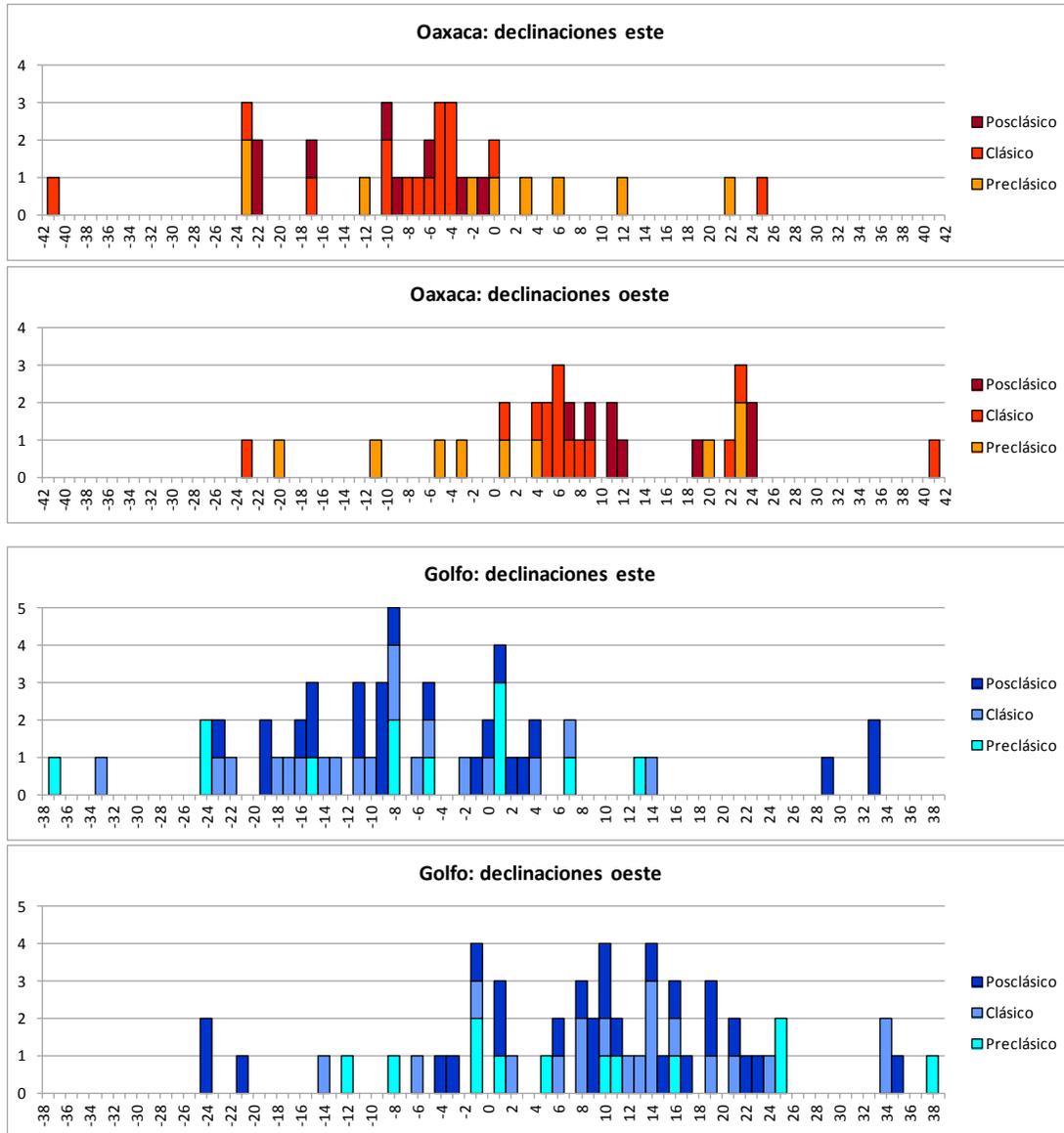


Figura 3.5. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste, correspondientes a las orientaciones en Oaxaca.

Figura 3.6. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste, correspondientes a las orientaciones en la Costa del Golfo.

Desde luego, no es imposible que algunos edificios fueran orientados hacia los puntos de orto u ocaso de algunas estrellas en los horizontes norte y sur. Sin embargo, e independientemente de que resulta difícil, en vista de todos los hechos enumerados, determinar de manera confiable los posibles referentes astronómicos de los azimuts norte-sur, las concentraciones que se observan en la distribución de las declinaciones este y oeste sugieren que las orientaciones eran funcionales predominantemente en estas direcciones.

En consideración de lo anterior, a continuación nos enfocaremos en el análisis de las orientaciones en sentido este-oeste. Para poder distinguir las posibles variaciones temporales, presentamos en los histogramas en las figuras 3.5 y 3.6 la distribución de las declinaciones este y oeste por periodos principales. No obstante, mientras que las distribuciones en las dos regiones de estudio son diferentes, no es posible discernir patrones que pudieran claramente asociarse con uno u otro de los tres periodos en cada región; las orientaciones del Clásico en Oaxaca a las que corresponden las concentraciones de las declinaciones entre -8° y -4° (este) y entre 4° y 8° (oeste) se

encuentran en su gran mayoría en un solo sitio (Monte Albán), por lo que su importancia en este periodo probablemente no se puede generalizar.

En vista de la falta de variaciones notables a través del tiempo, a continuación analizaremos la distribución de las declinaciones este y oeste que corresponden a las orientaciones de todos los periodos en una y otra región. Para este fin elaboramos las gráficas que presentan frecuencias relativas de las declinaciones (figura 3.7). Para obtener las curvas se tomaron en cuenta los errores, empleando el método conocido como estimación de la densidad del núcleo (*kernel density estimation*, KDE), por lo que los picos más pronunciados de cada curva representan los valores que posiblemente fueron logrados a propósito.⁸

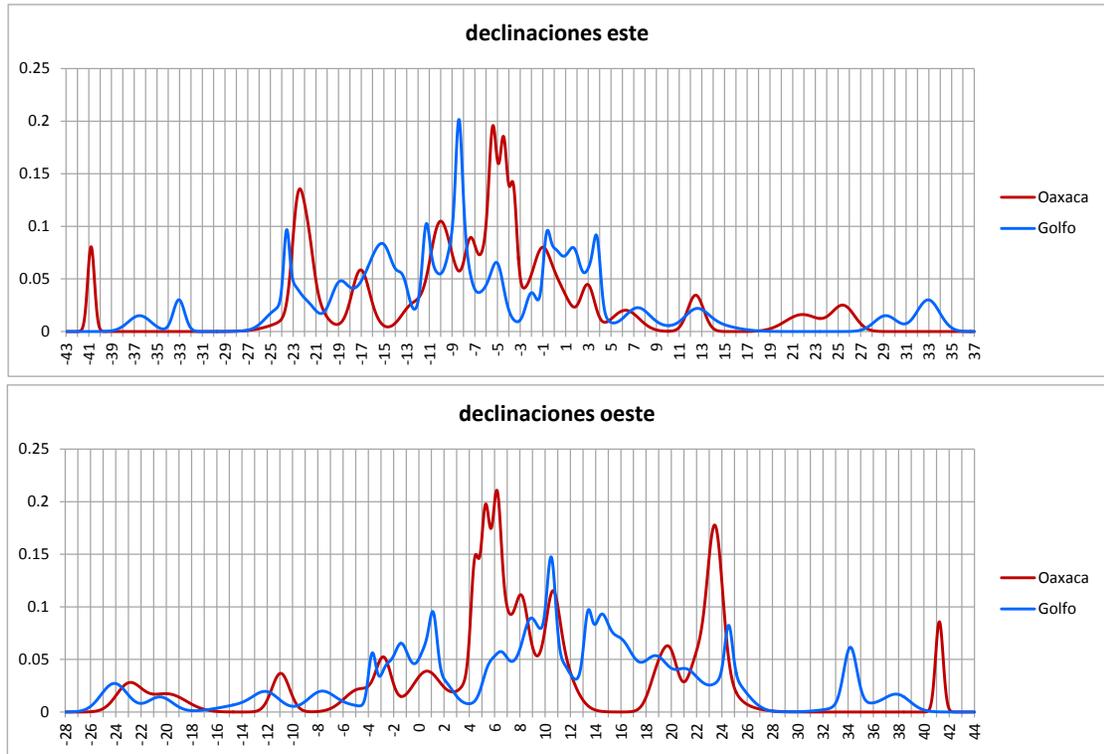


Figura 3.7. Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones este y oeste en las dos áreas de estudio.

Las concentraciones cerca de los valores de 23° y -23° han de referirse a las salidas y puestas del Sol en los solsticios, cuando el Sol alcanza sus declinaciones extremas (cerca de $\pm 23.5^\circ$). Para encontrar las orientaciones concretas que pueden relacionarse con los solsticios, hay que considerar las variaciones seculares en la oblicuidad de la eclíptica (ϵ). Tomando en cuenta los valores de ϵ en los periodos de construcción de los edificios⁹ y los errores asignados a las

⁸ A cada declinación se le asignó el error calculado con base en el error estimado del azimut y la altura del horizonte (tabla 3.1), asumiendo la distribución normal centrada en el valor nominal y con la desviación estándar de la incertidumbre especificada. Al sumar las distribuciones normales de todos los valores (empleando el software *Curvigram Version 1.01*, elaborado y amablemente proporcionado por Andrew G. K. Smith, *School of Chemistry and Physics, University of Adelaide, Australia*), se obtuvieron los datos para elaborar las curvas en la figura 3.7.

⁹ Existen diferentes fórmulas que, con variable precisión, permiten calcular la oblicuidad de la eclíptica para los periodos pasados. Para nuestros fines es adecuada la fórmula que presenta Meeus (1991: 135). Aveni (2001: 103) proporciona valores pasados de oblicuidad de la eclíptica en intervalos de 500 años.

declinaciones (tabla 3.1), resulta que las orientaciones probablemente solsticiales, tanto en Oaxaca como en la Costa del Golfo, son las que aparecen en la tabla 3.2; las declinaciones que pueden relacionarse con los solsticios, considerando los errores estimados, están en negritas (las abreviaturas en esta tabla y las siguientes son las que se emplean en la tabla 3.1). Podemos ver que las orientaciones solsticiales aparecen en todos los periodos.

sitio, estructura	acceso hacia	periodo	A_E	δ_E	error δ_E	δ_W	error δ_W
Bocana del Río Copalita, Templo Mayor	W	CTe/Ta	64.742	25.454	1.0	-22.966	1.0
Caballito Blanco, Estructuras A y P	EW	PreTa	114.184	-22.519	0.6	23.142	0.6
Cantona, Pirámide Central	E	PreTa	115.249	-23.585	0.3	24.543	0.3
Chiapa de Corzo, Estructura 32	E	PreTa	116.310	-24.483	1.0	25.492	1.0
Cuajilote, Templo Mayor	N	CTa	123.768	-23.077	0.6	34.305	0.5
Cuyuxquihui, Edificio 4	W	PosTa	113.928	NA	NA	22.199	1.4
Lambityeco, Montículo 195	W	CTa	114.418	-22.666	0.5	23.430	0.5
Las Flores, pirámide	W	PosTe	114.367	-22.690	2.0	22.599	2.0
Los Ídolos, pirámide El Rey	N	CTa	115.694	-21.813	0.9	24.443	0.9
Río Viejo, Montículo 1, Estructura 2	?	PreTa	113.416	-22.538	2.0	23.481	2.0
Vega de la Peña, Edificio del Dintel, norte	E	PosTe	58.395	32.905	1.0	-23.791	1.0
Vega de la Peña, Edificio de las Grecas	W	PosTe	58.520	32.988	1.0	-24.423	1.0
Yagul, Patio 1	NSEW	PosTa	113.956	-21.503	1.0	23.590	1.0
Yagul, Patio 4	NSEW	PosTe	114.251	-21.697	0.5	23.802	0.5

Tabla 3.2. Orientaciones que probablemente registraban las salidas y puestas del Sol en los solsticios.

Como se observa en la tabla 3.2, la direccionalidad es indicada, bajo estos criterios, para doce de las catorce orientaciones listadas, y es interesante que en varios casos coincide con la ubicación del acceso al edificio o la fachada principal. Además, aunque la muestra es pequeña, podría ser significativo que, según lo sugiere la comparación de las declinaciones solsticiales del Sol con las que corresponden a las orientaciones, los edificios en la región del Golfo marcaban mayormente el solsticio de diciembre y los de Oaxaca el solsticio de junio. La misma conclusión deriva de las gráficas en la figura 3.7: en el caso de Oaxaca el pico que corresponde al solsticio de junio entre las declinaciones oeste es más alto que el que marca el solsticio de diciembre entre las declinaciones este, además de que el valor del primero (23.44°) es más cercano a la declinación solsticial del Sol que el del segundo (-22.4°); en cambio, en las curvas del Golfo el pico entre las declinaciones este que corresponde al solsticio de diciembre es más alto y con el valor más exacto (-23.56°) que su contraparte entre las declinaciones oeste (24.54°).

La concentración de las declinaciones cerca de 0° (figuras 3.5 y 3.6) podría referirse a las posiciones del Sol en los equinoccios (los edificios correspondientes son el Montículo H de Atzompa, la Plataforma 1 de Bocana del Río Copalita, la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 5 de Cantona, El Pimiento, El Templo Mayor y el Templo de las Caritas de Cempoala, el Edificio 1 de Cuyuxquihui, el grupo principal de Laguna de los Cerros, la Plaza II de Medias Aguas y los Grupos A y D de San Lorenzo). Sin embargo, en la figura 3.7 podemos observar que ninguna de las curvas manifiesta un pico sobre el valor de 0° ; las declinaciones de Oaxaca tienen picos sobre los valores -1.0° (este) y 0.66° (oeste), mientras que los cuatro picos en las curvas para el Golfo corresponden a los valores de -0.58° y 1.64° (este) y -1.4° y 1.1° (oeste). Tal tendencia en ambas regiones es difícilmente fortuita, sobre todo porque los valores positivos de estos picos son cercanos a las declinaciones que alcanza el Sol en los llamados días de cuarto del año (aprox. 1°), es decir, en las fechas que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro partes de aproximadamente igual duración (23 de marzo y 21 de septiembre, ± 1 día). Si recordamos que las

orientaciones equinocciales son prácticamente inexistentes en otras partes de Mesoamérica (Šprajc y Sánchez 2013a), mientras que varios alineamientos en el centro de México y las tierras bajas mayas corresponden a los días de cuarto del año (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015), resulta sumamente probable que estas fechas fueran registradas también por las orientaciones referidas en Oaxaca y el Golfo de México. El hecho de que cada una de las curvas que corresponden al Golfo presenta un pico con el valor negativo y otro con el positivo se debe a que algunas orientaciones de este grupo marcan las fechas de cuarto del año en el horizonte poniente y otras en el horizonte opuesto, mientras que las dos orientaciones oaxaqueñas de este grupo las registran en el horizonte poniente (cf. tabla 3.1).

Entre las declinaciones este y oeste que están fuera del ángulo solar (figuras 3.5, 3.6 y 3.7) llama la atención la declinación este registrada por el sector sur del Edificio del Dintel en Vega de la Peña, ya que concuerda con bastante precisión a la del extremo mayor norte de la Luna (tabla 3.1). Cada 18.6 años, la Luna alcanza sus extremos o paradas mayores, teniendo la declinación de aproximadamente $\pm 28.5^\circ$. La declinación lunar que corresponde al Edificio del Dintel, considerando la paralaje que debe tomarse en cuenta, es 29.482° , pero su relación con la Luna es posible debido al error que estimamos para esta orientación (tabla 3.1; sobre los detalles del movimiento aparente de la Luna v. Sánchez y Šprajc 2015). En nuestra muestra, ésta es la única estructura que puede relacionarse con los extremos lunares mayores, pero la intencionalidad de esta correspondencia no se puede descartar, considerando que varias orientaciones lunares han sido identificadas en las tierras bajas mayas, el mayor número en la costa nororiental de la península de Yucatán, es decir, precisamente en la región conocida por la popularidad del culto lunar (Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015).

Además, resulta significativo que el sector norte del mismo Edificio del Dintel manifiesta la orientación solsticial (tabla 3.2). De acuerdo con lo que argumentamos en otro lugar (Sánchez y Šprajc 2015), la asociación de las orientaciones solares y lunares, encontrada en varios sitios del área maya, refleja la observación de los extremos lunares durante la Luna llena. Debido a la mecánica celeste, las salidas y puestas extremas de la Luna llena siempre ocurren cerca de los solsticios, cuando también el Sol llega a sus posiciones extremas, pero además se observa un interesante contraste: la Luna llena llega a sus extremos *norte* siempre cerca del solsticio de invierno, cuando el Sol sale y se pone en su punto más alejado hacia el *sur*, mientras que cerca del solsticio de verano, cuando el Sol alcanza sus puntos extremos de salida y puesta hacia el *norte*, la Luna llena sale y se pone en los puntos más alejados hacia el *sur*. Esto significa –recordando que la Luna llena siempre sale aproximadamente en los momentos de la puesta del Sol y se pone al amanecer– que las posiciones extremas del Sol y de la Luna llena se observan en los lados diametralmente opuestos del horizonte, además de que el tiempo durante el cual la Luna llena alumbra la noche es el más largo justamente en la época del año cuando los días son los más cortos, y viceversa; obviamente, el lapso durante el cual la Luna llena permanece arriba del horizonte es particularmente largo/corto durante sus extremos mayores (cf. Thom 1971: 22s; Ruggles 1999: 149; 2005: 272s). Son precisamente estas contraposiciones de los dos astros las que probablemente motivaron el interés por los extremos lunares en varias culturas antiguas, en las que la existencia de alineamientos hacia estos fenómenos ha sido demostrada (cf. Thom 1971; Ruggles 1999; Belmonte y Hoskin 2002).

También los extremos o paradas menores de la Luna, cuando el astro tiene declinaciones cerca de $\pm 18.5^\circ$, ocurren en intervalos de 18.6 años. Las orientaciones que podrían estar relacionadas con estos fenómenos están listadas en la tabla 3.3, marcándose en negritas las declinaciones que podrían referirse a los extremos menores. Para encontrarlas, se empleó el

procedimiento descrito con detalle en otro estudio (Sánchez y Šprajc 2015): para los alineamientos listados en la tabla 3.1 se calcularon las declinaciones lunares, tomando en cuenta la paralaje; debido a diversas incertidumbres se aumentaron los errores estimados por 0.5° y se seleccionaron las declinaciones que, tomando en cuenta estos errores, están dentro del rango de los valores extremos que corresponden al fechamiento de las estructuras.

sitio, estructura	acceso hacia	periodo	A_E	δ_E lunar	error δ_E lunar	δ_W lunar	error δ_W lunar
Caballito Blanco, Estructura O	E	PreTa	68.934	22.111	2.0	-19.625	2.0
Cempoala, Templo de Ehécatl	E	PosTa	109.725	-18.411	1.5	19.265	1.5
Dagamal Santa Rosa, grupo principal	S	CTa	108.706	-16.914	1.5	19.112	1.5
Malpasito, Acrópolis	N	CTa	109.067	-17.372	2.5	21.311	2.5
Paxil, Edificio A (del Túnel)	E	PosTe/Ta	107.295	-15.122	1.5	17.634	1.5
Paxil, pirámide (Edificio de la Palma)	E	PosTe/Ta	111.045	-18.643	1.2	21.389	1.3
Quiahuiztlán, Estructura 4	E	PosTa	106.090	NA	NA	19.054	1.5
Zaachila, Montículo A	?	PosTa	108.783	-16.789	1.2	19.243	1.2

Tabla 3.3. Orientaciones posiblemente relacionadas con los extremos lunares menores.

Aunque la interpretación lunar de las orientaciones que aparecen en la tabla 3.3 es hipotética, ya que su otro referente astronómico pudo haber sido el Sol, hay algunos datos que la apoyan. Como veremos en el siguiente apartado, estas orientaciones no pertenecen a ninguno de los grupos solares que se pueden identificar. Asimismo llama la atención el que la Estructura O de Caballito Blanco, que puede relacionarse con los extremos menores sur de la Luna en el horizonte poniente, se encuentra asociada a las Estructuras A y P, cuyas orientaciones corresponden a las puestas del Sol en el solsticio de junio (tabla 3.2); suponiendo que se observaban los extremos sur de la Luna llena, estos fenómenos –como acabamos de explicar– ocurrían precisamente alrededor del solsticio de junio.

sitio, estructura	acceso hacia	periodo	A_E	δ_E	error δ_E	δ_W	error δ_W	φ_N
Cempoala, Templo de Ehécatl	E	PosTa	109.725	-18.744	1.0	18.940	1.0	19.4439
Dagamal Santa Rosa, grupo principal	S	?	108.706	-17.234	1.0	18.821	1.0	18.1968
Las Flores, pirámide	W	PosTe	114.367	-22.690	2.0	22.599	2.0	22.2495
Quiahuiztlán, Estructura 4	E	PosTa	106.090	NA	NA	18.783	1.0	19.6698

Tabla 3.4. Orientaciones que podrían estar relacionadas con las puestas del Sol en los días de su paso por el cenit.

Las declinaciones oeste señaladas por cuatro estructuras en el área del Golfo son cercanas a los valores de latitud geográfica de los respectivos lugares, por lo que el objetivo de estas orientaciones podría haber sido el de marcar las puestas del Sol en los días de su tránsito cenital (tabla 3.4). No obstante, considerando los errores estimados, las orientaciones del Templo de Ehécatl de Cempoala, el grupo principal de Dagamal Santa Rosa y la Estructura 4 de Quiahuiztlán también pueden relacionarse con los extremos menores de la Luna (tabla 3.3), mientras que la orientación de la pirámide de Las Flores es compatible también con los solsticios (tabla 3.2). En vista de la ubicuidad de las orientaciones solsticiales en Mesoamérica, la relación con los solsticios en este último caso resulta más probable, mientras que en los tres restantes parece más creíble el propósito de marcar las paradas menores de la Luna: los tres edificios se localizan en la Costa del Golfo, es decir, precisamente en el área donde fue encontrada la única orientación, entre las

analizadas en el presente estudio, que corresponde a los extremos lunares mayores (parte sur del Edificio del Dintel en Vega de la Peña; v. *supra*). Recordemos, además, que las orientaciones que puedan relacionarse con las posiciones del Sol en los días de su tránsito cenital son muy escasas también en el centro de México y las tierras bajas mayas; también en estos casos son más probables las explicaciones alternativas (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015).

Los motivos astronómicos de las pocas orientaciones que señalan declinaciones más allá de las que alcanzan el Sol y la Luna (figuras 3.5, 3.6 y 3.7) no son evidentes. La única orientación de este tipo en nuestra muestra de datos de Oaxaca es la del Edificio J de Monte Albán; en ausencia de otros alineamientos similares y de datos contextuales pertinentes, ninguna de las diversas interpretaciones que se han propuesto, relacionándola con una u otra estrella (v. capítulo 4), resulta particularmente convincente. En la distribución de las declinaciones este y oeste correspondientes a las orientaciones en el área del Golfo de México se observan pequeñas concentraciones alrededor del valor de 34° (figuras 3.6 y 3.7). Los edificios involucrados son la pirámide de la Unidad 70 de Cantona, la Estructura 3 de Quiahuiztlán, el Templo Mayor de Cuajilote y los Edificios del Dintel y de las Grecas en Vega de la Peña (tabla 3.1). Las orientaciones de las últimas tres estructuras fueron probablemente funcionales en direcciones opuestas. El Templo Mayor de Cuajilote marca la declinación de 34.305° en el horizonte poniente, pero la declinación que le corresponde a este edificio en el horizonte oriente ($-23.077^\circ \pm 0.6^\circ$) sugiere que su orientación registraba las salidas del Sol en el solsticio de diciembre; de manera análoga, la parte norte del Edificio del Dintel y el Edificio de las Grecas en Vega de la Peña marcan declinaciones de casi 33° en el horizonte oriente, pero probablemente eran funcionales en dirección opuesta, señalando las puestas del Sol en el solsticio de diciembre (tabla 3.2). Anotemos, no obstante, que durante el Clásico Tardío y el Posclásico Temprano, periodos a los que pertenecen los edificios de Cuajilote y Vega de la Peña (v. capítulo 4), la estrella Cástor (α *Geminorum*) tenía la declinación de aproximadamente 33.5° (Hawkins 1968: 73)¹⁰ y que sus salidas acrónicas y sus puestas cósmicas ocurrían unos días antes y después, respectivamente, del solsticio de diciembre (cf. Aveni 2001: 115, tabla 10).¹¹ Por lo tanto, podríamos especular que las orientaciones mencionadas tuvieran el objetivo de marcar tanto las posiciones del Sol en el solsticio invernal como las de la estrella Cástor, que en esta época del año era visible casi simultáneamente sobre el horizonte opuesto; desde luego, para reforzar la hipótesis necesitaríamos contar con otros casos análogos, o con datos independientes sobre la importancia de la estrella referida. Cabe agregar que las declinaciones calculadas para los edificios mencionados de Cuajilote y Vega de la Peña no requieren corrección por el ángulo de extinción de la estrella Cástor, debido a las considerables alturas del horizonte en los tres casos (más de 7° : tabla 3.1). En cambio, tales correcciones serían necesarias en el caso de la pirámide de la Unidad 70 de Cantona y de la Estructura 3 de Quiahuiztlán, resultando en que las declinaciones listadas en la tabla 3.1 aumentarían cuando menos 1° , por lo que la relación de estas orientaciones con la misma estrella es menos probable (sobre los problemas relacionados con el cálculo de los ángulos de extinción, v. Schaefer 1986; 2000).

¹⁰ Las coordenadas de las estrellas para épocas pasadas pueden obtenerse también mediante el software gratuito *Stellarium* (<http://www.stellarium.org/>).

¹¹ Debido al movimiento aparente del Sol sobre el fondo estelar, la visibilidad de las estrellas cambia a través del año. La última salida visible de una estrella, ocurriendo después del ocaso del Sol, es su *salida acrónica*. En la noche siguiente la estrella ya no es observable en el momento de su orto, porque al anochecer aparece ya un poco arriba del horizonte oriental. Cuando en la mañana siguiente sale el Sol, la estrella todavía no se ha puesto, sino que desaparece algo arriba del horizonte occidental, pero algunos días después se puede observar por primera vez su ocaso antes de la salida del Sol, fenómeno llamado *puesta cósmica*.

Orientaciones solares: fechas e intervalos

Los estudios realizados en el centro de México y las tierras bajas mayas han demostrado que las orientaciones solares tienden a marcar fechas separadas por intervalos calendáricamente significativos, particularmente por los múltiplos de 13 y de 20 días, es decir, de los periodos elementales del sistema calendárico mesoamericano (Aveni y Hartung 1986; Aveni *et al.* 2003; Šprajc 2001; 2015; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2012). Es por ello que para las declinaciones que pueden relacionarse con el Sol (y que, como ya fue mencionado, predominan en nuestra muestra) aparecen en la tabla 3.1 no sólo las fechas correspondientes sino también los intervalos que las separan.

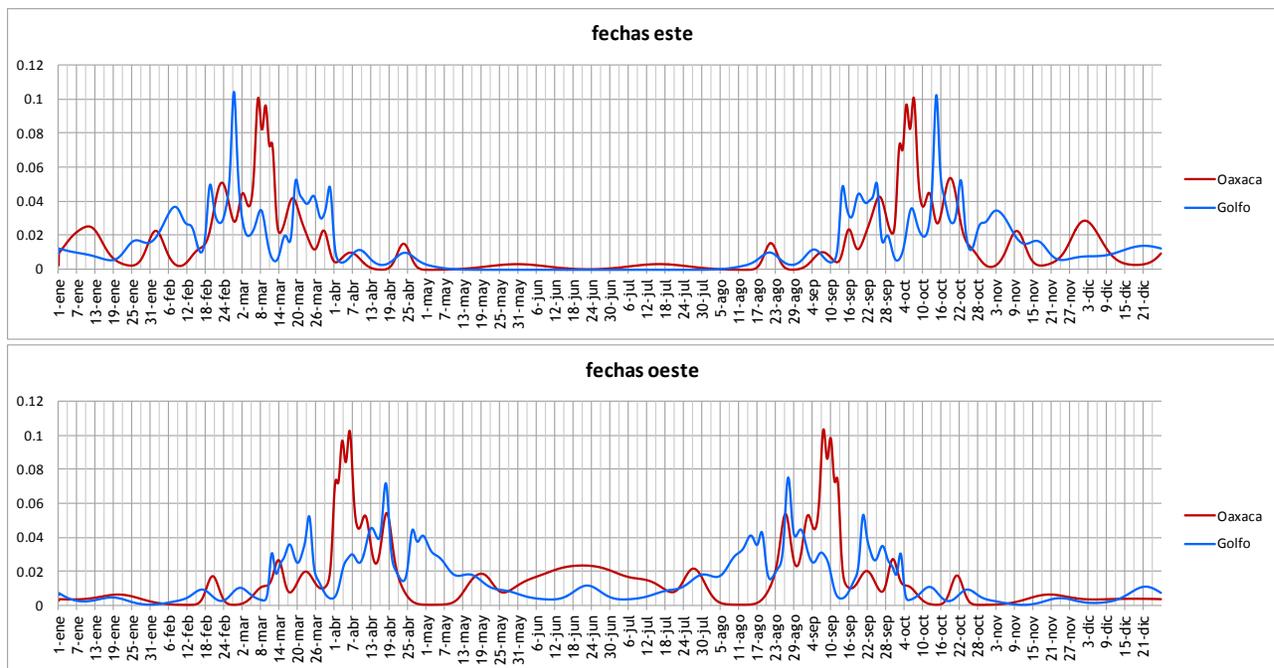


Figura 3.8. Distribución de frecuencias relativas de las fechas registradas por las orientaciones en los horizontes este y oeste.

Para los fines del análisis elaboramos las gráficas que presentan las frecuencias relativas de las fechas y los intervalos, con valores marcados en la escala horizontal (figuras 3.8 y 3.9). También en este caso empleamos, para obtener las curvas, el método explicado arriba en relación con el análisis de las declinaciones (estimación de la densidad del núcleo), asignando a cada fecha el error en días calculado con base en el error de la declinación, este último derivado de las incertidumbres del azimut y la altura del horizonte (tabla 3.1). Los errores de las fechas que se consideraron, aunque no se incluyen en la tabla 3.1, fueron calculados con fracciones del día para lograr mayor precisión en el cálculo y la evaluación de los intervalos (*v. infra*). Para simplificar las referencias, vamos a designar las fechas registradas en los horizontes este y oeste de manera abreviada como fechas este y oeste, respectivamente; de igual manera, los intervalos que separan las fechas este/oeste se designarán como intervalos este/oeste. Como ya fue notado, las distribuciones de las declinaciones en Oaxaca y el Golfo son diferentes, pero en ninguna de las dos regiones es posible discernir variaciones notables en función del tiempo; puesto que, por ello –y por ser relativamente pequeñas las muestras de datos–, no tendría mucho sentido analizar las distribuciones de las fechas

y los intervalos para cada periodo por separado, las gráficas en las figuras 3.8 y 3.9 están basadas en todos los datos de ambas regiones.

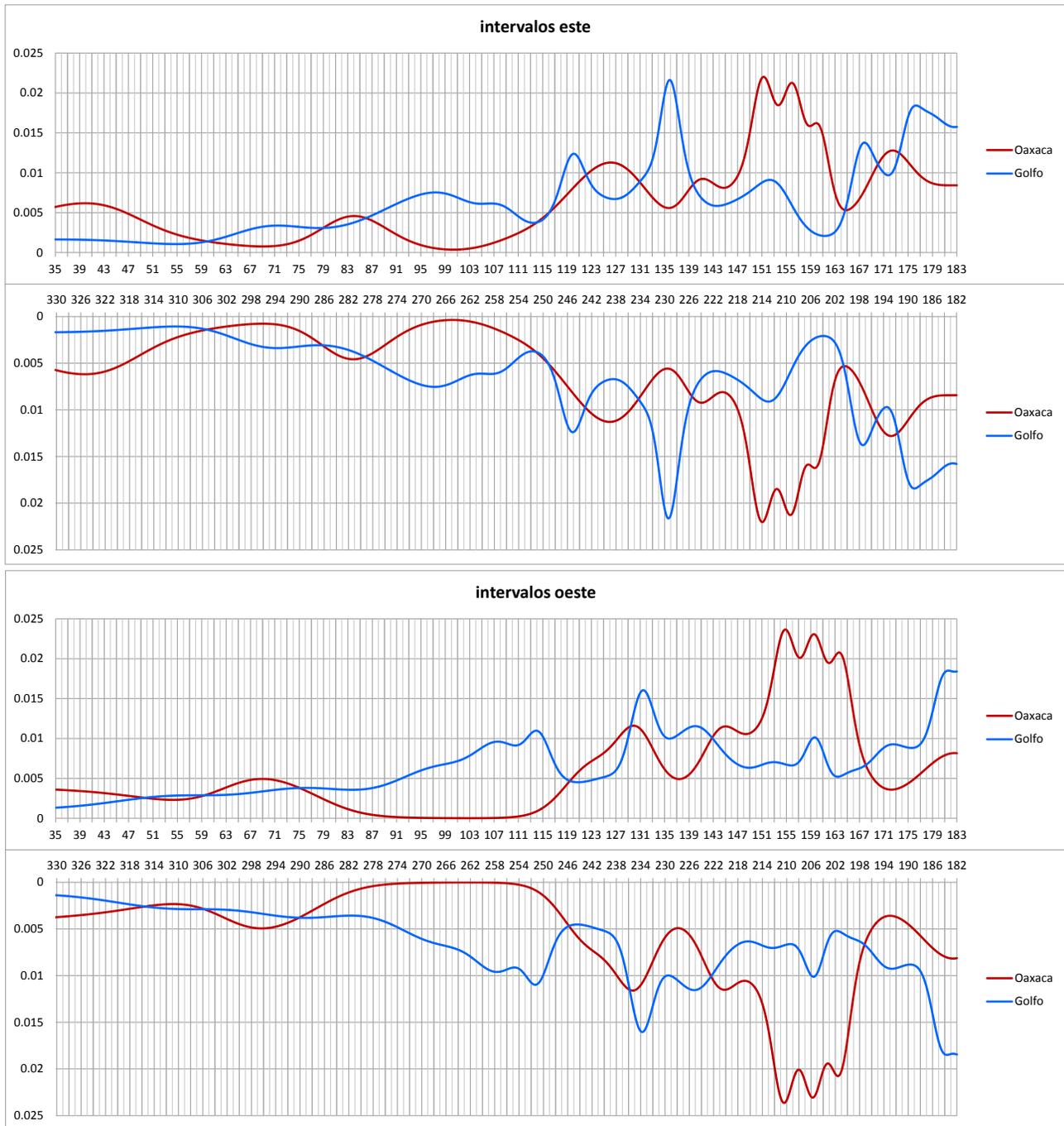


Figura 3.9. Distribución de frecuencias relativas de los intervalos que separan las fechas este y oeste.

En las dos regiones, pese a las diferencias que se observan en las distribuciones de las fechas (figura 3.8), las concentraciones más pronunciadas corresponden a cuatro épocas del año, como también ocurre en otras partes de Mesoamérica (Šprajc 2001: 64ss, fig. 8; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez *et al.* 2014; Sánchez y Šprajc 2015). La explicación más probable de estas concentraciones

es que se refieren a cuatro épocas del año importantes en el ciclo agrícola (v. capítulo 5). Asimismo notamos pequeñas concentraciones alrededor de las fechas solsticiales. Aunque la existencia de orientaciones solsticiales fue mostrada con el análisis de las declinaciones (*supra*), los picos correspondientes en la figura 3.8 no son muy marcados. El hecho se debe a que estas gráficas consideran los errores en días, determinados para cada fecha con base en el error en declinación, y que un mismo error en declinación corresponde en diferentes épocas del año a distintos errores en días; éstos aumentan conforme nos acercamos a los solsticios, por lo que la concentración de las fechas cerca de los solsticios (cada una representada como distribución normal centrada en el valor calculado y con la desviación estándar del error) resulta en una curva mucho más aplanada que en el caso de otras fechas.

Aquí hay que advertir que a cada alineamiento, salvo a los solsticiales, le corresponden dos fechas de salida del Sol y dos fechas de su puesta. En otras palabras, las orientaciones que corresponden a un grupo de fechas en el horizonte oriente necesariamente señalan otra concentración de fechas en el horizonte opuesto, aunque no necesariamente los dos grupos fueron logrados intencionalmente. Para tratar de determinar la direccionalidad de las orientaciones, es decir, para establecer las direcciones observacionalmente funcionales de los alineamientos, a continuación analizaremos los intervalos que separan las fechas más frecuentemente registradas por los alineamientos.

En la tabla 3.1 se citan, para cada orientación potencialmente solar, ambos pares de fechas (o sólo uno, si la orientación este-oeste –por razones expuestas en el capítulo 4– pudo ser funcional sólo en una dirección), así como los dos intervalos que separan cada par de fechas y cuya suma es siempre igual a la duración del año trópico. Los intervalos que separan las fechas señaladas en el horizonte este están listados en la tabla 3.1 en las columnas con el encabezado *intervalos este*, en tanto que en las columnas con el encabezado *intervalos oeste* aparecen los que separan las fechas marcadas en el horizonte opuesto. Los intervalos fueron calculados con precisión (con fracciones del día), a partir de las fechas exactas y tomando en cuenta la duración del año trópico en la época de construcción del edificio correspondiente (v. aclaraciones en el capítulo 2). Sus posibles errores, calculados con base en los errores de las fechas, se consideraron en los cálculos resultantes en las gráficas de la figura 3.9, que presentan las distribuciones de frecuencias relativas de los intervalos en días, marcados en la escala horizontal. Las curvas de los intervalos complementarios marcados en uno y otro horizonte están graficadas hacia arriba y hacia abajo y son simétricas, porque –recordemos– una orientación corresponde en un mismo horizonte a dos fechas que dividen el año en dos intervalos complementarios, equivaliendo su suma a la duración del año trópico. Las gráficas no incluyen los intervalos menores de 35 días y sus complementos, ya que éstos separan fechas cercanas a los solsticios; considerando sus posibles errores, las orientaciones correspondientes seguramente fueron destinadas a marcar precisamente las fechas solsticiales.

Aunque las muestras de datos que tenemos para las dos regiones estudiadas son relativamente pequeñas, las distribuciones de fechas e intervalos, manifestando concentraciones alrededor de algunos valores, sugieren que las orientaciones fueron diseñadas para registrar fechas separadas por ciertos intervalos calendáricamente significativos. Por ejemplo, en las curvas de intervalos que corresponden a las orientaciones en la Costa del Golfo, los picos cerca de 136/229 (este) y 131/234 días (oeste) pertenecen al grupo que probablemente señalaba las puestas del Sol en las fechas 18 de abril y 26 de agosto, separadas por 130 (= 10×13) días. Otro grupo al parecer registraba los ortos solares en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, con un intervalo intermedio de 120 (= 6×20) días, representado por un pico cerca de este valor en la curva de los intervalos este. Los picos cerca de los intervalos 152/213 (este) y 160/205 (oeste) derivan del grupo que

seguramente marcaba el intervalo de 160 ($= 8 \times 20$) días en el horizonte oeste. En las curvas de intervalos que corresponden a las orientaciones en Oaxaca, los picos más altos se encuentran cerca de 151/214 (este) y 155/210 días (oeste), pero en este caso constatamos, al revisar los datos, que las orientaciones que producen estos picos son tan diferentes que no parecen pertenecer a un solo grupo que tuviera el mismo referente astronómico. En cambio, los picos cerca de los intervalos de 156/209 (este) y 159/206 días (oeste) resultan de las orientaciones que probablemente marcaban las salidas del Sol en las fechas 9 de marzo y 4 de octubre, separadas por 156 ($= 12 \times 13$) días, o las puestas en los días 3 de abril y 10 de septiembre, que delimitan un intervalo de 160 ($= 8 \times 20$) días. Finalmente, en ambas regiones se observan concentraciones de los intervalos oeste cerca de 182/183 días; se trata de las orientaciones que corresponden a las puestas del Sol en los días de cuarto del año (figuras 3.8 y 3.9, tabla 3.1).

En vista del tamaño reducido de la muestra de datos, los grupos mencionados son pequeños y, debido a los errores que tenemos que considerar, frecuentemente no es posible proponer sus referentes astronómicos de manera convincente. Sin embargo, como se verá en la discusión de los casos particulares en el capítulo 4, resulta probable que las orientaciones solares en ambas regiones de estudio, en su mayoría, marcaran algún intervalo que es múltiplo de 13 o de 20 días. La información contextual que nos permita acercarnos a la comprensión del significado de estos patrones de orientación se presentará en el capítulo 5.

Regresando, después de esta discusión, a las orientaciones potencialmente lunares listadas en la tabla 3.3, podemos ver que ninguna pertenece a alguno de los grupos que identificamos arriba. Considerando los posibles errores en los datos, es posible que algunas marcaran algún intervalo significativo, siendo particularmente llamativo el de 80 días que separa las fechas señaladas por la Acrópolis de Malpasito en el horizonte oriente (tabla 3.1). Para las demás, sin embargo, el referente solar no es tan obvio; aunque algunas podrían referirse a las puestas del Sol en los días cuando éste pasa por el cenit (tabla 3.4), ya mencionamos las circunstancias por las que parece más probable su relación con los extremos lunares.

4 Comentarios sobre orientaciones particulares

En este capítulo se discuten las orientaciones en cada uno de los sitios incluidos en el estudio. Los sitios en una y otra región aparecen en orden alfabético. Basándonos en los análisis presentados en el capítulo anterior, proponemos para cada orientación su significado (o sus posibles significados) y, de estar disponibles, también mencionamos los datos contextuales o comparativos que apoyan la interpretación propuesta. Asimismo nos referimos a las interpretaciones que sobre algunas orientaciones fueron proporcionadas por otros investigadores. No repetimos los datos pormenorizados sobre cada orientación, ya que éstos se encuentran en la tabla 3.1.

Como ya puntualizamos en el capítulo 2, si en un sitio dos o más edificios adyacentes comparten la misma orientación, ésta fue considerada en los análisis como un solo alineamiento; en estos casos escogimos como relevante la estructura que parece ser la más idónea para las observaciones astronómicas, asumiendo que su orientación fue rectora en el conjunto y que las de las estructuras aledañas fueron ajustadas a ella, sin que fueran observacionalmente funcionales por sí mismas. Sin embargo, si varios edificios en un sitio comparten la misma orientación, tal hecho sugiere su importancia, por lo que en el presente capítulo llamamos la atención a estos casos.

Oaxaca

Atzompa, Oaxaca

La estructura más alta del sitio es el Montículo H (o Edificio 4) situado en el flanco poniente de la Plaza A en la cumbre del cerro en el que se extiende el sitio, que pertenece al Clásico Tardío (época Monte Albán IIIB-IV; Aguirre 1986; Robles y Andrade 2011). El edificio es de planta bastante irregular y su orientación no se puede determinar con precisión. El azimut este-oeste en la tabla 3.1 corresponde al eje de simetría del edificio que, prolongado hacia el oriente, pasa por el centro del adoratorio en la plaza. El azimut es casi 90° y podría referirse a las salidas del Sol en los equinoccios; sin embargo, considerando la notable desviación del azimut norte-sur en el sentido de las manecillas de reloj, es más probable que la orientación marcara las puestas del Sol en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre, ± 1 día). El Montículo C y la Casa del Oriente tienen orientaciones muy parecidas.

Bocana del Río Copalita, Oaxaca

Según Matadamas y Ramírez (2010; 2011), el sitio muestra varias etapas de ocupación: el conjunto habitacional en la parte alta de una elevación natural, incluyendo el gran basamento llamado Plataforma 1, pertenece a la época temprana, entre los años 500 a.C. y 100 d.C., mientras que el conjunto cívico-ceremonial en la parte baja, con el Edificio de la Serpiente (Estructura II) y el Templo Mayor (Estructura IV), se funda entre los años 100 a.C. y 350 d.C. Debido al estado actual de los edificios, sus orientaciones no se pueden determinar con precisión. La orientación de la Plataforma

1 es casi cardinal y podría referirse a las posiciones equinocciales del Sol; sin embargo, en vista de la ligera desviación en el sentido de las manecillas de reloj (tabla 3.1), es más probable que la estructura señalara las puestas del Sol en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre, ± 1 día). El Templo Mayor y el Edificio de la Serpiente, en cambio, están desviados en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales; el primero, con el acceso hacia el poniente, fue seguramente orientado hacia las puestas del Sol en el solsticio de diciembre, mientras que el segundo, con el acceso hacia el oriente, al parecer registraba las salidas del Sol en las fechas 23 de abril y 21 de agosto, que delimitan un intervalo de 120 ($= 6 \times 20$) días (tabla 3.1).

Caballito Blanco, Oaxaca

Los datos disponibles sugieren que los edificios de este sitio pertenecen a la época Monte Albán II (Preclásico Tardío; Schávelzon 2009; 2010). Los edificios parcialmente expuestos son las Estructuras A, P y O, que encierran una plaza (figura 4.1). Ambos edificios (y –según el plano de Schávelzon que reproducimos en la figura 4.1– también la estructura inmediatamente al oriente) comparten la misma orientación, que corresponde a la puesta del Sol en el solsticio de junio (tablas 3.1 y 3.2), pero llama la atención que aproximadamente coincide también con la dirección hacia un cerro en el horizonte oriente, ubicado a 17.5 km de Caballito Blanco y a unos 8 km al sureste de Mitla (figura 4.2); alrededor del inicio de nuestra era esta elevación marcaba las salidas del Sol en el solsticio de diciembre ($A = 115.55^\circ$, $H = 2.28^\circ$, $\delta = -23.697^\circ$).

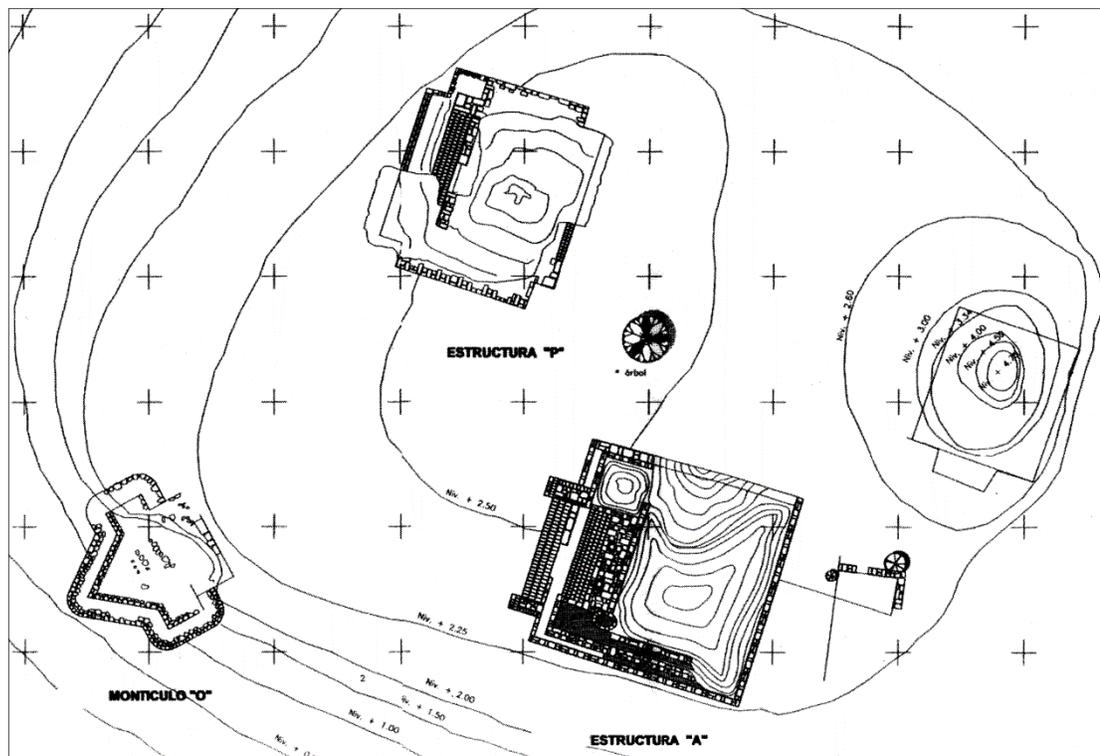


Figura 4.1. Caballito Blanco, área central (plano de: Schávelzon 2009: fig. 4).

Debido a su planta singular, siendo el Edificio J de Monte Albán el único paralelo conocido hasta el momento, la Estructura O y sus posibles funciones han sido objeto de especulaciones,

incluyendo las de índole astronómica. Hay que advertir que la orientación intencionada del edificio no se puede determinar con precisión, por lo que los datos que aparecen en la tabla 3.1 pueden tener errores considerables. Aveni (1975: 176: tabla 3) observa que la perpendicular a la fachada oriente del edificio corresponde a las salidas del Sol en el solsticio de verano; su azimut de esta línea ($66^{\circ}18' \pm 30'$) más o menos concuerda con el azimut norte que determinamos nosotros a lo largo de un paramento corto, el único expuesto en el lado este del edificio (tabla 3.1). Algo más grande es la diferencia entre nuestro azimut este, que corresponde al promedio de los azimuts medidos a lo largo de los paños que forman la "flecha" en el lado poniente del edificio, y el que para esta punta proporciona Aveni (*ibid.*), haciendo notar que tal vez marcaba la puesta de la estrella Sirio. El azimut este-oeste que determinamos manifiesta una mejor correspondencia con los extremos menores sur de la Luna en el horizonte poniente que con las salidas del Sol en el solsticio de junio (tablas 3.1 y 3.3). Aunque, debido a las incertidumbres en cuanto a los azimuts intencionados (recuérdese que no se conserva el edificio superior, cuya orientación seguramente fue la más relevante), no es posible determinar sus posibles referentes astronómicos de manera confiable, la interpretación lunar del alineamiento este-oeste incorporado en la Estructura O resulta atractiva en vista de su asociación con la orientación solsticial de las Estructuras A y P: si se observaban los extremos de la Luna llena, sus posiciones más meridionales, marcadas por la Estructura O, ocurrían alrededor del solsticio de junio, registrado por las Estructuras A y P (sobre la coincidencia de los extremos de la Luna llena con los solsticios, v. capítulo 3).



Figura 4.2. Caballito Blanco, Estructura A, vista hacia el oriente a lo largo del muro sur. Nótese la alineación aproximada hacia el cerro al fondo.

Peeler y Winter (2010: 12ss) observan que la línea desde la Estructura O de Caballito Blanco hacia el Edificio J de Monte Albán coincide con la dirección de la puesta del Sol en los días de su paso cenital, pero la idea de que la ubicación de un edificio respecto al otro se debiera este motivo astronómico es difícil de sostener, ya que ninguna orientación en los dos sitios corresponde al fenómeno referido, además de que Monte Albán no es visible desde Caballito Blanco, por la altura de la serranía al sureste de la ciudad de Oaxaca.

Dainzú, Oaxaca

Todas las estructuras expuestas del sitio, cuyo mayor florecimiento corresponde al Preclásico Tardío (Bernal y Oliveros 1988; Faulseit 2008), manifiestan orientaciones parecidas, de las que tomamos como representativa la del denominado Templo Amarillo (Marcus 1999: 66ss; Marcus y Flannery 2001: 65). El sitio se ubica al pie del Cerro Dainzú, una pronunciada elevación que conforma la línea del horizonte oriente a menos de 300 m del Templo Amarillo, por lo que su orientación probablemente no era funcional hacia el oriente. Es posible que señalara las puestas del Sol en las fechas 21 de mayo y 25 de julio, separadas por intervalos de 65 (= 5 × 13) y 300 (= 15 × 20) días (tabla 3.1), pero parece más probable que, en lugar de ser astronómicamente funcional por sí misma, esta orientación represente una reproducción poco exacta de la dirección solsticial, cuya importancia en la región es evidente. Cabe recordar que el sitio de Dainzú forma parte de un asentamiento más grande llamado Dainzú-Macuilxóchitl y dominado por un conjunto templo-patio-adoratorio (TPA; cf. Winter 1986a), situado en la cumbre del Cerro Danush, a 1.7 km al noreste de Dainzú, y desviado aproximadamente 25° al sur del este: el eje este-oeste del conjunto coincide con la dirección solsticial, mientras que su eje norte-sur prolongado hacia el sur pasa por el núcleo del sitio de Dainzú. Más aún, según Faulseit (2015), todas las estructuras prehispánicas de la zona Dainzú-Macuilxóchitl, e incluso las calles del poblado moderno San Mateo Macuilxóchitl, manifiestan desviaciones cercanas a los 25°. En realidad, en las imágenes de Google Earth (<https://www.google.com/earth/>) podemos verificar que, como ya había sido notado por Storck (1980), tales desviaciones son comunes en las trazas urbanas y campos de cultivo en una gran parte del Valle de Tlacolula. Se trata, evidentemente, de una supervivencia del paisaje cultural prehispánico regido por la dirección solsticial: recordemos que las orientaciones solsticiales han sido identificadas en los sitios cercanos de Caballito Blanco (*supra*), Lambityeco y Yagul (*infra*), donde aparentemente eran funcionales hacia el poniente, marcando las puestas del Sol en el solsticio de junio (tabla 3.2).

En vista de lo anterior cabe mencionar la posibilidad de que, en Dainzú, tal alineamiento haya sido incorporado en la Estructura A, cuya ubicación inmediatamente al pie del Cerro Dainzú, así como su acceso situado del lado poniente, indican que su orientación –que por el estado actual del edificio no puede determinarse de manera confiable– sólo pudo ser funcional hacia el poniente.

Guiengola, Oaxaca

El sitio pertenece al Posclásico Tardío (Peterson 1986; 1990; De la Cruz 2007: 316ss). Los llamados Templos del Sol y de la Luna delimitan una plaza por sus lados oriente y poniente, respectivamente. El Templo del Sol, con su escalinata de acceso del lado poniente, parece haber registrado las puestas del Sol en las fechas 18 de abril y 26 de agosto, separadas por 130 (= 10 × 13) días y señaladas también por otras estructuras en el área estudiada (v. capítulo 5: tabla 5.1). La planta del Templo de la Luna es patentemente romboidal y las líneas este-oeste son muy divergentes; el

promedio de los azimuts este-oeste más confiables es muy cercano al que medimos a lo largo de la línea que conecta el centro del edificio con el del Templo del Sol, por lo que asumimos que el promedio de ambos valores, citado en la tabla 3.1, representa el azimut intencionado. De ser así, el Templo de la Luna, mirando con su acceso hacia el oriente, marcaba los ortos del Sol el 14 de marzo y el 30 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 (= 10 × 20) días; observando desde el centro del Templo de la Luna, el Sol salía en estas fechas sobre el centro del Templo del Sol.

Huamelulpan, Oaxaca

El Grupo de la Iglesia, un voluminoso complejo arquitectónico del Preclásico Tardío (Gaxiola 1984; 1986; Balkansky 1998; Joyce 2010: 168ss), tiene el acceso del lado poniente, y es precisamente en esta dirección que su orientación debe haber sido astronómicamente funcional, señalando las puestas del Sol el 9 de marzo y el 4 de octubre, separadas por un intervalo de 156 (12 × 13) días (tabla 3.1). Cabe señalar que los edificios en el cercano y contemporáneo Monte Negro (*v. infra*) manifiestan orientaciones parecidas. Aunque la orientación rectora en Monte Negro corresponde a fechas ligeramente diferentes, en ambos casos los ejes este-oeste de los edificios están desviados al sur del oeste verdadero (tabla 3.1); se trata de una peculiaridad contraria a la tendencia prevaleciente en Mesoamérica, pero tal vez característica de esta parte de la Mixteca Alta.

Lambityeco, Oaxaca

La estructura principal del sitio es el Montículo 195, mirando con su acceso hacia el poniente y formando parte de un conjunto templo-patio-adoratorio (TPA), fechado al Clásico Tardío (Winter 1986a; Lind 2001; 2011; Lind y Urcid 2010). Todo el conjunto, incluyendo la subestructura (palacio) del Montículo 195, posee la misma orientación, compartida también por el Templo de Cocijo situado inmediatamente al sur. La orientación corresponde a las puestas del Sol en el solsticio de junio (tablas 3.1 y 3.2).

Mitla, Oaxaca

Los edificios en varios conjuntos arquitectónicos (Grupo de las Columnas, Grupo del Establecimiento Católico, Grupo del Arroyo, Grupo de Adobe), que datan mayormente del Posclásico Tardío (Marquina 1964: 371ss; Robles 1986; Joyce 2010: 274ss), tienen orientaciones similares. Es de suponer que la orientación más relevante fue incorporada en el templo del Grupo de Adobe, que parece ser el más temprano, y que ésta regía en todo el núcleo urbano del antiguo asentamiento, conservándose también en algunas calles actuales.

El basamento del templo del Grupo de Adobe, sobre el cual fue construida una capilla católica y que actualmente es conocido como El Calvario, está muy deteriorado, pero su orientación, aunque determinada con base en pocas líneas confiables (tabla 3.1), ha de representar la orientación intencionada con bastante fidelidad, ya que es muy parecida a las que manifiestan otros conjuntos, sobre todo el Grupo de las Columnas ($A_N = 10.77^\circ \pm 0.3^\circ$; $A_E = 101.46^\circ \pm 0.5^\circ$; *cf.* el azimut de $191^\circ 38'$ que, según Storck [1979: 90; 1980: 147], determinó Aveni) y el Grupo del Arroyo ($A_N = 11.77^\circ \pm 1^\circ$; $A_E = 101.02^\circ \pm 0.7^\circ$). Cabe agregar que Storck (1979; 1980) encontró la desviación cerca de 12° respecto a los rumbos cardinales en la orientación de varias iglesias y campos de cultivo actuales en los valles centrales de Oaxaca.

También Galindo (2008) proporciona datos similares para las orientaciones de algunos grupos de Mitla, pero no intenta relacionarlas con los fenómenos astronómicos sobre el horizonte; asumiendo diferentes puntos de observación, propone que las fechas significativas corresponden a las posiciones del Sol arriba del horizonte, marcadas por ciertos elementos arquitectónicos. Sin embargo, tal escenario, con alineamientos que corresponden a alturas del Sol muy variables, no explica la uniformidad de las orientaciones.

Es probable que la orientación del templo del Grupo de Adobe, que domina un patio hacia el poniente, haya sido funcional en esta dirección, marcando las puestas del Sol en las fechas 20 de abril y 23 de agosto, que delimitan un intervalo de 240 (= 12 × 20) días (tabla 3.1). La otra posibilidad es que este grupo (o alguno de los aledaños, con un azimut este ligeramente mayor) señalara los ortos del Sol el 22 de febrero y el 20 de octubre, también con un intervalo intermedio de 240 días.

Figura 4.3. Mitla, vista desde El Calvario (templo del Grupo de Adobe) hacia el oriente; el cerro prominente al fondo marca las salidas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre.



La ubicación del Grupo de Adobe podría haber sido condicionada por un cerro prominente visible en el horizonte oriente y situado a 8.5 km de distancia ($A = 95.6^\circ$; $H = 5.5^\circ$; $\delta = -3.765^\circ$) (figura 4.3). Observando en el templo de este grupo, el Sol salía sobre el cerro en los días 11 de marzo y 2 de octubre, que delimitan un intervalo de 160 (= 8 × 20) días; estas fechas –registradas también por la orientación del Edificio P de Monte Albán (*infra*)– y las que marcaba el templo en el horizonte poniente pudieron haber formado parte de un esquema observacional compuesto mayormente por múltiplos de 20 días (tabla 4.1).

Tabla 4.1. Esquema del posible calendario observacional de Mitla.

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
cerro al oriente	salida del Sol	mar 11	160	oct 2
Grupo de Adobe	puesta del Sol	abr 20	40 40	ago 23
			125	

El Templo del Grupo del Sur está muy destruido; en su parte alta sólo se conservan dos alineamientos de piedra, cuyos azimuts norte-sur y este-oeste parecen ser de aproximadamente 24° y 110°; sin embargo, por tratarse de alineamientos cortos y poco confiables, preferimos no incluir estos datos en la tabla 3.1.

Monte Albán, Oaxaca

Las estructuras que componen el Conjunto del Vértice Geodésico, situado sobre la Gran Plataforma Norte y construido en la época Monte Albán IIIB-IV (Clásico Tardío; Fahmel 1991: 175ss; Winter 2001), manifiestan orientaciones parecidas. Es de suponer que la orientación más relevante fue la del Edificio VG, que ocupa el extremo oriente del conjunto y es el más alto, por lo que los azimuts en la tabla 3.1 representan los promedios de los valores medidos a lo largo de los paramentos norte-sur y este-oeste de esta estructura. Si el azimut este-oeste era tan sólo unos 15' menor del que determinamos –lo cual es enteramente posible, considerando el error estimado–, el edificio señalaba las salidas del Sol en las fechas 1 de marzo y 12 de octubre, separadas por un intervalo de 140 (= 7 × 20) días, y las puestas en los días 11 de abril y 1 de septiembre, con un intervalo intermedio de 143 (= 11 × 13) días (cf. tabla 3.1). El azimut medido desde el punto central entre las columnas del Templo de Dos Columnas, situado al poniente del Edificio VG, a lo largo del eje central de la escalinata de este último es 98.04°, sugiriendo que el azimut intencionado de la estructura fue, en efecto, ligeramente menor del que aparece en la tabla 3.1.

Los mismos dos pares de fechas fueron muy probablemente marcados también por el Edificio A, ubicado al sur del Conjunto del Vértice Geodésico y al oriente de una plaza hundida, mientras que el Edificio B, en el costado poniente de la plaza, manifiesta una orientación diferente (tabla 3.1). El Edificio B tiene varias etapas constructivas, de las que al menos las últimas, pertenecientes al periodo Clásico (Fahmel 1991: 161ss), poseen la misma orientación. Si el azimut este-oeste fue unos 15' menor del que medimos, la orientación registraba en el horizonte oriente las fechas 9 de marzo y 4 de octubre, separadas por un intervalo de 156 (= 12 × 13) días, y, al mismo tiempo, las fechas 3 de abril y 10 de septiembre en el horizonte poniente, con un intervalo intermedio de 160 (= 8 × 20) días (tabla 3.1). La vista desde el Edificio B hacia el horizonte oriente es actualmente obstruida por el Edificio A, que delimita el patio por el lado oriente, pero si la primera etapa del Edificio B es anterior al Edificio A, fechado para la época Monte Albán IIIB-IV (Winter 2001; cf. Fahmel 1991: 157ss), su orientación pudo ser funcional también hacia el este. La orientación este-oeste del Edificio B coincide con el eje de simetría este-oeste de la plaza hundida, marcado por el altar central; al mismo eje se ajusta también el pórtico al sur de la plaza. La idea de que la orientación del Edificio B era astronómicamente funcional en ambas direcciones, señalando las fechas referidas, es apoyada por el hecho de que los Edificios L y II las marcan con precisión (tabla 3.1); también las estructuras inmediatamente al norte del Edificio II, en el flanco oriente de la plaza principal, incluyendo el Juego de Pelota, manifiestan la misma orientación. Agreguemos que la orientación medida en el Edificio L, en el costado poniente de la plaza (el azimut este-oeste en la tabla 3.1 es el del eje de simetría de la estructura superior, marcado por las entradas este y oeste al patio central), corresponde a la construcción del Clásico Tardío; la subestructura preclásica (Los Danzantes; Winter 2001; 2011; Fahmel 1991: 120ss; Marcus 2008; Urcid 2011) parece haber tenido una orientación ligeramente diferente (el azimut del muro norte-sur expuesto es aproximadamente 1°50').

Respecto al Edificio Enjoyado (Edificio VG-E), adosado a la Gran Plataforma Norte en su costado este y cuyo estilo refleja influencias teotihuacanas, Galindo (2001: 273ss) afirma que la

estela frente a la estructura se ubica a lo largo de su eje, al que le asigna el azimut de $99^{\circ}38'$, asociándolo con las salidas del Sol el 25 de febrero y el 16 de octubre. Según nuestras mediciones, el azimut de este eje es $102^{\circ}27'$, pero cabe señalar que la estela pertenece a la construcción tardía que cubrió el edificio “teotihuacano”, por lo que el eje referido difícilmente puede considerarse relevante. El azimut este que aparece en la tabla 3.1 se basa en los muros del edificio temprano. Evidentemente la orientación marcaba las salidas del Sol en las fechas 22 de febrero y 20 de octubre, separadas por el intervalo de 240 días y comúnmente registradas por las orientaciones tanto en el centro de México como en el área maya (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015). Además, el eje este-oeste del edificio apunta a un cerro visible en el horizonte oriente y ubicado al sureste de la ciudad de Oaxaca, a 11.2 km de distancia (al oriente del poblado San Antonio de la Cal) (figura 4.4). El Edificio W, situado a unos 100 m al oriente del anterior y en un nivel más bajo, tiene prácticamente la misma orientación (tabla 3.1) y está alineado hacia el mismo cerro (figura 4.5).



Figura 4.4. Monte Albán, Edificio VG-E (Enjoyado), vista hacia el oriente a lo largo de un muro. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.



Figura 4.5. Monte Albán, Edificio W, vista hacia el oriente a lo largo de un muro. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.

El Edificio IV (o K) es el templo principal del Sistema IV, construido en la época Monte Albán IIIB-IV (Clásico Tardío). La subestructura del Edificio IV, fechada para la época I (Preclásico Medio-

Tardío; Winter 2001; Marcus 2008; Fahmel 1991: 107ss), parece tener la misma orientación que la etapa tardía. El Sistema IV representa un típico arreglo templo-patio-adoratorio (TPA; cf. Winter 1986a). El azimut este del Edificio IV es parecido al del Edificio B, mientras que el azimut del eje de simetría este-oeste del patio es diferente (97.3°), pero se aproxima al del Edificio A, lo que quizá no sea casual (tabla 3.1).

Otro conjunto del tipo TPA es el Sistema M, también fechado para la época Monte Albán IIIB-IV (Fahmel 1991: 132ss; Winter 2001). En este caso todo el grupo manifiesta la misma orientación, muy similar a la del Edificio IV (K) del Sistema IV (tabla 3.1). El Edificio M está orientado, tal vez intencionalmente, hacia un cerro al sur, aunque éste no forma parte de la línea del horizonte (figura 4.6); el cerro se ubica al sur del poblado Santa Ana Tlapacoyan, a 34 km de distancia.



Figura 4.6. Monte Albán, Edificio M, vista hacia el sur a lo largo de uno de los paramentos frontales de la estructura superior. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.

La orientación del Edificio III de la Plataforma Sur es muy similar a la de los Edificios IV y M; si los azimuts que determinamos para estas estructuras corresponden a los intencionados, la motivación astronómica de estas orientaciones no es evidente.

Galindo (2001: 272) observa que la Estela 18, ubicada al norte del Sistema IV y erigida en la época Monte Albán II (Preclásico Tardío), “está dispuesta sobre su plataforma de tal manera que a lo largo de ambas caras está indicada con gran precisión la dirección del norte astronómico.” Además de que, según nuestras mediciones, las caras anchas del monumento están alineadas con el acimut de aproximadamente 3° , hay que considerar que la posición actual de la estela no es original sino

resultado de la reconstrucción. Por lo tanto, resulta difícil asegurar que la orientación del monumento fuese basada en consideraciones astronómicas. En su estudio sobre la Estela 18, De la Torre (2008) propone que servía como gnomon o meridiana y menciona diversas funciones astronómicas que, mediante la observación de la sombra, pudo haber tenido el monumento. Sus hipótesis son complejas, pero nuevamente faltan analogías o datos contextuales que las apoyen.

El Edificio P, en el costado oriente de la plaza principal, comparte su orientación con el Edificio H, en medio de la plaza, y con el adoratorio entre ambos edificios; el azimut este del Edificio P en la tabla 3.1 corresponde también al eje de simetría de las tres estructuras. Es de suponer que la finalidad del alineamiento, que pudo ser astronómicamente funcional en ambas direcciones, fue la de registrar salidas del Sol en las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, separadas por 160 (= 8×20) días, o bien, las puestas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 (= 10×20) días (cf. tabla 3.1). Este último par de fechas –que podría haberse registrado con un azimut ligeramente menor del que determinamos– coincide con el que para este alineamiento estableció Galindo (2001: 280, fig. 5). Cabe mencionar que las fechas 31 de marzo y 12 de septiembre parecen haber sido señaladas también por la Estructura 19 de San José Mogote, fechada para el Preclásico Medio (v. *infra*).

Denominándolo “complejo de observación cenital”, Fahmel (1992c: 530ss) atribuye al arreglo de los edificios H y P una función análoga a la propuesta para los llamados complejos de conmemoración astronómica (o conjuntos de tipo Grupo E de Uaxactún) en el área maya, y afirma que, en la fase Monte Albán II (Preclásico Tardío), el alineamiento desde la primera etapa del Edificio P hacia dos columnas en el flanco norte del Edificio H, con el azimut de 288° , marcaba las puestas del Sol en los días de su paso por el cenit. Aunque es cierto que la declinación que corresponde a este azimut es aproximadamente igual a la latitud del lugar (considerando la altura del horizonte natural al fondo, de 1.65° , el azimut de 288° corresponde a la declinación de 17.6° , mientras que la latitud del lugar es 17.043°), hay que advertir que el azimut del alineamiento varía en función del punto de observación, que no se puede determinar de manera confiable, por lo que la asociación del alineamiento con cualquier fenómeno astronómico específico resulta especulativa.

También Galindo (2001: 276ss) describe el arreglo de los edificios H y P como “complejo de conmemoración astronómica” y, al reconstruir las fechas que, observando desde lo alto y desde la base del Edificio P, corresponden a las posiciones del Sol encima de diversos puntos del Edificio H, argumenta que algunas son significativas. Cabe señalar, nuevamente, que las incertidumbres respecto al punto exacto de observación, del que dependen los azimuts hacia diversos elementos constructivos del Edificio H, impiden determinar las fechas correspondientes de manera confiable. En el caso del punto de observación situado en la base del edificio, el problema adicional consiste en que la silueta del Edificio H quedaba por encima del horizonte natural y que, para determinar las fechas, necesitaríamos conocer la altura original de la estructura. Cuestionamientos del mismo tipo pueden hacerse a la hipótesis de Robbins (2005), quien compara el edificio de Los Danzantes con el Grupo E de Uaxactún, sugiriendo que marcaba las posiciones del Sol en los solsticios y los equinoccios.

A media altura de la escalinata del Edificio P se encuentra el acceso a una cámara, a la que también conduce un tiro aproximadamente vertical desde la parte superior de la escalinata. Aveni y Hartung (1981: 558ss) propusieron que el pozo pudo haber servido para observar los pasos del Sol por el cenit, pero también notaron que el paso de los rayos solares aproximadamente a mediodía local puede observarse durante lapsos considerables del año. Según sus cálculos, la luz del Sol penetra al interior de la cámara del 22 de abril al 3 de junio y del 10 de julio al 21 de agosto (Aveni y

Hartung 1981: S64s, fig. 9). Al realizar un estudio detallado del dispositivo, Morante (1995: 52ss) llegó a la conclusión de que el pozo permite el paso de los rayos solares también en los solsticios de verano y que las fechas de su primera y la última entrada son 17 de abril y 25 de agosto, que delimitan un intervalo de 130 días, equivalente a dos periodos de 65 días, cuya importancia en el calendario zapoteco se refleja en el nombre especial usado para este periodo (*cociyo*). Resulta significativo que varias orientaciones de nuestra muestra tienden a marcar el intervalo de 130 (= 10 × 13) días delimitado por las fechas 18 de abril y 26 de agosto (el Templo del Sol de Guiengola, la Estructura 1 de Tehuacán Viejo, el Palacio y los taludes de la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7 en Cantona, la Estructura 16 de El Tajín, la Estructura 2 de Quiahuiztlán).¹² La función astronómico-calendárica del tiro en el Edificio P de Monte Albán es apoyada también por el caso análogo en Xochicalco, donde el tubo casi vertical que conduce a la Cueva de los Amates permitía, según el estudio de Morante (1993; 1995: 40ss; 2001), el paso de los rayos solares del 30 de abril al 13 de agosto, fechas separadas por un intervalo de 260 días y, además, señaladas por la orientación del sector central de la Acrópolis de Xochicalco, así como por otros edificios en el centro de México (Šprajc 2001). Como recientemente señaló Aveni (2004: 28), en el caso del supuesto dispositivo astronómico en el Edificio P de Monte Albán podría tratarse de rasgos arquitectónicos con otras funciones y asociados con diferentes épocas constructivas. Sin embargo, a la luz de diversos detalles arquitectónicos que analizó Morante (1995: 52ss), resulta sumamente probable que la cámara con el tiro vertical fuera, en efecto, diseñada con el objetivo de observar los efectos de luz y sombra en ciertas fechas significativas, incluyendo el día del paso del Sol por el cenit, en el que los rayos solares caen sobre un corte practicado en medio de la repisa al fondo de la cámara.

El Edificio J, cuyas varias etapas constructivas abarcan el periodo desde el Preclásico Tardío hasta el Clásico Tardío (Fahmel 1991: 94ss), es de planta irregular y contiene líneas tan divergentes que resulta prácticamente imposible determinar los alineamientos que pudiesen haber sido relevantes. El azimut norte en la tabla 3.1 representa el promedio de los azimuts medidos a lo largo de los muros que forman la “flecha” del edificio, mientras que el azimut este corresponde a los muros que permanecen en la parte superior del edificio, pero cabe notar que el azimut de la escalinata en la parte noreste de la estructura es unos 4° más grande. Los datos en la tabla 3.1 se basan en los elementos arquitectónicos expuestos en la actualidad, que no todos corresponden a la misma época, pero cualquier intento de reconstruir los azimuts para cada época por separado debería basarse únicamente en dibujos reconstructivos (cf. Fahmel 1991: láms. 28-31), llevando a resultados nada confiables.

Comúnmente designado como “observatorio”, el Edificio J ha sido objeto de diversas interpretaciones astronómicas. Fechando la estructura alrededor del año 275 a.C., Aveni y Linsley (1972) y Aveni (1975: 172ss) asociaron la perpendicular a la escalinata con el punto de orto de la estrella Capella, cuya salida heliaca en esa época aproximadamente coincidía con el primer paso anual del Sol por el cenit local; el azimut de esta línea lo publicaron variablemente como $48^{\circ}30' \pm 10'$ (Aveni y Linsley 1972: 529) y $47^{\circ}30' \pm 30'$ (Aveni 1975: tabla 3). Por otra parte, la línea con el azimut de $221^{\circ}10' \pm 30'$, marcada por la “flecha” del edificio, apuntaba, según estos autores, hacia donde se ponían cinco estrellas brillantes de las constelaciones Centauro y Cruz del Sur (Aveni y Linsley 1972: 529; Aveni 1975: tabla 3). En vista de la concomitancia de la salida heliaca de Capella

¹² Debido al sistema de intercalaciones en el calendario gregoriano, las fechas en que el Sol alcanza la misma declinación tienden a ser 17 de abril y 25 de agosto o 18 de abril y 26 de agosto. El último par de fechas resulta de nuestros cálculos por haberse determinado para las épocas relevantes del pasado y por tomar como momento del equinoccio vernal invariablemente el marzo 21.0 (cf. capítulo 2).

con el paso del Sol por el cenit, Aveni y Hartung (1981: S58) llamaron la atención al hecho aparentemente significativo de que la perpendicular a la entrada del Edificio J pasa por el Edificio P cerca del orificio superior del conducto vertical que podría haber servido para observar los pasos cenitales del Sol (*v. supra*), mientras que la perpendicular a la escalinata del Edificio J pasa cerca de la entrada del Edificio P, además de corresponder al punto de salida de Capella.

Al realizar sus propias mediciones en el Edificio J, Peeler y Winter (1995) obtuvieron los azimuts de 223°47' para la bisectriz de la "flecha" y 46°57' para la perpendicular a la escalinata, ambos muy cercanos a los que resultaron de nuestras mediciones (*cf.* tabla 3.1, pero recuérdese que el azimut este en la tabla no corresponde a la escalinata sino a los muros superiores; el azimut de la escalinata es unos 4° más grande). Según estos autores, alrededor del inicio de nuestra era – época que propusieron como más probable para la construcción del edificio– el azimut corregido de la perpendicular a la escalinata correspondía con mayor precisión al punto de salida de la estrella Capella, mientras que la dirección en la que apuntaba la "flecha" no pudo ser funcional, ya que discrepaba varios grados del azimut medio de puesta de las cinco estrellas brillantes mencionadas por Aveni y Linsley (1972).

Tomando en consideración las correcciones de Peeler y Winter (1995), Aveni (2004) volvió a estudiar el Edificio J, haciendo notar que, según las investigaciones arqueológicas más recientes, la estructura tiene tres épocas constructivas con alineamientos distintos. De acuerdo con los azimuts que proporciona para las tres etapas (Aveni 2004: 27, tabla 1), la primera, fechada para el periodo Monte Albán I (100 a.C – 200 d.C.), manifestaba la mejor concordancia con la puesta de las cinco estrellas, mientras que la tercera, perteneciente al periodo Monte Albán III (600 – 800 d.C.) y para la que Aveni adopta los azimuts de Peeler y Winter (1995), resulta difícilmente conciliable con cualquiera de las hipótesis estelares propuestas anteriormente. En esta época la perpendicular a la fachada del edificio apuntaba aproximadamente hacia la estrella Deneb, cuya salida heliaca no distaba mucho del segundo paso anual del Sol por el cenit. Sin embargo, en vista de las incertidumbres respecto a los alineamientos incorporados en distintas etapas constructivas, Aveni (2004: 28) admite que la cuestión sobre la posible función astronómica del edificio permanece irresuelta. Por estas razones, así como por falta de casos análogos, también la hipótesis de Robbins (2005), quien relaciona un alineamiento en el edificio con la constelación de Casiopea, no amerita mayor discusión, siendo tan sólo una más entre tantas especulaciones sobre la posible función astronómica del Edificio J.

Peeler y Winter (2010: 27s) señalan que, en los momentos en que el Sol pasa por el cenit del lugar, sus rayos pasan de manera rasante por las paredes que forman la "flecha" del Edificio J, enfatizando los relieves colocados allí. No obstante, con tantos casos de relieves en posición más o menos vertical, difícilmente podemos explicar precisa y solamente los del Edificio J como resultado del propósito relacionado con este fenómeno solar.

Fahmel (1992b; 1993) argumenta que las orientaciones de Monte Albán ordenadas en secuencia cronológica reflejan las variaciones en la declinación magnética, por lo que propone que los edificios fueron orientados hacia el norte magnético, con el empleo de un dispositivo comparable a la brújula. La hipótesis es difícil de verificar, considerando que los datos arqueomagnéticos disponibles para Mesoamérica son relativamente escasos y que las variaciones seculares de declinación magnética reconstruidas por distintos autores discrepan de manera notable (*cf.* Aveni 2001: 118s, fig. 49; DuBois 2008: fig. 65; Soler 2011).

Aunque probablemente no todos los edificios de Monte Albán incluidos en la tabla 3.1 fueron orientados a partir de criterios astronómicos, no deja de llamar la atención que los Edificios II, B y L, aunque se localizan en diferentes sectores del sitio, comparten prácticamente la misma

orientación. Asimismo parece significativa la similitud de las orientaciones que manifiestan el Edificio A y los que componen el Conjunto del Vértice Geodésico. Las bases astronómicas de las orientaciones de estas estructuras son, por lo tanto, particularmente probables. La importancia de estos alineamientos es indicada también por su coincidencia, difícilmente atribuible al azar, con las desviaciones entre aproximadamente 5° y 7° de los rumbos cardinales, conservadas en algunas iglesias antiguas y campos de cultivo en el Valle de Etla (Storck 1980: 150). La explicación astronómica es aplicable también a la orientación de los Edificios VG-E (Enjoyado) y W, que pertenece a uno de los grupos más comunes en el centro de México y el área maya. La importancia de esta orientación parece sobrevivir en las desviaciones entre 11° y 12° de los rumbos cardinales, que manifiestan las calles del centro de la ciudad de Oaxaca, así como las iglesias coloniales y los campos hacia el norte y el sur de la ciudad (Storck 1979; 1980).¹³

Monte Negro, Oaxaca

Los edificios en el núcleo del sitio, que se extiende en la parte alta del cerro al suroeste de Santiago Tilantongo y que figuró como un centro importante en el Preclásico Tardío (Balkansky *et al.* 2004; Marcus 1999: 66s), en su mayoría comparten aproximadamente la misma orientación, probablemente dictada por alguno de los edificios en el conjunto que ocupa la parte más alta y que se compone del Complejo del Templo T y un cuadrángulo inmediatamente al oriente (v. plano en: Balkansky *et al.* 2004: fig. 9). Es probable que la orientación del Templo T (tabla 3.1) represente la orientación rectora con suficiente fidelidad.

La orientación del Templo T parece haber sido destinada a marcar las puestas del Sol en las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por el intervalo de 200 (= 10 × 20) días. La direccionalidad poniente de esta orientación es apoyada por el hecho de que las demás estructuras –cuyas orientaciones son, como hemos anotado, muy semejantes– están distribuidas hacia el poniente, a lo largo de un ligero declive del terreno, por lo que, observando en este sector del sitio, la parte más elevada con el Complejo del Templo T obstruía la vista hacia el horizonte oriente. Particularmente indicativo es el caso del Templo X, ubicado a unos 100 m al poniente del Templo T: su orientación, determinable con cierta precisión, es prácticamente igual a la del Templo T y también pudo ser astronómicamente funcional, pero –por razones expuestas– únicamente hacia el poniente, dirección cuya importancia parece ser adicionalmente recalcada por la ubicación de accesos principales a ambos templos. Recordemos, además, que las puestas del Sol el 14 de marzo y el 30 de septiembre corresponden también al templo principal en Castillo de Teayo (v. *infra*), mientras que el Templo de la Luna en Guiengola parece haber señalado estas fechas en el horizonte oriente (tablas 3.1 y 5.1).

Cabe añadir que los muros norte-sur del Templo T y una estructura adyacente están alineados hacia el Cerro Verde, situado a 42.6 km hacia el norte (figuras 4.7 y 4.8), lo que probablemente no es azaroso: el cerro, conocido también como Nudo Mixteco y ubicado al sur de Coixtlahuaca, tiene un lugar importante en la mitología mixteca (Iván Rivera Guzmán: com. personal, mayo de 2012). Es posible, por lo tanto, que los edificios en la parte alta materializaran, intencionalmente, tanto la dirección simbólicamente significativa hacia el cerro como la dirección

¹³ Una explicación alternativa propuesta por Galindo (2013: 41) es que las calles del centro de la ciudad de Oaxaca conservan la orientación prehispánica hacia las puestas del Sol el 17 de abril y el 25 de agosto. Tal posibilidad no se puede descartar, aunque la orientación de las calles corresponde mejor a los ortos solares el 22 de febrero y el 20 de octubre.

astronómicamente importante y aproximadamente perpendicular a la anterior. De ser así, el lugar, permitiendo incorporar ambas direcciones en edificios de planta rectangular, debe haber adquirido un significado especial.



Figura 4.7. Monte Negro, Templo T, vista hacia el norte a lo largo del par poniente de columnas. Nótese la alineación hacia el Cerro Verde al fondo.

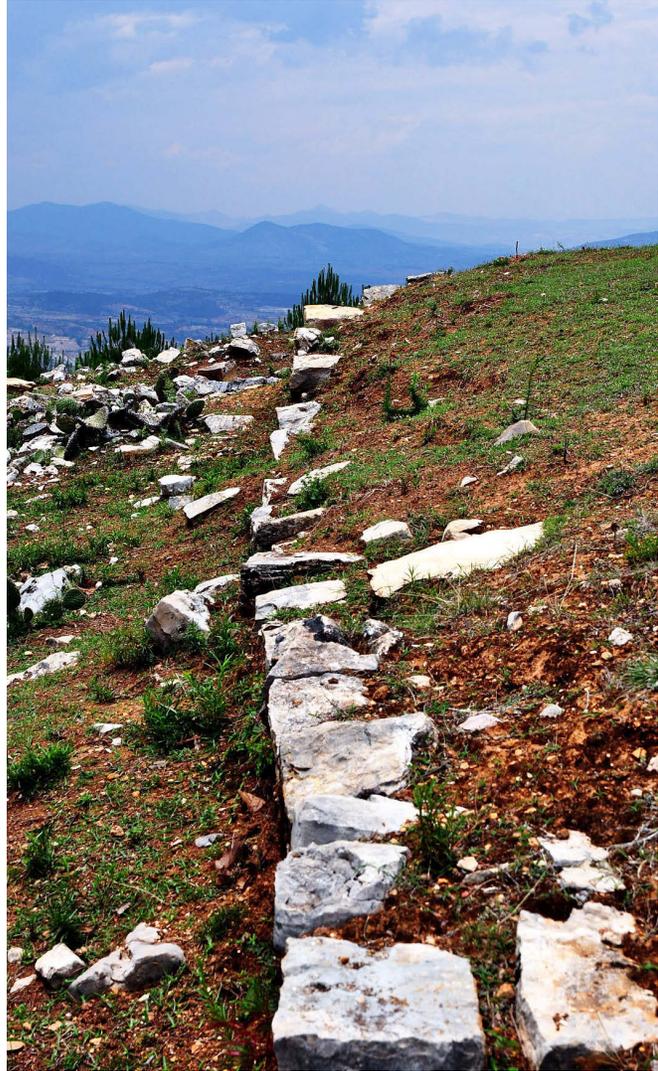


Figura 4.8. Monte Negro, estructura al oriente del Templo T, vista hacia el norte a lo largo de un muro. Nótese la alineación hacia el Cerro Verde al fondo.

Recordemos que tanto en Monte Negro como en el sitio cercano y contemporáneo de Huamelulpan (*v. supra*) las orientaciones están desviadas de los rumbos cardinales en el sentido contrario al de las manecillas de reloj (tabla 3.1); posiblemente se trata de una peculiaridad característica de esta parte de la Mixteca Alta.

Río Viejo, Oaxaca

El núcleo del antiguo asentamiento, que floreció en las etapas finales del Preclásico y, después de un receso, durante el Clásico Tardío, figurando como un importante centro del poder regional, era

la imponente acrópolis denominada Montículo 1, probablemente construida en su totalidad entre los años 100 y 250 d.C. (Joyce 2009a; 2010: 18ff; Joyce y Barber 2011; Joyce *et al.* 2013; Urcid y Joyce 1999; 2001).



Figura 4.9. Río Viejo, vista hacia el poniente a lo largo del brazo poniente de la Estructura 2. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.

Figura 4.10. Río Viejo, puesta del Sol sobre el cerro en el horizonte poniente, el 21 de junio de 2012 (foto: cortesía de Arthur Joyce y Sarah Barber).



Los edificios principales construidos sobre la gran plataforma son las Estructuras 1 y 2, que delimitan un patio hundido. Debido al estado actual de ambos edificios, sólo es posible determinar la orientación aproximada de la Estructura 2, con planta en forma de L. El brazo poniente de la estructura está alineado hacia la cumbre más alta en el horizonte poniente, ubicada a 6.9 km de distancia (figura 4.9). Es probable que esta correspondencia fuera lograda a propósito, ya que el cerro marca las puestas del Sol en el solsticio de junio (figura 4.10), por lo que el azimut este que tomamos como representativo de la orientación (tabla 3.1) corresponde a este cerro. La idea de que ésta fue la orientación intencional del edificio concuerda con la orientación de algunos muros excavados en la estructura: algunos de los azimuts magnéticos medidos en el año 2000 resultaron ser 105°, 102° y 20° (Arthur Joyce y Sarah Barber: com. personal, mayo de 2012; Joyce *et al.* 2013: 142ss); al sumar el valor de la declinación magnética local para 2000 –aproximadamente 6° al este del norte¹⁴– obtenemos los azimuts verdaderos de aproximadamente 111°, 108° y 26°,

¹⁴ La declinación magnética fue obtenida mediante la calculadora del NOAA National Geophysical Data Center (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>).

respectivamente. Puesto que estos azimuts corresponden a los muros de contención, y no a los de los edificios superiores que deben haber sido orientados con mucho mayor cuidado y precisión, las divergencias y la falta de precisión son comprensibles. Es posible que la Estructura 1 tuviera la misma orientación.

Si la orientación solsticial combinada con la alineación hacia la montaña en el horizonte poniente fue intencional, la Acrópolis debió ser construida en el lugar deliberadamente seleccionado. Observando desde la Estructura 2, la declinación de la cumbre referida es 23.481° (tabla 3.1). Durante el Preclásico Terminal, sin embargo, la declinación del Sol en el solsticio de junio era aproximadamente 23.67° , lo que significa que el punto ideal para observar la puesta solsticial del Sol exactamente sobre la cumbre del cerro hubiera estado ligeramente al sur o al poniente, tal vez en el lugar donde fue encontrado el Monumento 8, en el patio hundido al poniente de la Estructura 2 (Urcid y Joyce 2001). Sin embargo, al desconocer el grado de precisión que los constructores pretendían lograr, sólo podemos especular acerca del posible punto de observación.

Llama la atención que un prominente cerro en el horizonte oriente, a 5.6 km de distancia ($A = 89.87^\circ$, $H = 2.5^\circ$, $\delta = 0.73^\circ$) corresponde a las salidas del Sol en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre). Podemos recordar que también en Bocana del Río Copalita dos alineamientos, uno incorporado en el Templo Mayor y el otro en el edificio palaciego en la zona habitacional, ambos del Preclásico Tardío, registran los solsticios y los días de cuarto del año (v. *supra*). Además, un monte prominente marca las salidas del Sol en los días de cuarto del año en Teotihuacan (observando sobre la Pirámide del Sol) y Cuicuilco (observando sobre la pirámide circular) (Šprajc 2000a; 2001: 170ss, 208, 229ss).

Por consiguiente, es probable que la Acrópolis de Río Viejo fuera deliberadamente construida en el lugar donde las salidas del Sol en los días de cuarto del año y sus puestas en los solsticios de junio fueron señaladas por dos montañas prominentes en el horizonte local.

San José Mogote, Oaxaca

Una de las construcciones más voluminosas del sitio es el Montículo 1, una gigantesca plataforma sobre la cual fueron erigidas las Estructuras 14, 19, 19A, 19B, 21, 22 y 28. Una de las principales, fechada para la fase Rosario (aprox. 700 – 500 a.C.), es la Estructura 19, con varias etapas constructivas (Fernández 2005; Fernández y Hueda 2008). Según Marcus (1999: 64s), la primera etapa (Estructuras 28 y 19B) está orientada 8° al oeste del norte, mientras que sus ampliaciones (Estructuras 19A y 19) manifiestan la orientación hacia el norte verdadero. Marcus y Flannery (2004: 18258) mencionan, además, que todas las estructuras rituales del Formativo Temprano en San José Mogote comparten la misma desviación de 8° al norte del este, y sugieren que tal orientación alude a su relación con el curso del Sol en los equinoccios.

Además de que la desviación de 8° no puede relacionarse con las salidas o puestas del Sol en los equinoccios, en la actualidad no es posible averiguar cuáles y cuántas estructuras del Preclásico Temprano manifiestan la desviación de 8° en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales. Llama la atención, sin embargo, que ninguno de los muros y paños expuestos actualmente en los edificios del sitio, incluyendo los del Montículo 1 referidos arriba, sugiere una orientación cercana a tal desviación. Los muros expuestos del Montículo 7, incluyendo el juego de pelota, al poniente de la plaza principal (v. plano en Marcus 2009: fig. 17), manifiestan desviaciones entre 1° y 6° en el sentido de las manecillas de reloj, es decir, al sur del este (o al este del norte), y orientaciones parecidas caracterizan también los edificios sobre el Montículo 1. De acuerdo con nuestras observaciones en el sitio, las Estructuras 19, 19A y 19B, que

representan etapas constructivas de un solo edificio, no manifiestan cambios notables de orientación, por lo que los azimuts norte y este de la Estructura 19 en la tabla 3.1 representan promedios de los azimuts medidos en estas tres etapas (de la etapa temprana compuesta por las Estructuras 28 y 19B, sólo esta última está actualmente expuesta). Es decir, la situación observable en campo no concuerda con los comentarios de Marcus (1999: 64s) mencionados arriba y tampoco con su plano (Marcus 1999: fig. 3.4; Marcus y Flannery 2001: fig. X.7), en el que las Estructuras 28 y 19B tienen una orientación marcadamente diferente de la de las Estructuras 19 y 19A. Sólo la fachada poniente de la Estructura 19B está desviada con respecto a los demás muros –en lo que podríamos ver el origen de la opinión sobre la existencia de orientaciones diferentes–, pero su azimut, de 0° aproximadamente, dista mucho de los 8° al poniente del norte. En apoyo de nuestras conclusiones y de la orientación que determinamos para las Estructuras 19, 19A y 19B (tabla 3.1) agreguemos que también los muros y los escalones que se encuentran expuestos en los lados poniente y norte de la gran plataforma del Montículo 1, que sostiene dichos edificios, están desviados entre 4° y 5° al este del norte y al sur del este.

Al mencionar que las Estructuras 19B y 28 están orientadas cerca de 8° al noroeste, Fernández (2005: 607) al parecer retoma los datos publicados por Marcus y Flannery. Agrega que la desviación entre 5° y 8° norponiente caracteriza también los conjuntos habitacionales en Huitzo, pero en este caso se refiere expresamente a la “orientación magnética”, mientras que Marcus (1999: 64s) habla de azimuts verdaderos; al no saber cuándo fueron tomadas las lecturas magnéticas, no podemos determinar la declinación magnética local y, por ende, tampoco los azimuts verdaderos correspondientes. En vista de las incongruencias referidas resulta difícil confiar en los datos publicados, según los cuales varias estructuras preclásicas en el Valle de Oaxaca están desviadas 8° al oeste del norte (Peeler y Winter 1992: 39ss).

Cabe mencionar que algunos muros expuestos de las Estructuras 21 y 22, en el lado poniente de la plataforma superior, así como de la Estructura 14, en el lado noreste (v. planos en Marcus 1999: fig. 3.4; 2009: fig. 17), manifiestan desviaciones entre 6° y 7° en el sentido de las manecillas de reloj (cf. azimut de 96°28' para el muro sur de la Estructura 14, proporcionado por Aveni, 2004: 30). Sin embargo, por tratarse de segmentos cortos de pocos muros, las orientaciones intencionadas de estos edificios no se pueden determinar de manera confiable; tal vez fueron aproximadamente ajustadas a la de la Estructura 19.

Peeler (1989: 294) asevera que casi todas las estructuras del Montículo 1 “se orientan hacia lo que parece ser una muesca obvia en el horizonte al Este”, cuyo azimut y altura son 96°26' y 5°58', y agrega que este azimut corresponde al pasillo que separa las Estructuras 14 y 19, así como (con 1 minuto de diferencia) al muro sur de la Estructura 14. Encontrando que el alineamiento corresponde a las salidas del Sol el 4 de octubre y el 10 de marzo, separadas por 157 días, Peeler relaciona estas fechas con el ciclo calendárico de 260 días, haciendo recordar que la fecha 1 Movimiento, presumiblemente grabada en el célebre Monumento 3 de San José Mogote, encontrado en la inmediata cercanía del pasillo, corresponde al día 157 del ciclo de 260 días. Aveni (2004: 30) advierte, sin embargo, que la mayor parte de esta interpretación depende de la manera que elegimos para medir el azimut del pasillo, ya que los azimuts de los muros sur y norte del pasillo (muro norte de la Estructura 19 y muro sur de la Estructura 14) son, según sus mediciones, 94°43' y 96°28', respectivamente, siendo este último prácticamente igual al que Peeler asigna al pasillo, mientras que el promedio de ambos valores es 95°35'. Por ello, y en vista de que el azimut de la perpendicular al muro este de la Estructura 19 es 93°24' (similar al que resultó de nuestras mediciones), Aveni concluye que el alineamiento del pasillo puede ser fortuito.

De acuerdo con nuestras mediciones en campo, el azimut y la altura de la muesca en el horizonte oriente son idénticos a los que proporciona Peeler, en tanto que los azimuts de los muros norte y sur del pasillo son $97^{\circ}25' \pm 30'$ y $94^{\circ}59' \pm 15'$, siendo su promedio $96^{\circ}12' \pm 30'$. Este azimut efectivamente corresponde con bastante precisión a la muesca, como también se observa en la figura 4.11. No obstante, compartimos con Aveni (2004: 30) la duda respecto a la intencionalidad de este alineamiento, ante todo porque no lo reproduce la Estructura 19. Este edificio parece estar orientado, más bien, hacia la cumbre inmediatamente a la izquierda (al norte) de la muesca, que es el pico más alto en el horizonte oriente: visualmente podemos comprobar que el muro sur de la Estructura 19B está orientado hacia este cerro (figura 4.12), mientras que los muros norte y sur de la Estructura 19 están alineados ligeramente a la derecha (sur) y a la izquierda (norte), respectivamente, del mismo pico (figuras 4.13 y 4.14). Además de que el azimut de esta cumbre (94.044°) es casi igual al promedio de los azimuts de los tres muros (93.898° : tabla 3.1), también es muy cercano a los de los escalones y paños expuestos en la plataforma del Montículo 1, desviados entre 4° y 5° en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales.



Figura 4.11. San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo del pasillo entre las Estructuras 14 y 19.

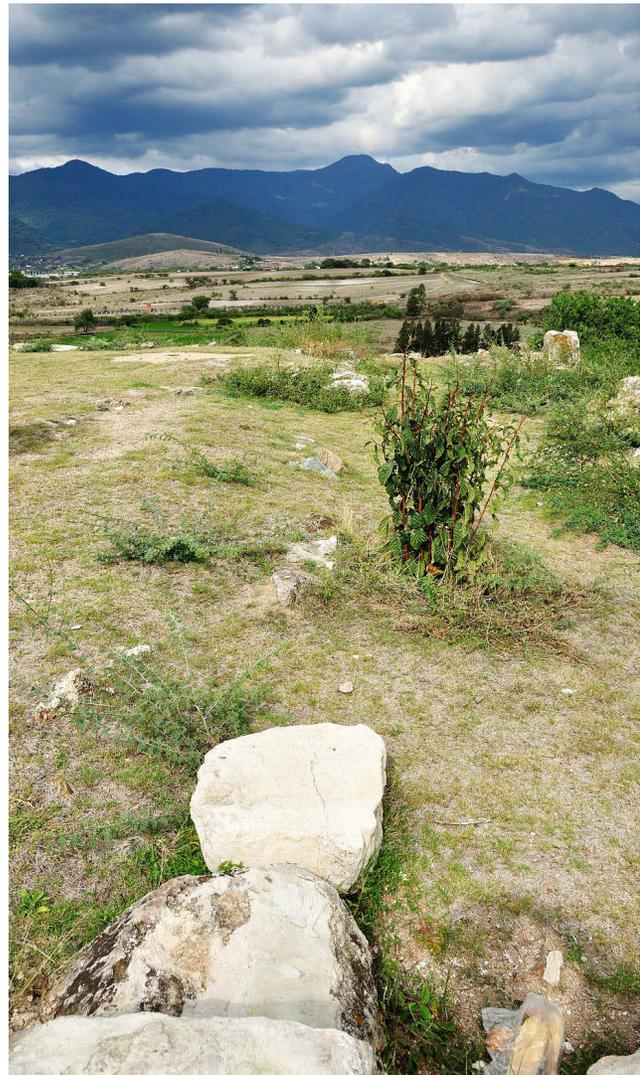


Figura 4.12. San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo de los restos del muro sur de la Estructura 19B.

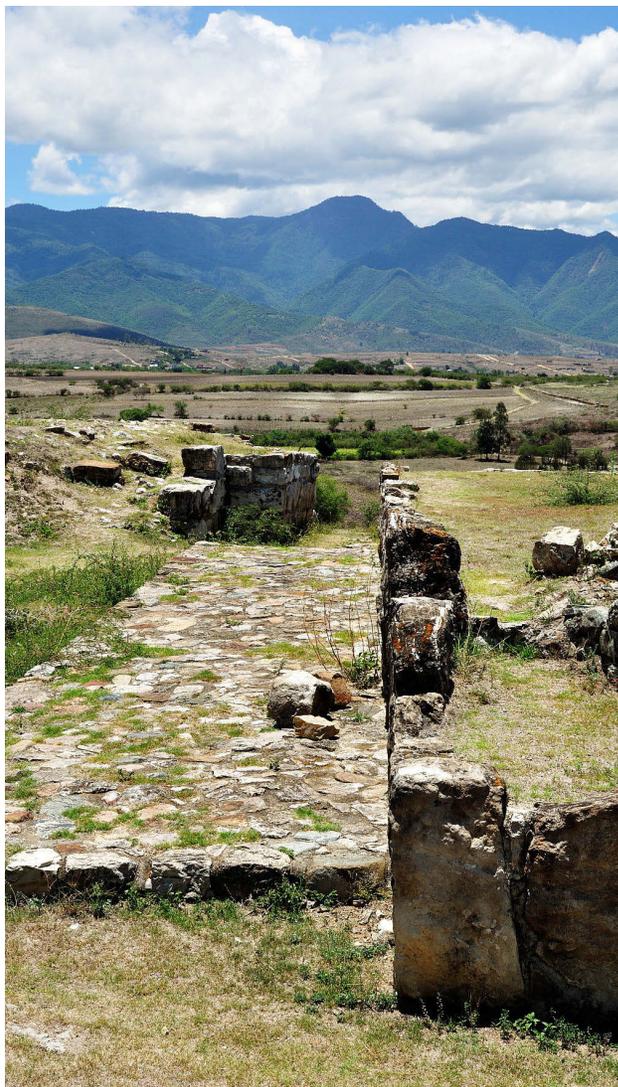


Figura 4.13. San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo del muro norte de la Estructura 19.

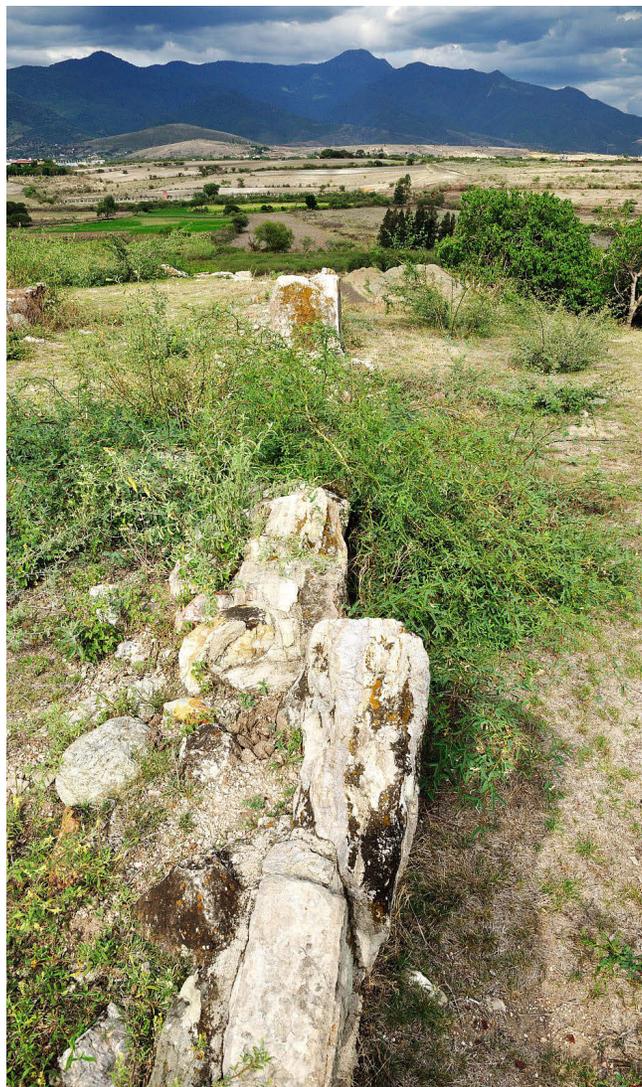


Figura 4.14. San José Mogote, vista hacia el oriente a lo largo de los restos del muro sur de la Estructura 19.

La intencionalidad de la orientación hacia el cerro referido, situado a 12 km de distancia y conocido como Cerro de San Felipe, se ve apoyada tanto por el gran número de alineamientos de este tipo detectados en el centro de México (Šprajc 2001: 57ss) como –concretamente– por el significado del Cerro de San Felipe en la tradición local: una informante de San José Mogote nos contó que “allí está un brazo del mar” y que hace mucho tiempo tenían miedo de que el agua del cerro inundara la ciudad de Oaxaca, por lo que se encomendaron a la Virgen de la Soledad, patrona de la ciudad. Esta información, además de estar acorde con el simbolismo acuático de los cerros, ubicuo en Mesoamérica (cf. Broda 1991; 1993), también ha de reflejar, específicamente, la abundancia del agua en esta montaña, cuyos manantiales fueron aprovechados en el siglo 18 con la construcción del acueducto que, hasta épocas recientes, abastecía del agua la ciudad de Oaxaca.

Para tratar de encontrar los posibles referentes astronómicos de la orientación –que no corresponde a fechas naturalmente significativas, tales como los solsticios, los días de cuarto del año o los de los pasos cenitales del Sol– cabe preguntarnos, en primer lugar, si ya en esa época

temprana existía la práctica de marcar fechas separadas por múltiplos de 13 o de 20 días. Desde luego, los intervalos con estas características hubieran tenido sentido únicamente en asociación con el sistema calendárico formal, en particular con la cuenta de 260 días. En vista de los datos disponibles, este ciclo efectivamente parece haber estado en uso desde el Preclásico Medio: además de que una fecha de la cuenta de 260 días aparece en el Monumento 3 de San José Mogote, datado a la fase Rosario (700 – 500 a.C.) (Marcus 1976: 44s; Flannery y Marcus 2003: 11802s, fig. 4),¹⁵ es probable que otro ejemplo, aun más temprano, se encuentre en las pinturas de la Cueva de Oxtotitlan, Guerrero, fechadas entre 900 y 700 a.C. (Grove s.f.; Whittaker 1983: 101s, fig. 1). Por lo tanto, no podemos descartar la posibilidad de que la orientación de las distintas etapas constructivas de la Estructura 19 de San José Mogote obedeciera al objetivo de marcar intervalos calendáricamente significativos. Como podemos ver en la tabla 3.1, un intervalo que separa las fechas de salida del Sol se aproxima a 169 (= 13 × 13) días. Si asumimos –en vista de los argumentos expuestos arriba– que el edificio fue intencionalmente alineado hacia el Cerro de San Felipe, hay que considerar que su parte alta es relativamente plana, extendiéndose entre los azimuts de 93.21° y 94.04°, con el punto más alto en su extremo derecho (figuras 4.11 a 4.14). Es decir, el azimut medio que hemos determinado para el eje este-oeste de la estructura (93.898°) pasa casi exactamente por el punto más alto. Ahora bien, para que la orientación marcara un intervalo de 169 días, el azimut debería ser más grande, pasando por la ladera sur del cerro. Por lo tanto, el propósito de alinear el edificio hacia la parte alta del cerro no era conciliable con el deseo de registrar salidas del Sol separadas por un intervalo de 169 días. En dirección inversa, la orientación que hemos determinado corresponde a las puestas del Sol en las fechas que delimitan un intervalo de poco más de 200 días (tabla 3.1). Si suponemos que el azimut intencionado fue tan sólo un cuarto de grado menor del que determinamos (lo cual es posible, considerando el error estimado), las fechas de puesta del Sol correspondientes serían 31 de marzo y 12 de septiembre, separadas por 200 (= 10 × 20) días, además de que el eje este-oeste pasaría en medio de la parte alta del Cerro de San Felipe. Agreguemos que el acceso a la Estructura 19 se ubica precisamente en el lado poniente.

Por consiguiente, si la orientación dominante en el Montículo 1 responde a la preocupación por marcar las posiciones del Sol en intervalos calendáricamente significativos, resulta probable que fuera astronómicamente funcional hacia el poniente, porque en tal caso a la vez reproducía la dirección hacia un rasgo topográfico prominente (y, es de suponer, simbólicamente importante) en dirección opuesta. La función astronómico-calendárica de la orientación es probable también en virtud de que en Monte Albán, adonde parece haberse trasladado el centro de poder regional desde San José Mogote (Marcus y Flannery 2004: 18259; Joyce 2000: 80; 2009b: 34s; 2010: 128),¹⁶

¹⁵ Sin embargo, Cahn y Winter (1993) argumentan que el Monumento 3 de San José Mogote es más tardío, perteneciente al final de la fase Monte Albán I o a la fase Monte Albán II (Preclásico Tardío).

¹⁶ Winter (2011) cuestiona el papel de San José Mogote en la fundación de Monte Albán, basándose en los datos que, según argumenta, requieren una corrección de la cronología establecida para las estructuras sobre el Montículo 1 de San José Mogote. Recordemos que Marcus y Flannery (2004: 18259) fecharon tanto la Estructura 28 como sus ampliaciones, que resultaron en la Estructura 19, a la fase Rosario. Winter (2011: 399), en cambio, menciona que las Estructuras 28 y 19B muestran la orientación de 8° al norte del este, documentada en Oaxaca desde el Preclásico Temprano y Medio, mientras que las Estructuras 19 y 19A tienen la orientación que aparece en el Valle de Oaxaca apenas con la fundación de Monte Albán, por lo que han de ser posteriores a la fase Rosario (Winter 2011: 399). No es nuestra intención evaluar las demás evidencias que presenta Winter, pero el argumento citado, implicando que la orientación plasmada en las Estructuras 19 y 19A fue una innovación de Monte Albán, es difícil de sostener, no sólo por la ya mencionada falta de datos confiables que confirmen la presencia de orientaciones desviadas 8° al norte del este en épocas tempranas de

predominan orientaciones parecidas, aparentemente dictadas por criterios semejantes que siguieron vigentes durante el Clásico; como fue mencionado, las puestas del Sol en las fechas 31 de marzo y 12 de septiembre fueron probablemente marcadas por el Edificio P de Monte Albán.

Aunque no tenemos mayor información sobre el desarrollo de los patrones de orientación en la región durante épocas posteriores, es posible que la importancia de los que prevalecían en periodos tempranos haya perdurado hasta la Conquista; así al menos lo hace suponer la observación de Storck (1980: 150) de que las iglesias y los campos de cultivo en el Valle de Etna manifiestan desviaciones entre 5° y 7° al sur del este, parecidas a la orientación rectora en el Montículo 1 de San José Mogote. Finalmente, si la importancia de la fecha 31 de marzo sobrevivió hasta la época colonial, la elección del santo patrono del pueblo de San José Mogote quizá no fuera fortuita; si se realizó en el siglo 16, antes de que el calendario juliano fuera reemplazado por el gregoriano, cabe notar que el 19 de marzo, día festivo de San José, correspondía al 29 de marzo del calendario gregoriano.

Tehuacán Viejo, Puebla

Aunque el sitio tuvo una larga ocupación, las estructuras expuestas pertenecen al Posclásico Tardío (Sisson 1991-92; Márquez 1994; Arana y Castillo 1997). Las orientaciones pudieron medirse en el Conjunto I. La Estructura 1 (templo redondo), orientada con su acceso hacia el oriente, está alineada con las Estructuras 2 y 3, ubicadas inmediatamente al oriente y con orientaciones semejantes a la de la Estructura 1 (tabla 3.1). Posiblemente el alineamiento era funcional en ambas direcciones, marcando los ortos del Sol el 25 de febrero y el 18 de octubre y las puestas el 18 de abril y el 26 de agosto. De ser así, pudo haberse usado el esquema observacional compuesto mayormente por múltiplos de 13 días (tabla 4.2). Apuntemos que los dos pares de fechas corresponden también a otras orientaciones en el área estudiada (v. capítulo 5, tabla 5.1).

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura 1	salida del Sol	feb 25	130	oct 18
Estructura 1	puesta del Sol	abr 18	52 53	ago 26
			130	

Tabla 4.2. Esquema del posible calendario observacional de la Estructura 1 de Tehuacán Viejo.

La orientación de la Estructura 4 no se puede establecer de manera confiable y sus bases astronómicas no son evidentes (tabla 3.1).

Yagul, Oaxaca

Los edificios cuyos restos se conservan en el núcleo del asentamiento, fechados para la época desde el Clásico Tardío hasta finales del Posclásico (Paddock 1955; Bernal y Gamio 1974; Robles 2011), manifiestan orientaciones parecidas. Es de suponer que los alineamientos astronómicamente funcionales fueron incorporados en las estructuras que encierran los Patios 1 y

Oaxaca, sino también –y sobre todo– porque las Estructuras 28 y 19B de San José Mogote, en lugar de incorporar tal desviación, manifiestan la misma orientación que las ampliaciones posteriores (v. *supra*).

4: en ambos casos corresponden a las puestas del Sol en el solsticio de junio (tablas 3.1 y 3.2). El juego de pelota y las estructuras que componen el Palacio de los Seis Patios parecen reproducir la orientación solsticial de manera aproximada: sus orientaciones son ligeramente divergentes y sus características formales hacen su función observacional poco probable. En la orientación del Edificio U quizá fuera más importante la relación simbólica con el cerro ubicado inmediatamente al oriente, sobre el cual se localiza el conjunto denominado La Fortaleza (figura 4.15), aunque es posible que marcara los ortos solares en las fechas 2 de febrero y 9 de noviembre, separadas por un intervalo de 280 (= 14×20) días y tal vez registradas también por los edificios en Zaachila (*v. infra*, y tabla 3.1).

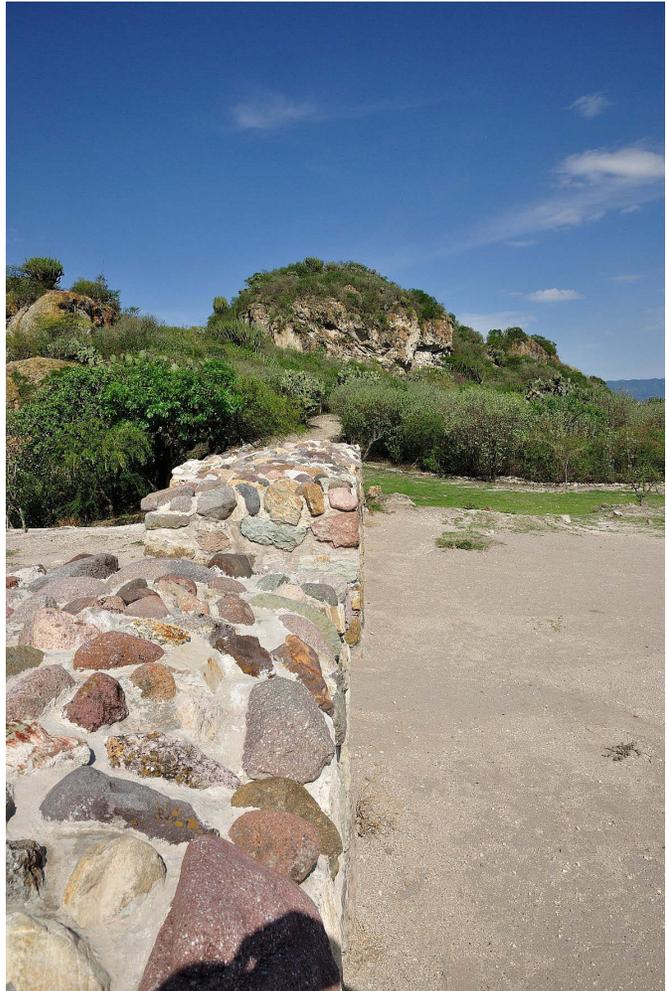


Figura 4.15. Yagul, Edificio U, vista hacia el oriente a lo largo del muro superior.

Los rasgos de la topografía circundante probablemente intervinieron también en la disposición de los edificios que componen los Patios 1 y 4. Además de que su orientación corresponde a las puestas del Sol en el solsticio de junio, las estructuras que rodean el Patio 1 están alineadas hacia un cerro en el horizonte norte (figura 4.16), en tanto que los edificios del Patio 4 están orientados hacia una elevación en el horizonte oriente (figuras 4.17 y 4.18). Si tales alineaciones fueron logradas a propósito, es obvio que el lugar para la construcción de estos edificios debió ser seleccionado con base en criterios tanto astronómicos como topográficos.

Figura 4.16. Yagul, Patio 1, vista hacia el norte a lo largo de un muro del edificio poniente. Nótese la alineación hacia el cerro en el horizonte.

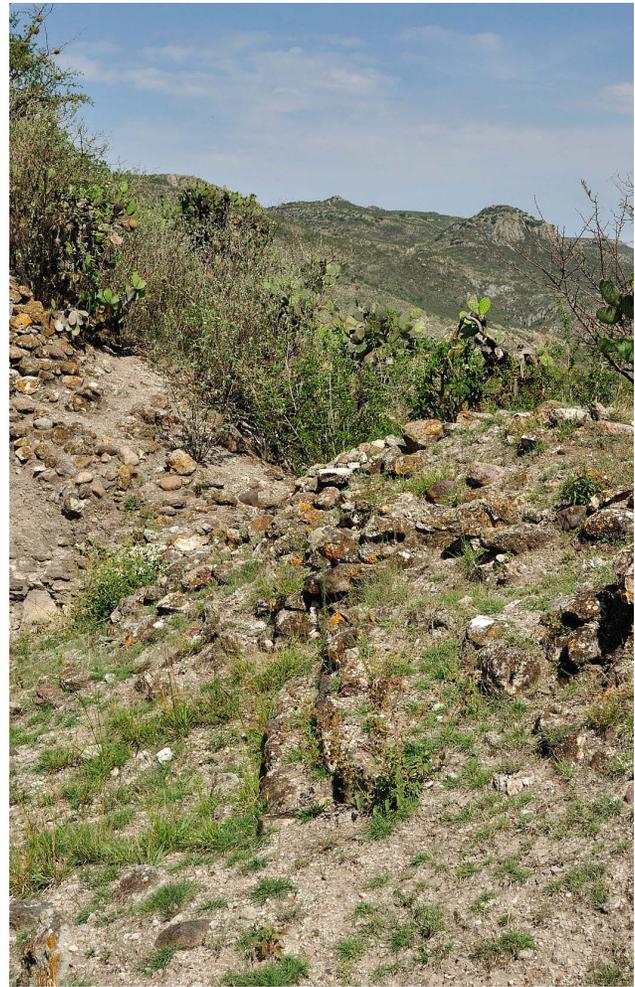


Figura 4.17. Yagul, Patio 4, vista hacia el oriente a lo largo del frente sur del edificio norte (izquierda) y a lo largo de algunos escalones expuestos en el edificio sur (derecha). Nótese la alineación hacia la prominencia en el horizonte.

Zaachila, Oaxaca

El sitio, cuya ocupación se remonta al menos al periodo Clásico, fue un importante centro sobre todo en el Posclásico (Gallegos 1978; Paddock 1983; Winter 1986b; Joyce 2010: 264s, 271), periodo al que seguramente pertenece también el Montículo A, aunque las tumbas en el interior probablemente datan del Clásico (Winter 2004: 124). La orientación del Montículo A es la única en el sitio que pudo medirse, pero los edificios aledaños, a juzgar por algunos elementos expuestos, tenían orientaciones parecidas y es posible que el observacionalmente funcional fuese uno de ellos, tal vez registrando las salidas del Sol el 2 de febrero y el 9 de noviembre, separadas por un intervalo de 280 (= 14×20) días y posiblemente marcadas también por el Edificio U de Yagul (v. *supra*). Los extremos menores norte de la Luna en el horizonte poniente representan otro posible referente astronómico de la orientación (tablas 3.1 y 3.3).

Golfo de México

Abasolo del Valle, Veracruz

Los datos en la tabla 3.1 corresponden al conjunto principal, que en la clasificación de Heredia (2007: 268ss, fig. 450) pertenece al tipo Conjunto Plazas Adjuntas. Las estructuras del conjunto están dispuestas a lo largo de un eje este-oeste, con la pirámide principal en el extremo oeste (figura 4.18). Debido al estado actual de las estructuras (montículos de tierra apisonada), el azimut de este eje no se puede determinar con mucha precisión, pero es probable que marcara las salidas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, separadas por el intervalo de 260 días y registradas también por la Plaza I de Medias Aguas (v. *infra*), así como por un gran número de orientaciones en el centro de México y el área maya (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015).



Figura 4.18.
Abasolo del
Valle, conjunto
principal
(imagen: Google
Earth).

Cantona, Puebla

Los restos del extenso asentamiento prehispánico manifiestan tres concentraciones principales, llamadas Unidades Norte, Centro y Sur por García Cook y Merino Carrión (1998: 195, fig. 2; García Cook 2004; 2007; 2009). Mientras que el sitio presenta una larga ocupación que va desde el Preclásico Medio hasta el Posclásico Temprano, los edificios cuyas orientaciones medimos y que se ubican en el núcleo cívico-ceremonial, en la parte más elevada de la Unidad Sur, fueron construidos durante los periodos Cantona I (600 a.C. – 50 d.C.) y II (50 – 550/600 d.C.) o, dicho con mayor precisión, entre los siglos 1 a.C. y 4 d.C., cuando la conformación del centro administrativo y religioso llevó a la consolidación de la ciudad (Ángel García Cook: com. personal, enero de 2013; García Cook 2004; García Cook y Martínez Calleja 2012).

La Pirámide Central en la Plaza de la Fertilización de la Tierra, orientada con su escalinata de acceso hacia el oriente, evidentemente marcaba los ortos del Sol en los solsticios de diciembre, mientras que la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 5, con su acceso al poniente, señalaba las puestas del Sol en los días de cuarto del año. La pirámide de la Plaza Oriente mira con su acceso hacia el poniente, pero su orientación parece haber sido funcional hacia el oriente, marcando las fechas 9 de febrero y 1 de noviembre, separadas por un intervalo de 100 (= 5 × 20) días (tabla 3.1). Aunque estas fechas no son señaladas con mucha frecuencia, cabe recordar que las registran edificios tan importantes como la Ciudadela de Teotihuacan y el sector oriente de la Acrópolis de Xochicalco, incluyendo la Pirámide de las Serpientes Emplumadas (Šprajc 2001: 204ss, 261ss).

Los taludes de la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7 manifiestan una orientación ligeramente diferente de la que tienen los restos de la estructura superior. El basamento comparte su orientación con el edificio este en la Plaza Hundida Sur, llamado Palacio; ambos, orientados con sus accesos hacia el poniente, parecen haber marcado las puestas del Sol en las fechas 18 de abril y 26 de agosto, separadas por el intervalo de 130 (= 10 × 13) días y marcadas también por otros edificios en el área estudiada (tabla 5.1). La estructura que corona la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7, en cambio, posee la misma orientación que la pirámide adyacente que pertenece al Conjunto Juego de Pelota 23; ésta corresponde a las salidas del Sol en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, separadas por un intervalo de 120 (= 6 × 20) días y marcadas también por el Templo del Sol en Cempoala y la Estructura 1 en Quiahuiztlán (v. *infra*), así como por varias orientaciones en el centro de México y el área maya (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015). Según Ángel García Cook (com. personal, enero de 2013), el basamento y la estructura superior de la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7 fueron construidos alrededor de los años 100 a.C. y 300 d.C., respectivamente, mientras que el Palacio y la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 23 pertenecen a la época cerca de 100 d.C.

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)		fecha
Pirámide Central	salida del Sol	dic 21	92	91	dic 21
pirámide CJP 5	puesta del Sol	mar 23	26	26	sep 21
Palacio, basamento pirámide CJP 7	puesta del Sol	abr 18	130		ago 26

Tabla 4.3. Esquema de un posible calendario observacional, usado en Cantona en el Preclásico Tardío.

Es posible que la Pirámide Central, la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 5, el basamento de la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7 y el Palacio –edificios todos del Preclásico Tardío–

permitieran el uso de un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 13 días (tabla 4.3).

En cuanto a las pirámides de las Unidades 70 y 201 y del Conjunto Juego de Pelota 6, los motivos de sus orientaciones no son evidentes.

Recientemente Montero (2014) discutió la posibilidad de que algunos rasgos conspicuos de los horizontes oriente y poniente de Cantona sirvieran como marcadores del calendario de horizonte. En efecto, no es imposible que la ubicación de algunos edificios fuera dictada por objetivos de esta índole, pero la hipótesis resulta difícil de verificar, considerando que las estructuras monumentales están distribuidas en un área relativamente amplia, por lo cual, observando en una u otra, las fechas que marcan las prominencias en el horizonte varían. Las variaciones son particularmente notables en el horizonte poniente, formado por el cerro Las Águilas, que se localiza a escasos 2 km de distancia. Pese a estas dificultades, Montero (2014) propone la pirámide de la Plaza Oriente como un punto de observación, basando su hipótesis en que en tal caso las salidas del Sol sobre el Cofre de Perote y las puestas sobre la cima sur del cerro Las Águilas ocurren en las mismas fechas, 28 de febrero y 14 de octubre, pero a la vez supone que otro punto de observación debió ser la Pirámide Central en la Plaza de la Fertilización de la Tierra, ya que, observando allí, algunos rasgos prominentes del cerro Las Águilas corresponden a otras fechas que le parecen significativas. La objeción que puede hacerse a tal procedimiento es que la propuesta sobre los puntos de observación deriva del significado preconcebido de ciertas fechas.

Montero (2014: 133, 135) afirma también que los muros de la plaza del Conjunto Juego de Pelota 7 están dirigidos a $100^{\circ}30'$ y que esta orientación, que apunta a la cima del Cofre de Perote, la comparte la pirámide de la Plaza Oriente. En realidad, el azimut este de la plaza del Conjunto Juego de Pelota 7, muy similar al de la estructura en la parte alta de la pirámide del conjunto, es notablemente menor del que manifiesta la Pirámide de la Plaza Oriente (tabla 3.1), como puede observarse incluso en las imágenes de Google Earth (<https://www.google.com/earth/>). Lo cierto es que la dirección hacia el Cofre de Perote aproximadamente coincide con el eje este-oeste del basamento de la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7 y, además, con el del Palacio (cf. tabla 3.1).¹⁷ Es decir, es probable que ambos edificios fueran construidos en lugares premeditados, para que sus orientaciones, que parecen haber sido astronómicamente funcionales hacia el poniente (v. *supra*, tabla 4.3), a la vez incorporaran la dirección hacia el prominente monte en el horizonte oriente.¹⁸

En contraste con la variabilidad de las orientaciones en la arquitectura monumental del núcleo del sitio, los conjuntos habitacionales en la extensa área de Cantona manifiestan cierta uniformidad. Como se observa en el plano de García Cook y Merino Carrión (1998: 195, fig. 2), así como en las imágenes de Google Earth, la desviación que parece predominar en las Unidades Norte, Centro y Sur es de unos 25° en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales (figura 4.19). Es posible que tales orientaciones reprodujeran, de manera aproximada y simbólica, la dirección solsticial. Aunque entre las estructuras medidas en el núcleo del sitio sólo la

¹⁷ El Cofre de Perote, ubicado a 36 km de distancia, no era visible durante nuestra visita; según los cálculos basados en la cartografía, los azimuts de su cumbre ($N19^{\circ}29'40''$, $W97^{\circ}08'53''$), observando desde el Palacio y la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7, son 99.95° y 100.1° , respectivamente.

¹⁸ Para el Cerro Pizarro, otra elevación conspicua, ubicada a 7 km al sureste del núcleo de Cantona, Montero (2014: 131) menciona que podría marcar el extremo mayor sur de la Luna o el punto de salida de alguna estrella; la primera posibilidad debe descartarse, debido a que, observando en cualquier punto en el núcleo monumental del sitio, el azimut de esta cumbre es mayor de 130° .

Pirámide Central manifiesta la orientación solsticial, la importancia prehispánica de los solsticios en la región quizá sobreviva en la creencia de que –según nos contaron los custodios de la zona arqueológica– el 24 de junio había un encanto en el área de las ruinas: algunas personas, que iban seducidas buscando tesoros, se perdían por un año, aunque tenían la impresión de que fue un solo día.

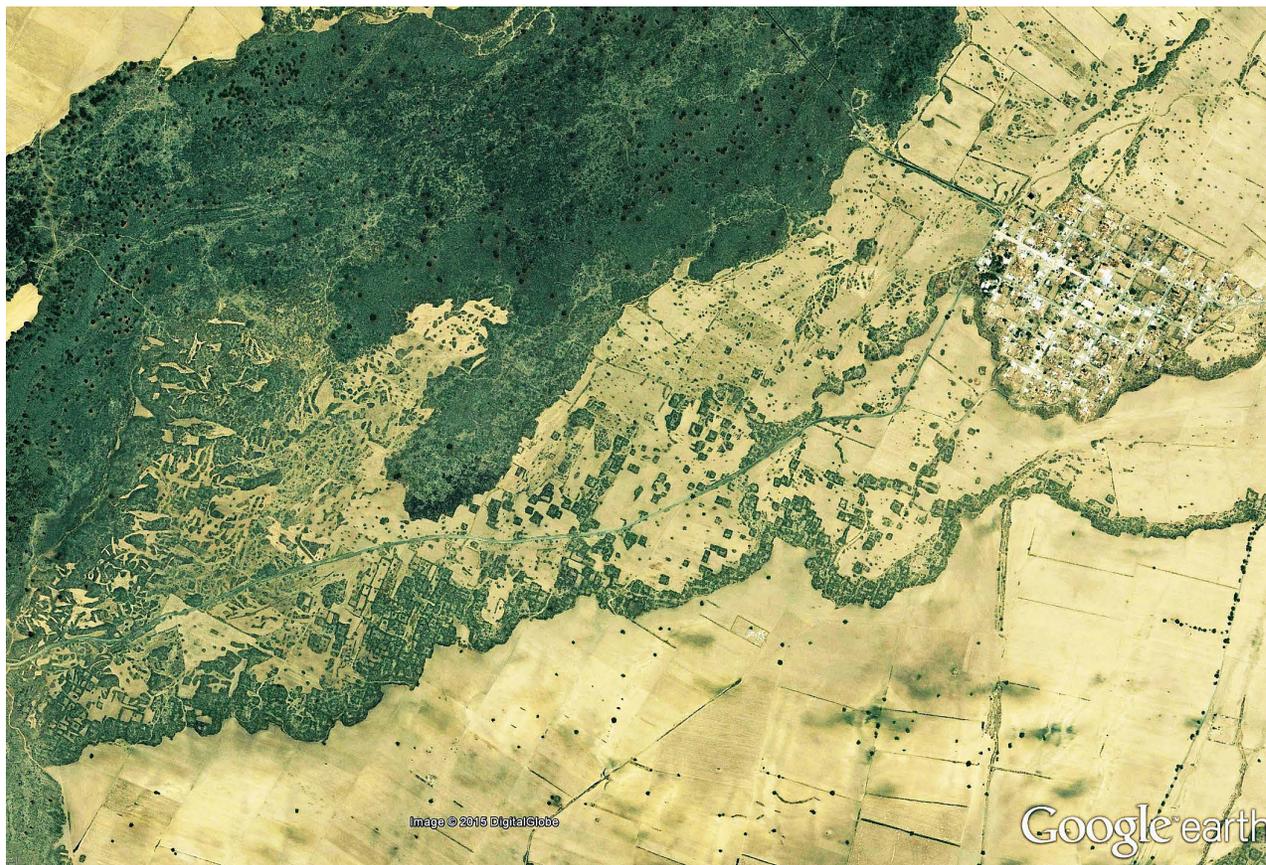


Figura 4.19. Imagen de Google Earth del área a unos 6 km al norte del núcleo de Cantona (Unidad Norte, según García y Merino 1998: 194, fig. 1). Como se puede notar, todos los restos arquitectónicos del antiguo asentamiento exhiben aproximadamente la misma orientación, evidentemente independiente de la configuración del terreno natural y conservada incluso en la traza del poblado moderno de Francisco I. Madero (en la parte superior derecha).

Cabe mencionar también los santos patronos que prevalecen en la región, ya que su selección podría haberse debido a sus días festivos que aproximadamente coincidían con las fechas registradas por los más importantes edificios cívico-ceremoniales de Cantona. Según los custodios de la zona arqueológica, los patronos en los pueblos de la región y sus días festivos son los siguientes:

Virgen de Guadalupe, 12 de diciembre:	Téxcal, Sarabia;
San Antonio, 13 de junio:	Tezontepec;
San Pedro, 29 de junio:	Tepeyahualco;
San Nicolás, 10 de septiembre:	Xaltipanapa, Pizarro, Tetipanapa;

Las fechas 12 diciembre, 13 de junio y 29 de junio son muy cercanas a los solsticios, sobre todo las primeras dos, si es que fueron introducidas ya en el siglo 16, todavía durante la vigencia del

calendario juliano. Recordemos que la Pirámide Central está orientada hacia la salida del Sol en el solsticio de diciembre y que los conjuntos habitacionales en las tres concentraciones mayores de Cantona parecen ser regidos por la dirección solsticial. La fecha 10 de septiembre podría relacionarse con el 21 de septiembre, día de cuarto del año registrado en el horizonte poniente por la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 5. Desde luego, para reforzar la idea sobre la continuidad de la importancia de ciertas fechas desde la época prehispánica, habría que realizar un estudio más sistemático de los santos patronos en la región y establecer los momentos en que se fundaron los poblados y se introdujeron sus respectivos patronos.

En las Grutas de Tzinacamóztoc, localizadas al norte de la Unidad Norte de Cantona (a unos 9 km al norte del núcleo del sitio y a aproximadamente 2.5 km al norte de los poblados Francisco I. Madero y Mancuernas), se descubrió una estructura artificial bajo un tragaluz natural, rasgos que Espinasa-Pereña y Diamant (2012) interpretan como un dispositivo que permitía registrar ciertas fechas mediante la observación del paso de los rayos solares. Según estos autores, en los días del paso del Sol por el cenit los rayos verticales, entrando por el tragaluz a mediodía, caen sobre un bloque de piedra situado aproximadamente en medio de un encierro en forma de pentágono; en el solsticio de verano, la trayectoria de los rayos solares pasa por dos vértices de la estructura pentagonal. Al observar que la trayectoria equinoccial de los rayos solares es paralela al muro norte del encierro, Espinasa-Pereña y Diamant (2012: 592s, fig. 8) también sugieren que, dependiendo de la altura original del muro, su parte superior quizá haya sido iluminada en los equinoccios o días de cuarto del año. En vista de los hechos, la función astronómica de este dispositivo es probable, particularmente su relación con el solsticio de verano y los días del paso cenital del Sol, ya que en estos casos los rayos solares pasan por puntos evidentemente significativos de la estructura, que pudieron haber fungido como marcadores. En cambio, resulta menos probable la idea de que el dispositivo sirviera también para marcar otros dos pares de fechas que los autores consideran significativas (9 de abril y 2 de septiembre; 30 de abril y 15 de agosto), ya que en estos casos los puntos por los que pasan las trayectorias de los rayos solares son menos obvios y de diferentes tipos (Espinasa-Pereña y Diamant 2012: 592s, fig. 8).

Castillo de Teayo, Veracruz

La orientación de la pirámide, fechada para el Posclásico Tardío (Solís 1986; Marquina 1964: 458ss) y con su acceso hacia el oeste, corresponde a las puestas del Sol en las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por el intervalo de 200 (= 10×20) días y registradas probablemente también por las estructuras principales en Monte Negro y el Templo de la Luna en Guiengola, aunque en este último caso en el horizonte oriente (tablas 3.1 y 5.1). El dato publicado por García Payón y citado por Solís (1986: 74) de que la fachada de la pirámide está "orientada hacia el oeste, con una desviación de 15° al norte", es claramente erróneo. La desviación al sur del oeste que caracteriza este edificio (y que puede observarse incluso en las imágenes de Google Earth) la manifiesta también la pirámide contemporánea de Cuauhtochco (*v. infra*), que también en otros aspectos es similar a la de Castillo de Teayo (*cf.* Solís 1986: 76).

Cempoala, Veracruz

Las estructuras medidas en este sitio datan del Posclásico Tardío (Brüggemann *et al.* 1991; Marquina 1964: 460ss; Melgarejo 1966). La Gran Pirámide o Templo del Sol (Estructura 3) comparte su orientación con la adyacente Estructura 4 o Templo del Agua. La orientación parece haber sido

funcional en ambas direcciones, marcando las salidas del Sol el 19 de febrero y el 22 de octubre, separadas por un intervalo de 120 ($= 6 \times 20$) días, y las puestas el 20 de abril y el 23 de agosto, con un intervalo intermedio de 240 ($= 12 \times 20$) días (tabla 3.1). Ambos pares de fechas corresponden también a otras estructuras en nuestra área de estudio (tabla 5.1). El posible calendario observacional del Templo del Sol de Cempoala, compuesto mayormente por múltiplos de 20 días, se presenta en la tabla 4.4.

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Templo del Sol	salida del Sol	feb 19	120	oct 22
Templo del Sol	puesta del Sol	abr 20	60 60	ago 23
			125	

Tabla 4.4. Esquema del posible calendario observacional del Templo del Sol (Gran Pirámide) de Cempoala.

El Palacio de Moctezuma y el Templo de la Luna (o Estructura 5) manifiestan orientaciones parecidas, que parecen haber señalado los ortos solares el 25 de febrero y el 18 de octubre, separados por un intervalo de 130 ($= 10 \times 13$) días y registrados probablemente también por la Estructura 1 de Tehuacán Viejo (v. *supra*). La orientación del Templo de las Caritas corresponde a las salidas del Sol en los equinoccios, como ya advirtió Galindo (1996); sin embargo, considerando que el Templo Mayor (o Estructura 1) tiene una orientación muy parecida, pero menos congruente con los equinoccios (tabla 3.1), parece más probable que ambos edificios marcaran las puestas del Sol en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre), posiblemente registrados también por el edificio llamado El Pimiento, pero en este caso en el horizonte oriente. El Templo de las Chimeneas probablemente marcaba las puestas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre, separadas por el intervalo de 160 ($= 8 \times 20$) días; el cercano Edificio del Venado exhibe aproximadamente la misma orientación. El Templo de Ehécatl quizá fuese orientado a las puestas del Sol en los días de su paso por el cenit, o hacia los extremos menores de la Luna (tablas 3.1, 3.3 y 3.4); como fue argumentado en el capítulo 3, esta última interpretación parece más probable.

Chiapa de Corzo, Chiapas

Mientras que los datos en la tabla 3.1 corresponden a la Estructura 32, del Preclásico Tardío (G. Lowe 1995: 324, figs. 2 y 3), hay que hacer notar que también los demás edificios excavados (1, 5 y 7) comparten casi la misma orientación, que muy probablemente registraba las salidas del Sol en el solsticio de diciembre (tabla 3.2) y que al parecer dominaba toda la traza urbana de este sitio (v. planos en: Castillo 1992: fig. 2; G. Lowe 1995: fig. 2). A juzgar por el conjunto que componen los Montículos 11 y 12 y que representa un arreglo del tipo Grupo E de Uaxactún, esta orientación estaba presente en el sitio desde el Preclásico Medio, periodo para el que ha sido fechado el Montículo 11 excavado recientemente (Gallaga 2010; L. Lowe 2012; Bachand y Lowe 2011; Bachand 2013). Las orientaciones de dos estructuras de Chiapa de Corzo ya fueron interpretadas como solsticiales por Aveni y Hartung (2000: 58, tabla 1).

Al notar que, en contraste con La Venta, desviada 8° al poniente del norte, la orientación de Ojo de Agua, sitio del Preclásico Medio en la costa del Pacífico, es de 20° al este del norte, Bachand (2013: 19s) sugiere que la orientación similar de las estructuras contemporáneas de Chiapa de Corzo refleja influencias o migraciones desde la región de Soconusco. En apoyo de su opinión

podemos agregar que las orientaciones solsticiales se han encontrado en varios sitios preclásicos de la costa del Pacífico (Aveni y Hartung 2000).

Cuajilote, Veracruz

El núcleo del sitio, cuyo florecimiento corresponde al Clásico Tardío (Cortés Hernández 1994), está dispuesto alrededor de una plaza alargada en dirección suroeste-noreste, en cuyo extremo suroeste se ubica la estructura más grande (Templo Mayor), mientras que un juego de pelota la encierra en el extremo noreste. El conjunto monumental es reminiscente de los llamados complejos cuatripartitas en el sur de Veracruz (Borstein 2005). Aunque el eje longitudinal de la plaza, con el azimut de unos 31°, parece acentuar la dirección suroeste-noreste, es probable que ésta fuera dictada por la dirección perpendicular que, debido a la altura del horizonte oriente, aproximadamente corresponde a las salidas del Sol en el solsticio de diciembre. La importancia de la dirección solsticial es sugerida, por una parte, por la orientación del juego de pelota: el azimut de su eje longitudinal (122.33°) corresponde a la declinación de aproximadamente -24°, debido a la altura de unos 14° del horizonte oriente (conformado por elevaciones a unos 300 m de distancia y cubiertas por vegetación, por lo que su altura angular, variando en función del punto de observación, no se puede determinar con exactitud). Por otra parte, el deseo de marcar las salidas del Sol en el solsticio de diciembre parece reflejarse en el hecho de que la orientación del Templo Mayor es notablemente diferente de la de los demás edificios que rodean la plaza (lo que puede observarse claramente, por ejemplo, en el plano de Wilkerson [1999: 135, fig. 5.14] o en imágenes de Google Earth): observando en el Templo Mayor, la dirección solsticial corresponde –debido a que la altura del horizonte oriente es considerablemente más grande que en otros puntos del sitio– al azimut de unos 124°, y es precisamente ésta la dirección incorporada en la orientación del templo (tablas 3.1 y 3.2).

Cortés (1994: 75) menciona la probabilidad de que la estela empotrada en posición vertical en medio del adoratorio central de la plaza “funcionara como un marcador astronómico en los movimientos solsticiales”, pero no especifica cuál hubiese sido la posible práctica observacional.

Cuauhtochco, Veracruz

La pirámide principal, construida después de la conquista mexicana a mediados del siglo 15 (Medellín 1952: 42; 1960), mira con su escalinata de acceso hacia el poniente (figura 4.20), dirección en la que marca las posiciones del Sol en las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, que delimitan un intervalo de 160 (= 8 × 20) días (tabla 3.1).

La ubicación de la pirámide podría tener que ver con la dirección hacia el Volcán San Martín, que forma parte de la línea del horizonte sureste. Ubicado a 146 km de distancia, el volcán no era visible durante nuestros trabajos. El azimut y la altura de su pico más alto (N18°33'27.5", W95°12'02.8", asnm: 1680 m), calculados con base en la cartografía disponible, son 101.37° y 0.03°, respectivamente, resultando en la declinación de -10.92°, que corresponde a la posición del Sol en las fechas 20 de febrero y 22 de octubre. Sin embargo, el volcán es activo y ha habido varias erupciones en el periodo histórico (Zamora 2007; Espíndola *et al.* 2010), que pudieron haber alterado su forma. Si en la época de florecimiento de Cuauhtochco la cumbre tenía menor altura y estaba un poco al sur de la actual, hubiera marcado los ortos del Sol el 19 de febrero y el 22 de octubre, con un intervalo intermedio de 120 días y separados por intervalos de 20 días de las fechas de puesta del Sol registradas por la pirámide. Recordemos que las fechas 19 de febrero y 22 de

octubre son señaladas por algunos edificios en el área del Golfo (tabla 5.1), así como por varias orientaciones en el centro de México y el área maya (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015). Durante nuestras mediciones en Cuauhtochco tampoco era visible el Volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba), que se eleva a 78 km al noroeste del sitio. El azimut, la altura y la declinación de su cumbre (N19°01'48", W97°16'12", asnm: 5636 m), calculados a partir de la cartografía ($A = 287.13^\circ$; $H = 3.68^\circ$; $\delta = 17.32^\circ$), corresponden a las fechas 9 de mayo y 4 de agosto, pero hay que advertir que con los datos cartográficos a nuestro alcance no pudimos determinar de manera confiable cuál es el punto que, observando desde Cuauhtochco, tiene la mayor altura angular. Si su azimut fuese unos minutos más grande, las fechas de puesta del Sol sobre el volcán serían 10 de mayo y 3 de agosto, con un intervalo intermedio de 280 ($= 14 \times 20$) días y distantes 60 ($= 3 \times 20$) días de las fechas señaladas por la estructura en el horizonte poniente. Para resolver el dilema habría que realizar mediciones en campo en un día despejado.



Figura 4.20.
Cuauhtochco,
pirámide
principal, vista
hacia el noreste.

En vista de que la orientación de la pirámide de Cuauhtochco es parecida a la de la estructura similar y contemporánea de Castillo de Teayo, no podemos descartar la posibilidad de que ambas registraran las salidas del Sol el 29 de marzo y el 14 de septiembre, separadas por un intervalo de 169 ($= 13 \times 13$) días (tabla 3.1). No obstante, considerando que los dos edificios miran con sus accesos hacia el poniente y que sus orientaciones, que pudieron determinarse con bastante precisión, manifiestan mejor concordancia con las fechas oeste que propusimos como determinantes, resulta más probable su direccionalidad poniente.

Cuyuxquihui, Veracruz

El Edificio 4 de este sitio posclásico tardío, que parece haber surgido después del abandono de El Tajín (Ruiz 1986; 1987; 1992; Ruiz y García 2011), es un templo adosado a la escarpa de la que se eleva un acantilado al oriente del sitio, por lo que su orientación sólo pudo ser astronómicamente

funcional hacia el poniente, dirección en la que mira su acceso; es probable que marcara las puestas del Sol en los solsticios de junio (tablas 3.1 y 3.2). Observando en el Edificio 1 (pirámide principal), ubicado al poniente del anterior, la línea del horizonte oriente la conforma el acantilado que se eleva a escasos 200 m de distancia, por lo que el error estimado de la declinación este es más grande que el de la declinación oeste (tabla 3.1). Es probable que el templo, con su acceso desde el oriente, marcara las salidas del Sol en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre).

Dagamal Santa Rosa, Veracruz

En el sitio no se ha encontrado material que permita fecharlo (Heredia 2007: 79). En otros sitios de la región que manifiestan configuraciones arquitectónicas semejantes se hallaron materiales que pertenecen tanto al Preclásico como al Clásico (*ibid.*: 75ss).¹⁹

Las mediciones se realizaron en el grupo principal, que constituye un complejo llamado cuatripartita por Borstein (2005) y consiste en una plaza alargada en dirección norte-sur y delimitada por dos montículos largos y paralelos por sus costados este y oeste. Un montículo piramidal, que es el edificio más alto del sitio, encierra la plaza por su lado norte; otro montículo, de menores dimensiones, se ubica en el extremo sur del grupo (v. plano en: Heredia 2007: 83, fig. 116). El azimut norte que aparece en la tabla 3.1 corresponde a la orientación de los dos montículos alargados y al eje de simetría norte-sur de la plaza. El azimut este equivale a la perpendicular al eje norte-sur. Aunque la orientación podría relacionarse con las salidas del Sol separadas por un intervalo de 280 (= 14 × 20) días, o con sus puestas en los días de su tránsito por el cenit, parece más probable –en vista de lo que argumentamos en el capítulo 3– que se refiera a los extremos menores norte de la Luna en el horizonte poniente (tablas 3.1, 3.3 y 3.4).

El Guayabal, Veracruz

Las mediciones se realizaron en el grupo principal, que al parecer data del Preclásico Tardío (Heredia 2007: 79). Se trata de un conjunto cuatripartita, en la terminología de Borstein (2005), que consiste en una plaza alargada en dirección norte-sur y delimitada por dos montículos largos y paralelos por sus costados este y oeste. En su lado norte la encierra un montículo piramidal, que es el edificio más alto del sitio (v. plano en: Heredia 2007: 84, fig. 117). El azimut norte que aparece en la tabla 3.1 corresponde a la orientación de los dos montículos alargados y al eje de simetría norte-sur de la plaza; el azimut este es el de la perpendicular al eje norte-sur. El conjunto tal vez señalaba las puestas del Sol en las fechas 3 de abril y 10 de septiembre, separadas por el intervalo de 160 (= 8 × 20) días y marcadas también por el Templo de las Chimeneas de Cempoala (v. *supra*).

El Tajín, Veracruz

Las estructuras medidas datan del Clásico Tardío, periodo en el que El Tajín vivió su auge (Villalobos 1986; Rivera 1986; Marquina 1964: 422ss; Brüggemann 1992; Brüggemann *et al.* 1992; Piña y Castillo 1999; Ladrón de Guevara 1999; 2010; Pascual 2006; Koontz 2009). Al observar una amplia gama de

¹⁹ Las fechas solares correspondientes a la orientación del grupo principal (tabla 3.1) fueron calculadas para el periodo Clásico.

orientaciones en los juegos de pelota, Raesfeld (1991: 182s) comenta que El Tajín parece en ciertas partes una ciudad “caótica” y sugiere que fue la topografía del sitio la que determinaba la orientación de los edificios. Aunque las orientaciones en el núcleo de El Tajín son, en efecto, muy variables, la topografía no parece haber sido el único factor determinante.

De acuerdo con una observación reciente (INAH 2010), algunos edificios importantes están orientados hacia el cerro ubicado a unos 700 m al oriente del núcleo del sitio. Un caso muy claro de tal alineación lo representa la Pirámide de los Nichos. Aunque Galindo (2004a: 378) afirma que la dirección del eje de simetría de la pirámide no coincide con la cúspide del cerro –al que llama *Iskulic* o *Escolín*–, sino que pasa un poco al sur, las fotos que tomamos a lo largo de varios paramentos en la parte superior del edificio demuestran que la intención de los constructores fue alinear la pirámide precisamente hacia la cumbre (figura 4.21). También el Edificio 12, al poniente de la Pirámide de los Nichos, los Edificios 3 y 23, al oriente de la pirámide, el Edificio 5 con el adyacente juego de pelota e incluso el Edificio A y el Palacio de las Columnas en El Tajín Chico –si bien la orientación de estos últimos dos no se puede establecer de manera confiable– están aproximadamente orientados al mismo cerro, sugiriendo su importancia simbólica. Las orientaciones hacia el cerro, desde luego, no excluyen la posibilidad de que al menos algunas también tuvieran bases astronómicas.

Si es cierto que la Pirámide de los Nichos originalmente tenía 365 nichos, es obvio que se enumera entre los diversos edificios mesoamericanos cuyos elementos arquitectónicos reflejan la numerología calendárica y el simbolismo astronómico (cf. Ladrón de Guevara 2010: 108ss; Morante 2010). Galindo (2004a: 378) asigna al eje de simetría de la pirámide el azimut de $100^{\circ}35'$, relacionándolo con las salidas del Sol en los días 4 de marzo y 9 de octubre. Nuestras mediciones, que realizamos en la parte superior de la estructura, resultaron en datos marcadamente diferentes (tabla 3.1), confirmados fotográficamente por Patricia Castillo Peña (figura 4.22): la orientación debe haber sido destinada a marcar las salidas del Sol en las fechas 16 de marzo y 28 de septiembre, separadas por un intervalo de 169 (= 13×13) días.

En su análisis de la posible función astronómica del tiro vertical que estaba en la pirámide, Morante (2010) reconstruyó las dimensiones del tiro y propuso que permitía el paso de los rayos solares en ciertas fechas significativas. Con las mediciones en la parte inferior del edificio, Morante (2010: 131s, nota 35, 134) obtuvo el azimut este-oeste de $96^{\circ}06'$, muy parecido al nuestro (tabla 3.1) y prácticamente igual al de $96^{\circ}03'$ que había determinado Aveni (1991: 353); curiosamente, sin embargo, en sus análisis prefirió adoptar el azimut de $100^{\circ}35'$ medido por Galindo (2004a: 378). Por ello, así como por algunas incongruencias en sus cálculos, resulta cuestionable la validez de sus propuestas.²⁰

²⁰ Al mencionar que corroboró los resultados de sus cálculos, en los que dice haber usado el azimut de $100^{\circ}35'$, con una maqueta y un simulador solar, Morante (2010: 134) afirma que en este experimento orientó la maqueta con el azimut de $96^{\circ}06'$. Otro problema es que las declinaciones que proporciona para las líneas d3 y d4 no derivan de sus datos (*ibid.*: 127ss). Para la línea d3 obtiene la declinación $17^{\circ}10'$; en realidad, la declinación que corresponde al azimut de $100^{\circ}35'$ y la distancia cenital de 15.5° , equivalente a la inclinación de la línea respecto a la vertical, es $16^{\circ}54'$ (o $18^{\circ}04'$ para el azimut de $96^{\circ}06'$). En el caso de la línea d4 obtiene la declinación $19^{\circ}21'$, pero ésta corresponde al azimut de $100^{\circ}35'$ y la distancia cenital del Sol de $5^{\circ}30'$, equivalente a la inclinación de la línea respecto a la vertical hacia el oriente, mientras que su dibujo (*ibid.*: fig. 51) muestra que esta línea está desviada de la vertical hacia el poniente, por lo que el azimut que debería usarse en el cálculo es $280^{\circ}35'$, resultando en la declinación de $21^{\circ}22'$.

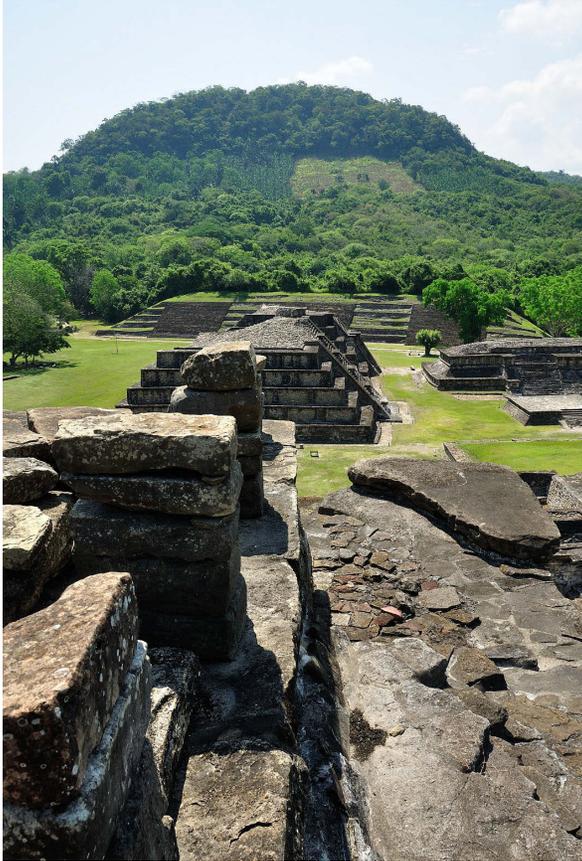


Figura 4.21. El Tajín, vista hacia el oriente desde la parte alta de la Pirámide de los Nichos, a lo largo de varios paramentos alineados hacia el cerro al fondo.

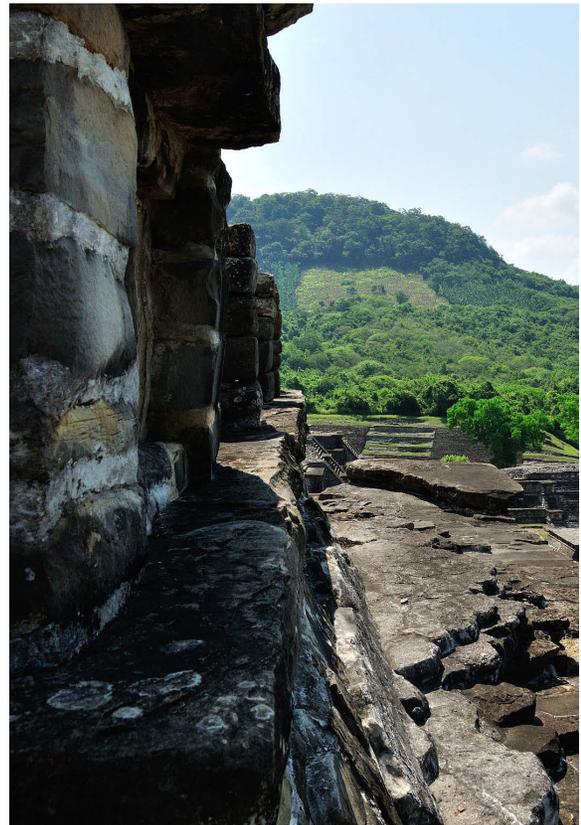


Figura 4.22. El Tajín, Pirámide de los Nichos, salida del Sol el 18 de marzo de 2013 (foto: cortesía de Patricia Castillo Peña). Nótese que el Sol se encuentra al norte de la dirección marcada por el paramento, ya que la fecha exacta de la alineación fue el 16 de marzo.



La Pirámide de los Nichos y el adyacente Edificio 5 miran con sus accesos hacia el oriente, en dirección del cerro mencionado, y sus orientaciones, que también deben haber sido astronómicamente funcionales hacia el oriente, manifiestan una relación interesante. El Edificio 5 marcaba las fechas 29 de marzo y 14 de septiembre, separadas por 169 (= 13×13) días (tabla 3.1); si la Pirámide de los Nichos registraba el mismo intervalo (*v. supra*), las fechas que lo delimitaban guardan una relación significativa con las señaladas por el Edificio 5, permitiéndonos reconstruir un calendario observacional compuesto mayormente por múltiplos de 13 días (tabla 4.5). En relación con el intervalo en septiembre, el único que no es múltiplo de 13 días, cabe recordar que, en los calendarios observacionales reconstruidos para varios sitios del centro de México, los intervalos en la temporada seca del año tienden a ser múltiplos más exactos de los periodos de 13 y de 20 días que en la época de lluvias (Šprajc 2001), tendencia que ha de reflejar la importancia de las observaciones anticipatorias en la temporada seca, que permitían la predicción del inicio de las lluvias y de los momentos ritualmente importantes relacionados con la siembra del maíz (*cf.* capítulo 5).

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Pirámide de los Nichos	salida del Sol	mar 16	169	sep 28
Edificio 5	salida del Sol	mar 29	13 14	sep 14
			169	

Tabla 4.5. Esquema del posible calendario observacional de la Pirámide de los Nichos y el Edificio 5 de El Tajín.

Los edificios de la Plaza del Arroyo, que corresponde a la fase inicial del desarrollo de la ciudad (Piña y Castillo 1999: 20, 83ss), presentan deformaciones muy marcadas por asentamientos, por lo que los datos sobre sus orientaciones pueden tener errores considerables. Si la Estructura 16, en el costado norte de la plaza, registraba las puestas del Sol en las fechas 18 de abril y 26 de agosto, separadas por 130 (= 10 × 13) días (tabla 3.1), estas fechas pudieron formar parte del esquema observacional reconstruido en la tabla 4.5, ya que caen 20 y 19 días después y antes, respectivamente, de las fechas 29 de marzo y 14 de septiembre; recordemos que las fechas 18 de abril y 26 de agosto corresponden también a otras orientaciones en el área estudiada (tabla 5.1). La Estructura 20, en el costado poniente de la Plaza del Arroyo, probablemente marcaba las salidas del Sol el 1 de marzo y el 12 de octubre, separadas por 140 (= 7 × 20) días, o las puestas del Sol en los días 23 de abril y 21 de agosto, que delimitan un intervalo de 120 (= 6 × 20) días. El eje este-oeste de la Estructura 18, en el costado oriente de la plaza, pasa aproximadamente por el centro de la Estructura 20, lo que quizá no sea fortuito; es posible que registrara las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, separadas por un intervalo de 260 días y comúnmente señaladas en el centro de México (Šprajc 2001), aunque también llama la atención el intervalo de 240 (= 12 × 20) días marcado por esta orientación en el horizonte oriente (tabla 3.1). La Estructura 19, en el flanco sur de la plaza, parece tener la misma orientación que la Estructura 18. Dependiendo de las fechas exactas que marcaban estas estructuras, podemos reconstruir dos posibles esquemas observacionales, compuestos mayormente por múltiplos de 20 días; en el primer esquema (tabla 4.6) el intervalo de 260 días, que separa las fechas de puesta del Sol señaladas por la Estructura 18, es subdividido por las fechas de orto solar registradas por la Estructura 20; en el segundo (tabla 4.7) las fechas de puesta del Sol marcadas por la Estructura 20 subdividen el intervalo de 240 días, delimitado por las salidas del Sol a lo largo del eje de la Estructura 18.

Tabla 4.6. Esquema de un posible calendario observacional de la Plaza del Arroyo de El Tajín.

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura 20	salida del Sol	mar 1	140	oct 12
Estructura 18	puesta del Sol	abr 30	60 60	ago 13
			105	

Tabla 4.7. Esquema de otro posible calendario observacional de la Plaza del Arroyo de El Tajín.

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura 18	salida del Sol	feb 22	125	oct 20
Estructura 20	puesta del Sol	abr 23	60 60	ago 21
			120	

La Joya, Veracruz

La estructura principal del sitio, una pirámide de tierra apisonada, ha sido fechada para el Clásico Temprano (Daneels 2008; 2011: 458). El edificio se encuentra muy dañado, pero los elementos conservados (partes de los taludes y de la escalinata) permitieron determinar su orientación, que al parecer registraba las puestas del Sol separadas por un intervalo de 143 (= 11 × 13) o de 221 (= 17 × 13) días (tabla 3.1). Tal direccionalidad de la orientación concuerda con la ubicación de la escalinata

de acceso en el lado poniente de la estructura. Tanto la Plataforma Este, también mirando hacia el poniente, como las demás estructuras importantes del sitio manifiestan orientaciones parecidas.

La Venta, Tabasco

Debido a su estado actual, las estructuras de este importante centro del Preclásico Medio (Drucker *et al.* 1959; Gómez Rueda 1996: 95ss; González Lauck 1997; 1998; 2000; 2007; Reilly 1999; Gillespie 2008; 2011; Grove 1999; Pool 2007) no exhiben orientaciones medibles. Las estructuras alargadas del Complejo A, que junto con la Estructura C-1 (pirámide principal) marcaban el eje norte-sur del sitio con mayor claridad, ya no se conservan, por lo que asumimos como correcta la desviación de 8° de los rumbos cardinales en el sentido contrario al de las manecillas de reloj, determinada al mapear el sitio durante las primeras excavaciones (Drucker *et al.* 1959; Gillespie 2008; 2011; Aveni y Hartung 2000: 57).

Galindo (2009: 254s; 2011: 238) relaciona la orientación de La Venta con las salidas del Sol el 9 de abril y el 2 de septiembre, sugiriendo que el intervalo de 73 días que separa las dos fechas del solsticio de verano es calendáricamente significativo. Por otra parte, llama la atención que las fechas de puesta del Sol correspondientes bien pudieron haber sido 1 de marzo y 12 de octubre (tabla 3.1), separadas por un intervalo de 140 (= 7 × 20) días y registradas también por otras orientaciones en nuestra área de estudio (tabla 5.1).

Algunos autores han intentado explicar la orientación de La Venta con las posiciones de diferentes estrellas (Malmström 1997: 82s; Hatch 1971; Peeler y Winter 1992; Coggins 2015), pero lamentablemente faltan indicios que sugieran la importancia de alguna de estas estrellas en las prácticas de orientación. Por otra parte, Tate (1999: 173) menciona que casi a 100 km al sur, pero claramente visible desde el Montículo C-1, se eleva una montaña de 1219 m de altura y que el eje central del sitio definitivamente apunta a este pico. Al visitar el sitio, la brumosa nos impidió ver el horizonte, pero en la cartografía disponible no hemos podido localizar tal montaña en la dirección y distancia indicadas, o cualquier otra cumbre que se destaque en el horizonte sur a lo largo del eje de La Venta.

Malmström (1997: 81, 83s, fig. 19) afirma que los volcanes San Martín y Santa Marta, visibles desde La Venta con los azimuts de 295° y 285°, señalaban las puestas del Sol en el solsticio de verano y el 13 de agosto, respectivamente. Tal ubicación de La Venta indicaría la importancia, desde el Preclásico Medio, de la fecha de inicio de la Cuenta Larga, que Malmström (1997) relaciona con el día del paso cenital del Sol en Izapa. Como ya mencionamos, el horizonte no era visible durante nuestra visita de La Venta. Sin embargo, de acuerdo con nuestros cálculos basados en la cartografía, el Volcán San Martín, ubicado a más de 130 km de distancia, probablemente no es visible desde La Venta, quedando tapado por las faldas de la serranía que se extiende al noroeste del Volcán Santa Marta; en todo caso, su azimut no rebasa los 293°, lo que significa que el Sol solsticial se pone más de 2° (4 diámetros del disco solar) hacia el norte. Incluso desde la Estructura D-1, punto de observación sugerido por Rice (2007: 87), el azimut del Volcán San Martín apenas rebasa los 293°. Por otro lado, la parte más alta del Volcán Santa Marta, que se ubica a casi 90 km de distancia (N18°19'29.9", W94°49'59.5", asnm: 1640 m),²¹ marcaba en la primera mitad del primer

²¹ Se trata de una cumbre que se ubica en el borde sur del cráter y cuya altura angular, observando desde La Venta, es ligeramente más grande que la del pico más alto del volcán, localizado en el borde poniente del cráter (N18°20'45", W94°51'27", asnm: 1680 m) y visible en la dirección de 287.39° (H = 0.7°, δ = 16.59°). La separación angular entre las dos cumbres es de casi 1°; por ello, y debido a una notable hondonada

milenio a.C. las puestas del Sol el 3 de mayo y el 11 de agosto ($A = 286.44^\circ$, $H = 0.73^\circ$, $\delta = 15.7^\circ$), separadas por un intervalo de 100 ($= 5 \times 20$) días. Es interesante que, observando en Los Azules, así como en los sitios cercanos Cerro de las Mesas y Villa Nueva, las puestas del Sol en las mismas fechas eran marcadas por el Volcán Citlaltépetl, al que están orientados varios edificios importantes (*v. infra*).

Laguna de los Cerros, Veracruz

El sitio vivió su auge durante el Clásico Terminal (Cyphers 2004; Borstein 2005), pero tanto la cerámica como los restos escultóricos indican que los inicios de su ocupación se remontan al Preclásico Medio (Gómez Rueda 1996: 105ss; Cyphers y Di Castro 2009: 26ss). Es probable que también varios edificios importantes daten de ese periodo temprano, considerando que la orientación prácticamente cardinal del grupo principal tiene su paralelo en San Lorenzo (*v. infra*).



Figura 4.23. Laguna de los Cerros, conjunto principal (imagen de Google Earth).

El conjunto principal consiste en una plaza alargada en dirección norte-sur y delimitada por dos montículos largos y paralelos por sus costados este y oeste (Estructuras 15 y 13) y dos montículos piramidales por sus lados norte y sur (Estructuras 3 y 26). De los dos edificios piramidales, ubicados a lo largo del eje de simetría norte-sur de la plaza, el del lado norte (Estructura 3) es más alto (figuras 4.23 a 4.25). Se trata de un complejo llamado cuatripartita por Borstein (2005), arreglo típico de la región. El azimut este que aparece en la tabla 3.1 es el de la perpendicular al eje norte-sur, que fue medido en campo y que corresponde a la orientación de los

que las separa, la cumbre izquierda y más alta hubiera representado un marcador claro para el observador en La Venta.

dos montículos alargados y al eje de simetría norte-sur de la plaza, recalcado también por la ubicación de la Estructura 48, un montículo al sur de la Estructura 26 (v. plano en Gómez Rueda 1996: lámina 7). El eje norte-sur del grupo, prolongado hacia el norte, pasa por un cerro visible en el horizonte norte y ubicado a 28.1 km de distancia (figura 4.26), lo que posiblemente no es casual.



Figura 4.24. Laguna de los Cerros, grupo principal, vista a lo largo de la plaza hacia el norte, con la Estructura 3 al fondo.



Figura 4.25. Laguna de los Cerros, grupo principal, vista desde la Estructura 3 hacia el sur.

Curiosamente, varios autores han atribuido al eje del sitio las desviaciones entre 8° y 10° al oeste del norte (Aveni y Hartung 2000: 59; Borstein 2005: 15; Rice 2007: 103; Bachand 2013: 20). En realidad, la orientación es casi exactamente cardinal, como puede verificarse incluso en las imágenes de Google Earth (figura 4.23), pero la ligera desviación en el sentido contrario al de las manecillas de reloj, la cual se observa también en San Lorenzo (v. *infra*), sugiere que la orientación marcaba los ortos solares en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre; tabla 3.1).



Figura 4.26. Laguna de los Cerros, grupo principal, vista hacia el norte a lo largo de la Estructura 13 (montículo alargado poniente). Nótese el cerro al fondo.

El Cerro Santa Marta, que Malmström (1997: 85, fig. 19) relaciona con las salidas del Sol en el solsticio de verano (Rice, 2007: 103, retoma el dato), considerándolo como uno de los factores que dictaron la ubicación del sitio, en realidad se localiza unos 20° al norte de la dirección solsticial. En otro lugar Malmström (1978: 111s, fig. 2, tab. 1) atribuye la función de marcador del solsticio de verano al Cerro San Martín, pero también éste se localiza a varios grados al norte de la dirección solsticial. La montaña que sí pudo haber influenciado la selección del lugar es el Volcán Citlaltépetl. El azimut y la altura de su cúspide ($N19^\circ01'48''$, $W97^\circ16'12''$, asnm: 5636 m), calculados a partir de los datos cartográficos para el observador situado en la Estructura 3, son 295.06° y 0.3° , respectivamente. La declinación correspondiente es aproximadamente 23.7° , que coincide con la declinación del Sol en el solsticio de verano alrededor de principios de nuestra era. Aunque el volcán, que se ubica a 250 km de distancia, sólo pudo ser visible en días totalmente despejados, su silueta indudablemente se destacaba sobre el disco solar, cuando éste se ocultaba detrás del pico. La intencionalidad de la ubicación del conjunto principal de Laguna de los Cerros respecto al Pico

de Orizaba se ve reforzada por el hecho de que su orientación puede relacionarse con las fechas que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro partes de igual duración. En apoyo de la idea de que el origen del arreglo arquitectónico se remonta al Preclásico, mencionemos que también en San Lorenzo, donde el grupo principal manifiesta prácticamente la misma orientación, una montaña marcaba la posición solsticial del Sol (*v. infra*).²²

Las Flores, Tamaulipas

Para el eje este-oeste de la pirámide que se conserva de este sitio, cuyo apogeo corresponde al Posclásico Temprano (Ramírez 2000; 2009: 182s), determinamos con mediciones en campo el azimut de 114.367°/294.367°. Aunque estimamos que, debido al estado actual del edificio, puede tener un error de $\pm 2^\circ$ (tabla 3.1), este valor discrepa notablemente del de 288°40', que con base en el plano publicado por Gordon Ekholm estableció Galindo (2005: 34s), relacionándolo con las puestas del Sol en los días 8 de mayo y 4 de agosto, y difiere también del azimut de 290°23', que el mismo autor determinó a partir de la medición con brújula, asociándolo con la puesta solar el 13 de mayo y el 29 de julio (Galindo 2005: 38). Aunque el error estimado de la orientación permite relacionarla con las puestas del Sol en los días de su paso por el cenit, resulta más probable, en vista de lo argumentado en el capítulo 3, que se refiriera a las salidas o puestas del Sol en el solsticio de diciembre o de verano (tablas 3.1, 3.2 y 3.4).

Los Azules, Veracruz

Los datos en la tabla 3.1 corresponden al grupo oeste, que constituye el conjunto más prominente del sitio, fechado para el periodo Clásico (Stark 1999), pero el grupo noreste, a juzgar por el plano de Stark (1999: fig. 10), tiene la misma orientación. El grupo oeste se compone de una plaza delimitada por montículos de tierra, tratándose de una versión del complejo cuatripartita, en la terminología de Borstein (2005). La estructura más alta es el montículo piramidal en el lado poniente de la plaza; por sus costados norte y sur la delimitan dos montículos alargados en dirección este-oeste y aproximadamente paralelos, mientras que un juego de pelota, con el eje longitudinal en dirección este-oeste, la encierra por su lado oriente (figura 4.27; Stark 1999: 215, figs. 10 y 11). El eje central del juego de pelota, prolongado hacia el poniente, pasa por el centro del montículo piramidal. El azimut que determinamos para este eje (106.319°: tabla 3.1) es muy cercano al de la línea hacia el Volcán Citlaltépetl (N19°01'48", W97°16'12", asnm: 5636 m), visible en el horizonte noroeste: ubicado a 142 km de distancia, el monte no era discernible durante nuestros trabajos en el sitio, pero el azimut de su cúspide calculado con base en la cartografía es 286.085°, por lo que es muy probable que la finalidad de los constructores fuera alinear el conjunto hacia este

²² Aunque mencionamos que la declinación del Pico de Orizaba que calculamos corresponde a la declinación del Sol a principios de nuestra era, cabe advertir que sería especulativo proponer el fechamiento del conjunto principal de Laguna de los Cerros a partir de la precisión con la que el volcán marcaba las puestas solsticiales del Sol, ya que una declinación tan sólo unos minutos de arco diferente de la calculada correspondería a la declinación solsticial del Sol unos siglos antes o después. Recordemos que –como mencionamos al final del capítulo 2– los azimuts y las alturas calculados pueden tener errores de unos minutos; por otra parte, el valor exacto de la declinación depende del punto exacto de observación y de la posición del disco solar respecto al horizonte que se consideraba relevante, detalles que desconocemos, además de que ignoramos el grado de precisión logrado o deseado.

pico. Calculando su altura angular y declinación, obtuvimos los valores de 1.7° y 15.67° , respectivamente, lo que significa que, durante el periodo Clásico, la cumbre marcaba las puestas del Sol en las fechas 3 de mayo y 11 de agosto, separadas por 100 ($= 5 \times 20$) días y marcadas por las orientaciones en Teotihuacan, Xochicalco y otros sitios del centro de México (Šprajc 2001: 204ss, 260ss), así como en algunos del área maya (Sánchez y Šprajc 2015).



Figura 4.27. Los Azules, grupo oeste (imagen de Google Earth).

Asimismo parece significativo que la línea visual desde el grupo oeste de Los Azules hacia el Pico de Orizaba pasa por el sitio Cerro de las Mesas, ubicado a poco más de 8 km de distancia y cuyo auge corresponde a los periodos Preclásico Tardío-Terminal y Clásico Temprano; dicho con más precisión, en esta dirección se localiza el sector norte de Cerro de las Mesas, es decir, la zona en la que se encontraron varios monumentos esculpidos y donde se ubican el conjunto de la Plaza Stirling y los montículos 90, 91 y 93, que definen la zona monumental del sitio (Stark y Heller 1991: 7, mapas 1.3 y 1.4; Stark 1999: 213ss, figs. 4 y 5). Observando en el complejo Stirling ($N18^\circ42'04''$, $W96^\circ03'16''$), la cumbre del Volcán Citlaltépetl tiene prácticamente la misma declinación ($A = 286.062^\circ$; $H = 1.9^\circ$; $\delta = 15.71^\circ$) que para el observador situado en el montículo principal de Los Azules (*v. supra*); es decir, en ambos casos el Pico de Orizaba marcaba las puestas del Sol en las fechas 3 de mayo y 11 de agosto, lo que difícilmente puede atribuirse a una casualidad. El estado actual de las estructuras en Cerro de las Mesas no permite determinar sus orientaciones de manera confiable. En el campo sólo pudimos medir el complejo de la plataforma 98, en la parte suroeste del sitio (montículos 95 a 98), encontrando que está desviada unos 17° de los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas de reloj, pero en el plano de Stark (1999: fig. 4) se observa que el complejo de la Plaza Stirling manifiesta una orientación muy similar. En efecto, según Stark y Heller (1991: 7), el complejo Stirling, así como los complejos 77 del Grupo Chivo y de la plataforma 98, están desviados aproximadamente 17° a 18° al este del norte verdadero. Es muy probable, por lo tanto, que la orientación que manifiesta el grupo oeste de Los Azules, fechado al Clásico, estuviera presente anteriormente en Cerro de las Mesas. A partir de los porcentajes de distintos tipos cerámicos encontrados en varias partes del sitio, Stark y Heller (1991: 16s, 22) concluyen que las

estructuras más altas fueron erigidas en el Preclásico y que el foco de la construcción temprana, después de que fuera establecida la comunidad en el Preclásico Medio, fue la zona monumental en el sector noreste de Cerro de las Mesas. En vista de que el montículo 93, el más alto del conjunto y epónimo del sitio (Stark 1999: fig. 5), parece pertenecer a otro grupo de orientaciones, al que Stark y Heller (1991: 7, mapas 1.3 y 1.4) atribuyen desviaciones de 6° a 11° de los rumbos cardinales, es de suponer que el primer alineamiento hacia el Pico de Orizaba fue incorporado en el complejo Stirling: fue precisamente allí donde la cumbre del volcán marcaba las puestas del Sol en las fechas 3 de mayo y 11 de agosto. De ser así, los demás edificios con orientaciones similares reproducían el alineamiento rector de manera simbólica, sin que fueran observacionalmente funcionales.

Cabe agregar que la dirección hacia el Citlaltépetl parece haber sido incorporada también en el sitio Villa Nueva, fechado para el Clásico y ubicado a 2 km al noroeste de Los Azules, a lo largo de la línea hacia Cerro de las Mesas (Stark 1999: 211, tabla 1, fig. 3): al comparar los planos de ambos sitios publicados por Stark (1999: figs. 10, 20 y 21), podemos ver que la orientación del conjunto con las dos estructuras más grandes de Villa Nueva (plataformas 756 y 1090) es igual a la que manifiesta el grupo principal de Los Azules. El azimut, la altura y la declinación del Pico de Orizaba, calculados para el observador situado sobre la plataforma 756 de Villa Nueva (N18°40'56.5", W95°59'24"), son 286.128°, 1.76° y 15.73°. Por consiguiente, también en este lugar la cumbre marcaba las puestas del Sol el 3 de mayo y el 11 de agosto!

Como ya mencionamos, las fechas 3 de mayo y 11 de agosto corresponden a varias orientaciones en el centro de México y el área maya. Considerando las influencias teotihuacanas atestiguadas en Cerro de las Mesas (Stark y Heller 1991), resulta interesante que uno de los edificios más tempranos con tal orientación en el centro de México es la Ciudadela de Teotihuacan (Šprajc 2000a; 2001: 204ss). Por otra parte, recordemos que, observando en La Venta, el Volcán Santa Marta marcaba las puestas del Sol en las mismas fechas (*v. supra*). Si no se trata de una inusitada casualidad y si, por lo tanto, el origen de estos alineamientos ha de buscarse en el Preclásico Medio de la costa sur del Golfo de México, es probable que su transmisión a Teotihuacan se haya realizado a través de Cerro de las Mesas. Tal escenario es congruente con la suposición de Barbara Stark (1999: 212; 2007: 57ss) de que varios elementos culturales fueron propagados hacia el sur de Veracruz desde La Venta. Entre ellos menciona el típico arreglo con la plaza delimitada en dos lados por un par de montículos alargados y paralelos y en el otro por uno cónico, es decir, la configuración que caracteriza también el grupo oeste de Los Azules, el centro que surgió en el Clásico y llegó a ser el principal sucesor de Cerro de las Mesas en la jerarquía regional (Stark 1999: 199, 212; 2003: 404). Tanto Los Azules como Villa Nueva reprodujeron en sus conjuntos principales el alineamiento ancestral y astronómicamente significativo hacia el Pico de Orizaba.

La orientación de los edificios de Cerro de las Mesas hacia el Volcán Citlaltépetl fue sugerida ya por Malmström (1997: 90s, fig. 22; *cf.* Rice 2007: 103), aunque erróneamente asociada con las puestas del Sol en el día 13 de agosto; para que el Pico de Orizaba marcara esta fecha, el observador debería moverse más de un kilómetro hacia el norte, es decir, fuera del área monumental del sitio. Tampoco el Cerro Vigía, ubicado a 79 km de distancia (N18°27'21", W95°21'03", asnm: 860 m), registraba las salidas del Sol en los solsticios de invierno, como menciona el mismo autor (Malmström 1978: 112); su azimut, altura y declinación, calculados para el observador en el complejo Stirling, son 109.97°, 0.32° y -18.94°, correspondiendo a las fechas 25 de enero y 15 de noviembre. Cabe hacer notar, empero, que en los solsticios de diciembre el Sol se ponía, observando desde el Complejo Stirling, sobre el Cerro Zitzintépetl, el monte más prominente en el horizonte suroeste, localizado en la Sierra Negra, a 100 km de distancia (N18°18'38", W96°54'37", asnm: 3250 m; los datos calculados con base en la cartografía son: A =

244.57°; $H = 1.47^\circ$; $\delta = -23.6^\circ$). Si se observaba el limbo superior alineado con la parte alta del cerro, la declinación registrada (-23.7°) correspondía a la solsticial hacia finales del primer milenio a.C. (no obstante, *v. supra*: nota 22).

Los Ídolos, Veracruz

El sitio parece datar del Clásico Tardío (Cuevas y Ruiz 2012; Ruiz y Cuevas 2012; Vásquez 2012). La estructura principal, llamada Edificio 23 y conocida también como El Rey, se localiza en el extremo suroeste de una larga plaza delimitada por montículos alargados. La similitud con el sitio contemporáneo de Cuajilote (*v. supra*) se manifiesta tanto en la disposición de los edificios (*v. plano en*: Cuevas y Ruiz 2012: 117, fig. 11.5) como en el azimut del eje suroeste-noreste de la plaza (aproximadamente 32°), pero es improbable que esta dirección fuera dictada en ambos casos por un mismo fenómeno astronómico observable en el horizonte noreste o suroeste, ya que las declinaciones correspondientes –debido a distintas alturas del horizonte– difieren por unos 4° . Así como en Cuajilote, también en Los Ídolos la orientación de la pirámide principal, que difiere notablemente de la que manifiesta todo el conjunto, incorpora la dirección solsticial; sin embargo, mientras que la primera marcaba los solsticios de diciembre en el horizonte oriente, la orientación de la segunda corresponde a los solsticios de junio en el horizonte poniente (tablas 3.1 y 3.2).

Malpasito, Tabasco

La orientación de la Acrópolis de este sitio de filiación zoque, que floreció durante el Clásico Tardío (García Moll 2003: 73; Cuevas Reyes 2004; 2005; 2006), tal vez registraba los ortos solares en las fechas 30 de enero y 11 de noviembre, separadas por un intervalo de 80 (= 4×20) días, pero también corresponde –tomando en consideración el posible error– a los extremos menores sur de la Luna en el horizonte oriente (tablas 3.1 y 3.3).

Medias Aguas, Veracruz

En el núcleo de este sitio del periodo Clásico se localizan tres plazas rodeadas por diversos edificios (Gómez Rueda 1996: 103ss; Lunagómez 2004; 2005; Heredia 2007). El grupo con la Plaza I es un complejo cuatripartita, en la terminología de Borstein (2005), con el eje longitudinal en dirección norte-sur, teniendo el montículo piramidal más alto al norte y dos montículos alargados en los flancos este y oeste de la plaza. Este grupo comparte la orientación con el de la Plaza III hacia el norte, mientras que el grupo con la Plaza II, situado hacia el poniente, manifiesta una orientación notablemente diferente y está dispuesto a lo largo de un eje este-oeste, con el montículo principal al poniente (*v. plano en*: Lunagómez 2005: fig. 5). La orientación de este último conjunto puede relacionarse con las posiciones equinocciales del Sol o, con mayor probabilidad, con los ortos solares en los días de cuarto del año. El conjunto de la Plaza I, en cambio, parece haber marcado las puestas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, separadas por 260 días (tabla 3.1). Las orientaciones que registran este par de fechas –normalmente en el horizonte oriente, como también es el caso del grupo principal de Abasolo del Valle (*v. supra*)– pertenecen al grupo más difundido en el centro de México y las tierras bajas mayas (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015). Si la Plaza I de Medias Aguas registraba estas fechas en el horizonte poniente, es porque está desviada de los rumbos cardinales en el sentido contrario al de las

manecillas de reloj. Parece significativo que el azimut este-oeste que determinamos coincide casi exactamente con la dirección hacia el Cerro Guiayem, el monte más alto visible en el horizonte poniente y ubicado a 116 km de distancia, al noreste de la ciudad de Oaxaca (N17°25'33.4", W96°06'26.7", asnm: 2730 m), que marcaba las fechas referidas con precisión (los datos calculados con base en la cartografía son: $A = 255.37^\circ$, $H = 0.88^\circ$, $\delta = -13.78^\circ$), por lo que resulta muy probable que el conjunto de la Plaza I fuera orientado hacia este cerro.



Figura 4.28. Paxil, Edificio del Túnel, fachada norte.



Figura 4.29. Paxil, vista hacia el sur a lo largo de los escalones del Edificio de la Palma. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.

Paxil (Misantla), Veracruz

Así como Cuyuxquihui (v. *supra*), también Paxil parece haber sido construido al abandonarse El Tajín (Ruiz Gordillo 1999; Marquina 1964: 450ss). Las estructuras principales son la pirámide llamada Edificio de la Palma y la Estructura A, conocida también como Edificio del Túnel (figura 4.28). Aunque sus orientaciones podrían referirse al Sol, las fechas correspondientes no son comúnmente registradas. El hecho de que las dos orientaciones son notablemente diferentes, pero ambas compatibles con las paradas menores de la Luna, hace más probable la interpretación lunar: la orientación del Edificio de la Palma corresponde al extremo sur en el horizonte oriente y la del Edificio A al extremo norte en el horizonte poniente (tablas 3.1 y 3.3). El Edificio de la Palma está alineado, además, hacia un cerro prominente visible en el horizonte sur (figura 4.29).

Quiahuiztlán, Veracruz

La Estructura 1, en la parte oriental de este sitio posclásico (Izquierdo 1986; Arellanos 1997; Parra 1998), parece haber sido orientada hacia las salidas del Sol en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, separadas por el intervalo de 120 (= 6 × 20) días y marcadas también por otras orientaciones, tanto en nuestra área de estudio (tablas 3.1 y 5.1) como en el centro de México y el área maya (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015).



Figura 4.30. Quiahuiztlán, Estructura 2, vista hacia el norte a lo largo del borde poniente de la plataforma superior y del borde oriente de un cuerpo del edificio. Nótese la alineación hacia el cerro al fondo.

Figura 4.31. Quiahuiztlán, Estructura 2, vista hacia el sur a lo largo del borde poniente de la plataforma superior, alineado hacia el Peñón de Bernal (o Cerro de los Metates).

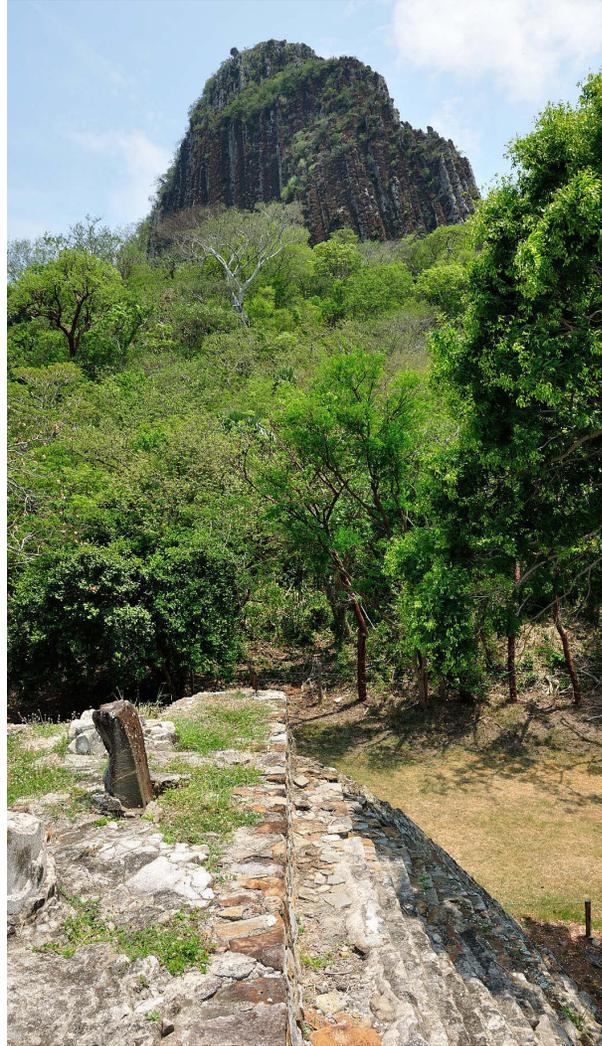


Figura 4.32. Quiahuiztlán, Estructura 4, vista hacia el poniente a lo largo del eje central del edificio, orientado hacia el cerro en el horizonte.



La Estructura 2, situada inmediatamente al sureste de la Estructura 1, tal vez fue destinada a señalar los ortos solares en los días 1 de marzo y 12 de octubre, separados por un intervalo de 140 (= 7×20) días, o las puestas del Sol en las fechas 18 de abril y 26 de agosto, que delimitan un intervalo de 130 (= 10×13) días. Además, este edificio está alineado tanto hacia un cerro visible en el horizonte norte como hacia el Peñón de Bernal, que domina el sitio desde el sur (figuras 4.30 y 4.31).

Los motivos de la orientación de la Estructura 3, en el sector poniente del sitio, no son evidentes. La orientación de la adyacente Estructura 4 coincide con la dirección hacia un cerro en el horizonte poniente (figura 4.32), además de que podría relacionarse con las puestas del Sol en los días de su paso cenital, o con los extremos menores norte de la Luna en el horizonte poniente (tablas 3.1, 3.3 y 3.4).

San Lorenzo, Veracruz

Las mediciones se realizaron en varios montículos alargados en el núcleo del sitio, que vivió su auge en el Preclásico Temprano y Medio (Coe 1968; Gómez Rueda 1996: 87ss; Grove 1999; 2007; González Lauck 2000; Pool 2007; Cyphers 1997; 2007; Cyphers y Di Castro 2009; Symonds y Lunagómez 1997). Debido al estado actual de las estructuras y los posibles errores en los azimuts, no es posible determinar si el alineamiento rector fue hacia el norte-sur cardinal (v. planos en: Coe 1968: 43; Gómez Rueda 1996: lám. 2), como opinan Aveni y Hartung (2000: 56s), o hacia las salidas del Sol en los días de cuarto del año, pero esta última alternativa parece más probable, no sólo porque los azimuts medidos tanto en San Lorenzo como en Laguna de los Cerros (v. *supra*) manifiestan una ligera desviación contraria a la de las manecillas de reloj (tabla 3.1), sino también porque los días de cuarto del año son marcados por alineamientos en diversos sitios, tanto en Oaxaca y la Costa del Golfo (tabla 5.1) como en otras partes de Mesoamérica (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015).

Según Malmström (1997: 78; Rice 2007: 78), uno de los factores que motivaron la ubicación del sitio fue el Cerro Zempoaltepec, que señalaba las puestas del Sol en el solsticio de invierno. La montaña, ubicada a 147 km de distancia, no era visible durante nuestra visita; de acuerdo con los cálculos basados en la cartografía, el azimut (243.53°) y la altura (0.75°) de la cumbre más alta (N $17^\circ07'57''$, W $96^\circ00'44''$, asnm: 3420 m), observando en la Estructura 1 del Grupo A de San Lorenzo, corresponden a la declinación de -25.01° , que rebasa la declinación solsticial del Sol en el Preclásico Temprano por más de 1° . Cabe señalar, sin embargo, que la montaña tiene una cresta alargada que se extiende desde el pico más alto hacia el noreste. El azimut y la altura del extremo noreste de la parte alta (N $17^\circ10'10''$, W $95^\circ59'55''$, asnm: 3230 m) son 244.72° y 0.7° , respectivamente; la declinación correspondiente es de aproximadamente -23.9° , igual a la que alcanzaba el Sol en el solsticio de diciembre a mediados del segundo milenio a.C., época a la que se remontan los inicios de la ocupación de San Lorenzo (Symonds y Lunagómez 1997: 130; Cyphers 2007: 37; Cyphers y Di Castro 2009: 23). No sobra recordar que para los mixes el Cerro Zempoaltépetl sigue siendo la montaña sagrada, escenario de diversos rituales (Kuroda 1993; Beals 1945). La intencionalidad de la ubicación de San Lorenzo respecto al cerro se ve apoyada por la situación análoga en Laguna de los Cerros (v. *supra*): en ambos sitios la orientación del grupo principal marca los días de cuarto del año, mientras que un monte prominente en el horizonte corresponde a la posición del Sol en un solsticio.

Tamohi, San Luis Potosí

El sitio floreció en el Posclásico Tardío (Zaragoza 2003; 2007; 2013; Zaragoza y Dávila 2004; 2006). La Estructura Norte parece haber marcado las puestas del Sol en los días 13 de abril y 31 de agosto, que delimitan un intervalo de 140 (= 7 × 20) días. La direccionalidad poniente es probable también para la orientación de la Estructura Oeste, que es similar a la de la Estructura Sur y prácticamente idéntica a la del Altar Policromado y su pequeño templo anexo; las fechas registradas pudieron ser 30 de abril y 13 de agosto, separadas por un intervalo de 260 (= 13 × 20) días, o 3 de mayo y 11 de agosto, con un intervalo intermedio de 100 (= 5 × 20) días. En el caso de la segunda alternativa, los dos edificios pudieron haber posibilitado el uso de un calendario observacional compuesto mayormente por múltiplos de 20 días (tabla 4.8). Recordemos que los alineamientos hacia los ocasos solares el 3 de mayo y el 11 de agosto se encuentran también en Los Azules y algunos sitios cercanos (Cerro de las Mesas y Villa Nueva), donde el Sol se ponía en estas fechas sobre el Pico de Orizaba, mientras que en La Venta las marcaba el Volcán Santa Marta (*v. supra*).

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura Norte	puesta del Sol	abr 13	225	ago 31
Estructura Oeste	puesta del Sol	may 3	20 20	ago 11
			100	

Tabla 4.8. Esquema de un posible calendario observacional de Tamohi.

La orientación de la Estructura Oeste de Tamohi es notablemente diferente de la que tiene su subestructura; sin embargo, de esta última sólo se excavaron segmentos de su cimentación en el lado sur del edificio (Zaragoza 2013: 56, fig. 11), por lo que cualquier intento de buscar sus posibles referentes astronómicos sería especulativo.

Como ya fue notado por otros investigadores (Kroefges y Schulze 2013: 129ss; Kuehne *et al.* 1998: 107ss; Galindo 1999), observando desde la Estructura Oeste, el borde derecho de una hondonada visible en el horizonte poniente a unos 37 km de distancia, formada por el cañón del río Tampaón conocido como Puente de Dios, marcaba la puesta del Sol en el solsticio de diciembre ($A = 244.57^\circ$; $H = 0.58^\circ$; $\delta = -23.52^\circ$). La línea visual hacia este rasgo del horizonte pasa por el sitio de Tamtoc, situado a unos 7 km hacia el suroeste, de donde también pudo haberse observado el mismo fenómeno (*v. infra*), por lo que es posible que este alineamiento haya condicionado la ubicación de Tamohi, que tal vez fue fundado por los habitantes de Tamtoc cuando éste entró en decadencia (Kuehne *et al.* 1998: 112ss; Galindo 1999: 38s; Kroefges y Schulze 2013: 130s).

Zaragoza (2003: 20s; 2007: 82, 85; 2013: 63, 66) y Kuehne *et al.* (1998: 120ss) plantean varias hipótesis astronómicas, pero no presentan evidencias que las sustenten. Zaragoza (2007: 82) relaciona el Altar Policromado con “ceremonias asociadas a los solsticios y equinoccios, que mediante un juego de luz y sombra reflejara en la almena posterior del basamento algún marcador en ciertas ocasiones del año”, pero no explica dónde pudiese haber estado tal marcador y qué vestigios sugieren su existencia, por lo que tampoco queda claro por qué hubiese marcado precisamente los solsticios y equinoccios. Para la estructura circular ubicada entre las Estructuras Oeste y Norte, Zaragoza (2007: 85) propone que contenía el agua y que tenía una función ritual, sirviendo “como un espejo de agua asociado a ceremonias estelares y rituales relacionados con la Luna”, pero tampoco en este caso presenta datos que apoyen su hipótesis. Similares, pero aún más

fantásticas, a veces hasta incomprensibles, son las especulaciones de Kuehne *et al.* (1998: 112ss); algunas fueron criticadas ya por Kroefges y Schulze (2013: 131).

Respecto al Altar Policromado (Rodríguez 2006), Galindo (2004b: 462s) afirma que el Sol se alinea con él en la madrugada de los días 12 de febrero y 30 de octubre. Sin embargo, según nuestras mediciones, el eje este-oeste del altar y del pequeño templo anexo, determinable con precisión (el posible error en azimut no rebasa $\pm 0.2^\circ$), corresponde a las salidas del Sol en las fechas 7 de febrero y 3 de noviembre ($A = 106.266^\circ$; $H_E = 0.08^\circ$; $\delta = -15.239^\circ$), cuyo significado no es evidente; es probable que la orientación del altar fuera ajustada a la de la adyacente Estructura Oeste, sin que fuera observacionalmente funcional.

Tamtoc, San Luis Potosí

El sitio estuvo ocupado desde el Preclásico hasta el Posclásico Temprano, pero la forma final de sus edificios más sobresalientes puede adscribirse a este último periodo (Córdova *et al.* 2012; Dávila y Zaragoza 2002; Solís 2006; Ahuja 2006).



Figura 4.33. Tamtoc, vista hacia el poniente desde la estructura Paso del Bayo. Nótese la hondonada Puente de Dios en la parte sur (izquierda) del horizonte.

El estado actual de las estructuras mayores no permite determinar sus orientaciones, con la excepción de la pirámide llamada El Tizate, pero también en este caso únicamente pudimos medir el azimut este-oeste de la escalinata (tabla 3.1); posiblemente la orientación del edificio fue igual a la de la Estructura Oeste de Tamohi (*v. supra*). Observando desde esta pirámide, el punto de puesta del Sol en el solsticio de diciembre corresponde aproximadamente al borde derecho de la hondonada localmente conocida como Puente de Dios y visible en el horizonte poniente ($A = 244.09^\circ$; $H = 0.77^\circ$; $\delta = -23.78^\circ$). La puesta solsticial en medio de la hondonada hubiese podido observarse desde la estructura llamada Paso del Bayo y ubicada a 1 km al oriente del Tizate (figura 4.33; los datos para el cerro visible en medio de la hondonada son: $A = 244.13^\circ$; $H = 0.57^\circ$; $\delta = -23.83^\circ$). Cabe la posibilidad de que estas correspondencias hayan condicionado la localización de una u otra estructura (Kroefges y Schulze 2013: 130s); la coincidencia con la puesta solsticial del Sol

hubiese sido más exacta en el Preclásico, periodo al que efectivamente se remonta la ocupación de Tamtoc.

Córdova y Martínez (2012: 28) relacionan el eje oriente-poniente de la ciudad con el Sol naciente en el equinoccio de primavera. En realidad, en la disposición de los edificios principales no es posible identificar ningún alineamiento equinoccial.

Según Galindo (2009: 255ss), el Monumento 32 de Tamtoc está orientado con el azimut de $180^{\circ}06'$, es decir, hacia los rumbos cardinales; es posible que tal orientación fuera intencional, aunque hay que considerar que el monumento se encontró fragmentado y fue reensamblado (cf. Ahuja 2006; Kroefges y Schulze 2013: 136), por lo que su posición actual no necesariamente corresponde a la situación original con exactitud.

Tres Zapotes, Veracruz

En este sitio, que parece haber vivido su apogeo en el Preclásico Tardío (González Lauck 2000; Diehl 2000; Pool 2007), sólo pudo medirse el alineamiento este-oeste del grupo Camila, que constituye un conjunto cuatripartita, en la terminología de Borstein (2005), con el montículo piramidal más alto en el lado poniente. La orientación del grupo corresponde a las salidas del Sol el 23 de abril y el 21 de agosto, separadas por 120 (= 6×20) días. Observando allí, el Sol salía en el solsticio de verano casi exactamente sobre un cerro ubicado a 11.4 km de distancia ($A = 65.8^{\circ}$; $H = 3.58^{\circ}$; $\delta = 24.0^{\circ}$). Según Malmström (1978: 112; 1997: 81, fig. 19) y Rice (2007: 103), es el Volcán San Martín el que, desde Tres Zapotes, marca este fenómeno; en realidad, este volcán, observando en el grupo Camila, corresponde a las salidas del Sol el 19 de mayo y el 27 de julio ($A = 70.36^{\circ}$; $H = 3.45^{\circ}$; $\delta = 19.64^{\circ}$); para que señalara los ortos solares en el solsticio de junio, el observador debería estar situado unos 2 km hacia el sur.

Vega de la Peña, Veracruz

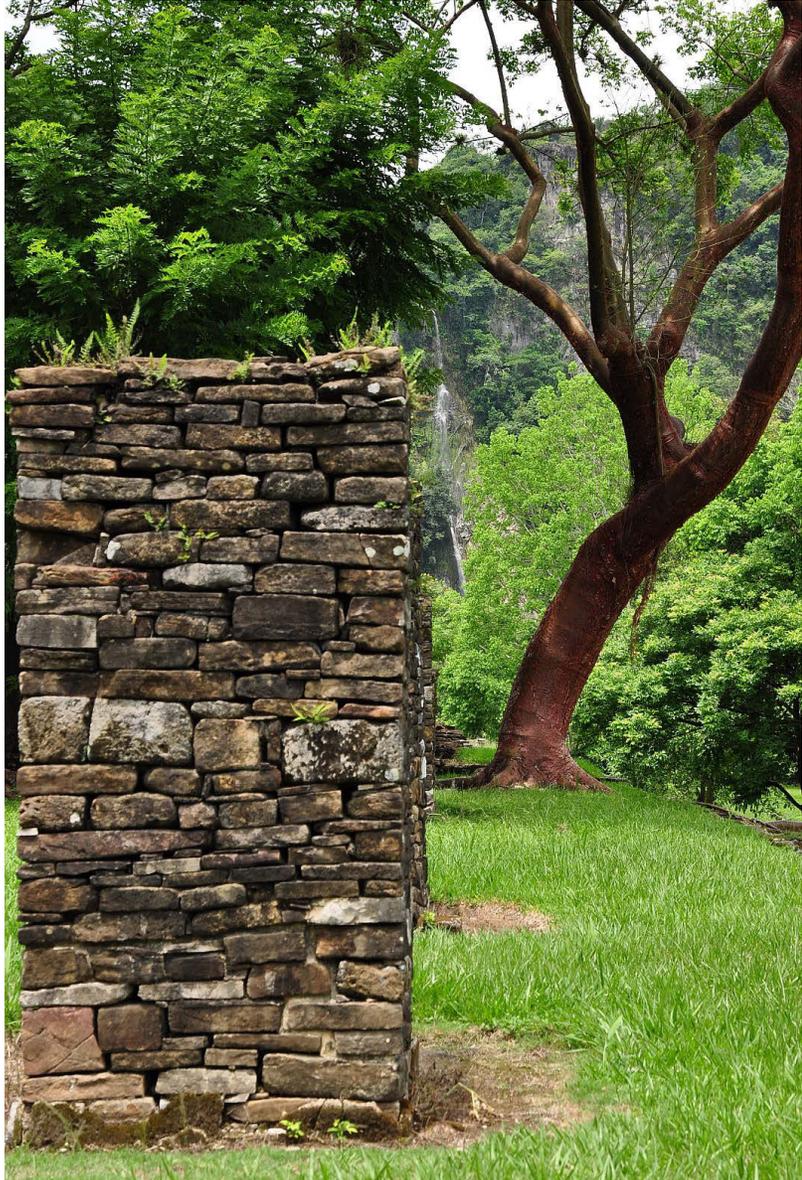
Las estructuras medidas han sido fechadas para el periodo Posclásico (Cortés 1994, y com. personal 2013; Mugarte 2011).

El Edificio del Dintel tiene sectores norte y sur, con orientaciones diferentes y sendas escalinatas del lado oriente; aunque la estructura está muy deteriorada y las orientaciones no se pueden determinar con precisión, es probable que la parte norte señalara las puestas del Sol en el solsticio de diciembre y la parte sur las salidas de la Luna en su parada mayor norte (tablas 3.1 y 3.2). Recordando que los extremos mayores *norte* de la Luna *llena* pueden observarse cerca del solsticio de diciembre, cuando el Sol alcanza su extremo *sur* (v. capítulo 3), la asociación de estas orientaciones probablemente no es fortuita.

También la orientación del Edificio de las Grecas, cuyo acceso está del lado poniente, corresponde a las puestas del Sol en el solsticio de diciembre (tablas 3.1 y 3.2). El pórtico principal del adyacente Palacio tiene aproximadamente la misma orientación y está alineado, tal vez intencionalmente, hacia una cascada de agua en el acantilado que se eleva de la orilla poniente del cercano Río Filobobos (figura 4.34).

Cabe notar que la probable relación del Edificio del Dintel con “movimientos selénicos” fue sugerida por Cortés Hernández (1994: 51), pero lamentablemente sin citar datos que motivaron esta idea. Mientras que la orientación de la parte sur del edificio efectivamente corresponde a un extremo mayor de la Luna, ninguna de las dos orientaciones ofrece apoyo a la relación de la estructura con la observación de Venus, también propuesta por el mismo investigador (*ibid.*).

Figura 4.34. Vega de la Peña, El Palacio, vista hacia el poniente a lo largo de la columnata del pórtico principal. Nótese la cascada al fondo.



Yohualichan, Puebla

El Edificio Cinco y el adyacente Edificio de las Grecas de este sitio, que floreció en el Clásico Tardío (Molina 1986; Ruiz Gordillo 1997; Marquina 1964: 457s), presentan deformaciones muy marcadas que impiden determinar su orientación. La orientación del Edificio Norte es igual a la del Edificio Este, que está orientado con su acceso hacia el poniente. Esta orientación probablemente marcaba las puestas del Sol el 30 de abril y 13 de agosto, separadas por el intervalo de 260 (= 13×20) días (tabla 3.1) y comunes sobre todo en el centro de México (Šprajc 2001). El referente astronómico del Edificio Oeste no es evidente.

5 Alineamientos astronómicos y el contexto cultural

Patrones de orientación

Los análisis que hemos presentado revelan la existencia de patrones de orientación que pueden explicarse con el uso de referencias astronómicas sobre el horizonte. Tal conclusión es apoyada por las agrupaciones de los azimuts, así como por las declinaciones que se concentran alrededor de ciertos valores. Asimismo es significativo, en el caso específico de Oaxaca, que las orientaciones de varios edificios prehispánicos coinciden con las que manifiestan las iglesias coloniales y los campos de cultivo en los alrededores; seguramente la importancia que tenían ciertos alineamientos en distintas regiones fue plasmada en los antiguos paisajes culturales que, en parte, sobreviven hasta la actualidad. Las características de la distribución de las declinaciones que corresponden a los azimuts este-oeste y norte-sur indican también que las orientaciones eran funcionales, en su mayoría o exclusivamente, en dirección este-oeste.

Pese a las variaciones temporales, regionales e incluso locales, que discutiremos a continuación, la distribución de las orientaciones en Oaxaca y el Golfo de México presenta algunas regularidades generales, compartidas con otras partes de Mesoamérica, en lo que podemos ver un reflejo de conceptos suprarregionales y vigentes durante épocas prolongadas, pero también son evidentes algunas peculiaridades. En conformidad con la tendencia predominante en Mesoamérica, las orientaciones en ambas regiones están desviadas mayormente al sur del este (es decir, en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales), pero las excepciones son más numerosas que en otras partes; una de las diferencias que se observan al comparar los datos de las dos regiones es que las desviaciones al norte del este son más comunes en la Costa del Golfo (figuras 3.1 y 3.2). Tanto en Oaxaca como en el Golfo los patrones de orientación obedecen, en gran parte, al deseo de determinar ciertas fechas mediante las posiciones del Sol en el horizonte. Algunos alineamientos corresponden a los solsticios y los días de cuarto del año –momentos del año que pueden considerarse naturalmente significativos–, pero son mucho más comunes los que señalan otras fechas, concentradas en cuatro épocas del año y cuya distribución indica, además, el propósito de marcar intervalos que son múltiplos de 13 o de 20 días.

En la tabla 5.1, que resume la información derivada de los datos y argumentos expuestos en los capítulos anteriores, se presentan los motivos astronómicos más probables de las orientaciones analizadas, los tipos de edificios y otros datos que se discuten en apartados siguientes. Si los análisis presentados en el capítulo 3, basados en las distribuciones de las declinaciones, fechas e intervalos, resultaron en la identificación de algunos grupos de orientaciones, la tabla 5.1 complementa esta información, permitiendo asignar las orientaciones concretas e estos grupos.

Las orientaciones explicables en términos astronómicos están plasmadas tanto en los templos como en las construcciones palaciegas. Aunque los edificios que pueden definirse como templos predominan en nuestra muestra, parece que las estructuras de uso residencial y administrativo fueron orientadas con base en los mismos principios; es decir, en los datos disponibles no se observa que, para orientar los edificios de un tipo, existieran referentes astronómicos preferidos y diferentes de los que regían la orientación de los de otro tipo.

De acuerdo con lo que ya reveló la tabla 3.2, las orientaciones solsticiales aparecen en las dos regiones de estudio, pero en Oaxaca tienden a ser funcionales hacia el poniente, registrando el solsticio de junio, y en el Golfo hacia el oriente, marcando el solsticio de diciembre. En las dos

regiones también son comunes los alineamientos que marcan los días de cuarto del año, pero son más frecuentes en el Golfo.

Tabla 5.1. Resumen de las relaciones entre las orientaciones analizadas, sus motivos astronómicos, los tipos de edificios, la ubicación de sus accesos, sus posiciones cronológicas y los cerros hacia los que están alineados. Los fenómenos que proponemos como determinantes de cada orientación se presentan en la cuarta columna y las direcciones en que fueron observados en la quinta. Para las orientaciones solares se citan las fechas correspondientes y, entre paréntesis, también los intervalos significativos (múltiplos de 13 o 20 días) que las separan. Si la orientación pudo tener dos referentes astronómicos distintos, se mencionan los dos, separados por coma; los eventos en horizontes opuestos y las correspondientes direcciones en la quinta columna están separados por punto y coma. En la sexta columna se indica la ubicación del acceso o de la fachada principal. Si la estructura está alineada a algún cerro en el paisaje circundante, aparece en la última columna la dirección en la que se localiza la prominencia. El significado de las abreviaturas es el mismo que en la tabla 3.1 (v. explicaciones al principio del capítulo 3).

OAXACA						
sitio, estructura	tipo estructura	periodo	referente astronómico	direccionalidad propuesta	acceso hacia	alin. hacia cerro
Caballito Blanco, Estructuras A y P	T	PreTa	solsticio de junio	W	EW	
Dainzú, Templo Amarillo	T	PreTa	solsticio de junio	W	W	
Lambityeco, Montículo 195	T	CTa	solsticio de junio	W	W	
Río Viejo, Montículo 1, Estructura 2	T/P	PreTa	solsticio de junio	W	?	W
Yagul, Patio 1	T/P	PosTa	solsticio de junio	W	NSEW	N
Yagul, Patio 4	T/P	PosTe	solsticio de junio	W	NSEW	E
Bocana Copalita, Templo Mayor	T	CTe/Ta	solsticio de diciembre	W	W	
Atzompa, Montículo H	T	CTa	días de cuarto del año (182)	W	E	
Bocana Copalita, Plataforma 1	T/P	PreM/Ta	días de cuarto del año (182)	W	E	
Caballito Blanco, Estructura O	T	PreTa	extremo lunar menor sur	W	E	
Zaachila, Montículo A	P	PosTa	2-feb, 9-nov (280); extr. lunar menor norte	E; W	?	
Yagul, Edificio U	T/P	CTa/PosTe	2-feb, 9-nov (280)	E	S	E
Monte Albán, Edificio Enjoyado	T	CTe	22-feb, 20-oct (240)	E	E	E
Monte Albán, Edificio W	T	CTa	22-feb, 20-oct (240)	E	E	E
Tehuacán Viejo, Estructura 1	T	PosTa	25-feb, 18-oct (130); 18-abr, 26-ago (130)	E; W	E	
Monte Albán, Edificio A	T	CTa	1-mar, 12-oct (140); 11-abr, 1-sep (143)	E; W	W	
Monte Albán, Edificio VG	T	CTa	1-mar, 12-oct (140); 11-abr, 1-sep (143)	E; W	W	
Monte Albán, Edificio B	T	CTe	9-mar, 4-oct (156); 3-abr, 10-sep (160)	E; W	E	
Monte Albán, Edificio II	T	CTe	9-mar, 4-oct (156); 3-abr, 10-sep (160)	E; W	W	
Monte Albán, Edificio L	T/P	CTa	9-mar, 4-oct (156); 3-abr, 10-sep (160)	E; W	E	
Huamelulpan, Grupo de la Iglesia	T	PreTa	9-mar, 4-oct (156)	W	W	
Monte Albán, Edificio P	T	CTe	11-mar, 2-oct (160); 31-mar, 12-sep (200)	E; W	W	
Guiengola, Templo de la Luna	T	PosTa	14-mar, 30-sep (200)	E	E	
Monte Negro, Complejo T	T	PreTa	14-mar, 30-sep (200)	W	EW	N
San José Mogote, Estructura 19	T/P	PreM	31-mar, 12-sep (200)	W	W	E
Guiengola, Templo del Sol	T	PosTa	18-abr, 26-ago (130)	W	W	
Mitla, Grupo de Adobe	T	PosTa	20-abr, 23-ago (240)	W	?	
Bocana Copalita, T. de la Serpiente	T	PreTa/CTe	23-abr, 21-ago (120)	E	E	
Monte Albán, Edificio IV	T	CTa	?	?	E	
Monte Albán, Edificio J	T	CTa	?	?	E	
Monte Albán, Edificio M	T	CTa	?	?	E	S
Monte Albán, Plataforma Sur, Ed. III	T	CTe	?	?	E	
Tehuacán Viejo, Estructura 4	T	PosTa	?	?	W	

GOLFO DE MÉXICO						
sitio, estructura	tipo estructura	periodo	referente astronómico	direccionalidad propuesta	acceso hacia	alin. hacia cerro
Cuyuxquihui, Edificio 4	T	PosTa	solsticio de junio	W	W	
Los Ídolos, pirámide El Rey	T	CTa	solsticio de junio	W	N	
Las Flores, pirámide	T	PosTe	solsticio de diciembre; solsticio de junio	E; W	W	
Cantona, Pirámide Central	T	PreTa	solsticio de diciembre	E	E	
Chiapa de Corzo, Estructura 32	T	PreTa	solsticio de diciembre	E	E	
Cuajilote, Templo Mayor	T	CTa	solsticio de diciembre	E	N	
Vega de la Peña, Ed. Dintel, norte	T	PosTe	solsticio de diciembre	W	E	
Vega de la Peña, Edificio de las Grecas	T	PosTe	solsticio de diciembre	W	W	
Cantona, pirámide CJP5	T	PreTa	días de cuarto del año	W	W	
Cempoala, El Pimiento	T	PosTa	días de cuarto del año	E	W	
Cempoala, Templo de las Caritas	T	PosTa	días de cuarto del año	W	E	
Cempoala, Templo Mayor (Estr. 1)	T	PosTa	días de cuarto del año	W	S	
Cuyuxquihui, Edificio 1	T	PosTa	días de cuarto del año	E	E	
Laguna de los Cerros, grupo principal	T/P	PreM	días de cuarto del año	E	S	N
Medias Aguas, Plaza II	T/P	CTa/Te	días de cuarto del año	E	E	
San Lorenzo, Grupos A y D	T/P	PreTe/PreMe	días de cuarto del año	E	?	
Cempoala, Templo de Ehécatl	T	PosTa	extremo lunar menor sur; Sol cenital	E; W	E	
Dagamal Santa Rosa, grupo principal	T/P	?	extr. lunar menor norte, Sol cenital	W	S	
Malpasito, Acrópolis	T/P	CTa	extr. lunar menor sur, 30-ene, 11-nov (80)	E	N	
Paxil, Edificio A (del Túnel)	T/P	PosTe/Ta	extremo lunar menor norte	W	S	
Paxil, pirámide (Edificio de la Palma)	T	PosTe/Ta	extremo lunar menor sur	E	E	S
Quiahuiztlán, Estructura 4	P	PosTa	extremo lunar menor norte, Sol cenital	W	E	W
Vega de la Peña, Edificio del Dintel, sur	T	PosTe	extremo lunar mayor norte	E	E	
Cantona, pirámide Plaza Oriente	T	PreTa	9-feb, 1-nov (100)	E	W	
Abasolo del Valle, grupo principal	T/P	CTa	12-feb, 30-oct (260)	E	E	
Medias Aguas, Plaza I	T/P	CTa/Te	12-feb, 30-oct (260)	W	S	W
Cantona, pirámide CJP7, estr. superior	T	CTe	19-feb, 22-oct (120)	E	W	
Cempoala, Templo del Sol	T	PosTa	19-feb, 22-oct (120); 20-abr, 23-ago (240)	E; W	E	
Quiahuiztlán, Estructura 1	T	PosTa	19-feb, 22-oct (120)	E	S	
El Tajín, Estructura 18	T	CTa	22-feb, 20-oct (240); 30-abr, 13-ago (260)	E; W	W	
Cempoala, Palacio de Moctezuma	T	PosTa	25-feb, 18-oct (130)	E	E	
Cempoala, Templo de la Luna (Estr. 5)	T	PosTa	25-feb, 18-oct (130)	E	E	
El Tajín, Estructura 20	T	CTa	1-mar, 12-oct (140); 23-abr, 21-ago (120)	E; W	E	
La Venta, Complejo A	T/P	PreM	1-mar, 12-oct (140)	W	NS	
Quiahuiztlán, Estructura 2	T	PosTa	1-mar, 12-oct (140); 18-abr, 26-ago (130)	E; W	W	NS
Cuauhtochco, pirámide principal	T	PosTa	11-mar, 2-oct (160)	W	W	
Castillo de Teayo, pirámide	T	PosTa	14-mar, 30-sep (200)	W	W	
El Tajín, Pirámide de los Nichos	T	CTa	16-mar, 28-sep (169)	E	E	E
El Tajín, Estructura 5	T	CTa	29-mar, 14-sep (169)	E	E	E
Cempoala, Templo de las Chimeneas	T	PosTa	3-abr, 10-sep (160)	W	W	
El Guayabal, grupo principal	T/P	PreTa/C	3-abr, 10-sep (160)	W	S	
La Joya, pirámide	T	CTe	11-abr, 2-sep (221)	W	W	
Tamohi, Estructura Norte	P	PosTa	13-abr, 31-ago (140)	W	S	
Cantona, Palacio	T	PreTa	18-abr, 26-ago (130)	W	W	E
Cantona, pirámide CJP7, basamento	T	PreTa	18-abr, 26-ago (130)	W	W	E
El Tajín, Estructura 16	T	CTa	18-abr, 26-ago (130)	W	S	
Tres Zapotes, grupo Camila	T/P	PreTa	23-abr, 21-ago (120)	E	E	
Yohualichan, Edificios Norte y Este	T	CTa	30-abr, 13-ago (260)	W	SW	
Los Azules, grupo oeste	T/P	C	3-may, 11-ago (100)	W	E	W
Tamohi, Estructura Oeste	P	PosTa	3-may, 11-ago (100)	W	E	
Tamtoc, El Tizate	T	PosTe	3-may, 11-ago (100)	W	E	
Cantona, pirámide CJP6	T	PreTa	?	?	S	
Cantona, pirámide Unidad 201	T	CTe	?	?	W	
Cantona, pirámide Unidad 70	T	CTe	?	?	N	
Quiahuiztlán, Estructura 3	P	PosTa	?	?	E	
Yohualichan, Edificio Oeste	T	CTa	?	?	E	

Tres orientaciones en Monte Albán registran las fechas 9 de marzo y 4 de octubre en el horizonte oriente, pero el hecho de que el Grupo de la Iglesia en Huamelulpan marca las mismas fechas en el horizonte poniente sugiere que su importancia no estaba limitada a Monte Albán, aunque las desviaciones al norte del oriente –tanto en Huamelulpan como en Monte Negro– deben haber sido parte de la idiosincrasia de las comunidades o entidades políticas en la Mixteca Alta durante el Preclásico Tardío. Mientras que las tres orientaciones de Monte Albán pudieron haber sido funcionales también en dirección opuesta, señalando las puestas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre, el Grupo de la Iglesia de Huamelulpan no pudo marcar ambos pares de fechas. Podríamos pensar, por lo tanto, que en los cuatro casos las orientaciones fueron destinadas a marcar únicamente las fechas 9 de marzo y 4 de octubre. Sin embargo, la importancia de las fechas 3 de abril y 10 de septiembre es sugerida también por dos orientaciones en el Golfo. Puesto que las distancias del 4 de octubre al 9 de marzo y del 3 de abril al 10 de septiembre son 156 (= 12×13) y 160 (= 8×20) días, respectivamente, recordemos que la existencia de las orientaciones que marcaban estos intervalos fue indicada ya por los análisis en el capítulo 3 (figura 3.9).

Asimismo notamos, en el capítulo 3, que un grupo de orientaciones en el Golfo debe haber marcado el intervalo de 120 días en el horizonte oriente. Los días 19 de febrero y 19 de octubre, que delimitan este intervalo, son registrados por tres estructuras en el Golfo, así como por varias orientaciones en el centro de México y las tierras bajas mayas (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015).

Sólo dos orientaciones en Oaxaca, ambas en Monte Albán, corresponden a las salidas del Sol el 22 de febrero y el 20 de octubre, con un intervalo intermedio de 240 (= 12×20) días, pero su intencionalidad es muy probable, no sólo por el gran número de alineamientos que señalan estas fechas en el centro de México y el área maya (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015), sino también porque la importancia de los azimuts correspondientes (tabla 3.1) parece sobrevivir en las desviaciones entre 11° y 12° que manifiestan las calles del centro de la ciudad de Oaxaca, así como las iglesias coloniales y los campos hacia el norte y el sur de la ciudad (Storck 1979; 1980). También un edificio en el Golfo (Estructura 18 en El Tajín) posiblemente marcaba las mismas fechas.

Asimismo resulta sumamente probable la intencionalidad de las dos orientaciones en el Golfo que pueden relacionarse con las posiciones del Sol en los días 12 de febrero y 30 de octubre: se trata de fechas señaladas por el mayor número de orientaciones en el centro de México y las tierras bajas mayas (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015).

Dos orientaciones en Oaxaca y una en el Golfo registran las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, una en el horizonte oriente (Templo de la Luna en Guiengola) y dos en el poniente (Templo T de Monte Negro y la pirámide de Castillo de Teayo).

Tres orientaciones en el Golfo pueden relacionarse con las puestas del Sol el 3 de mayo y el 11 de agosto, fechas marcadas por varias orientaciones en el centro de México (Šprajc 2001).

La importancia de los ortos solares el 1 de marzo y el 12 de octubre es sugerida por dos orientaciones en Oaxaca y tres en el Golfo; las dos de Oaxaca (Edificios A y VG de Monte Albán) pudieron ser funcionales al mismo tiempo hacia el poniente, registrando las fechas 11 de abril y 1 de septiembre (posiblemente señaladas también por la pirámide de La Joya), mientras que la direccionalidad de dos orientaciones del Golfo no es tan evidente: en lugar del 1 de marzo y el 12 de octubre, la Estructura 20 de El Tajín tal vez marcaba las fechas 23 de abril y 21 de agosto en el horizonte poniente –que corresponden también al grupo Camila de Tres Zapotes y el Templo de la Serpiente en Bocana del Río Copalita, aunque en el horizonte oriente–, en tanto que la Estructura 2 de Quiahuitlán pudo haber sido orientada hacia las puestas del Sol el 18 de abril y el 26 de agosto.

Este último par de fechas parece haber sido particularmente importante, ya que puede relacionarse con dos estructuras en la región de Oaxaca (Estructura 1 de Tehuacán Viejo y Templo del Sol de Guiengola) y cuatro en el Golfo (el basamento de la pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7 y el Palacio en Cantona, la Estructura 16 de El Tajín y, como ya mencionamos, la Estructura 2 de Quiahuiztlán). Es por ello que es notable, en la figura 3.9, la concentración de intervalos oeste cerca de 130 días, que es la distancia del 18 de abril al 26 de agosto.

Otras fechas que proponemos como determinantes de las orientaciones en la tabla 5.1 aparecen en pocos casos, por lo que la intencionalidad de las correspondencias propuestas resulta más cuestionable.

Es probable que la parte sur del Edificio del Dintel en Vega de la Peña fuera orientada hacia los extremos mayores de la Luna. Otros seis edificios en el Golfo y dos en Oaxaca parecen haber sido orientados hacia los extremos menores; tres de estas orientaciones son compatibles también con las puestas del Sol en los días de su paso por cenit (tablas 3.3 y 3.4), pero la intencionalidad de estas coincidencias es –como argumentamos en el capítulo 3– menos probable.

Entre los alineamientos para los que las bases astronómicas no son evidentes, algunos podrían ser estelares, pero a falta de mayor información tales hipótesis no tienen sustento. Es muy probable que en nuestra muestra de datos estén incluidas algunas orientaciones que no fueron motivadas por criterios astronómicos.

Disposición de los edificios y la direccionalidad de las orientaciones

Para la mayoría de los edificios estudiados hemos propuesto los eventos astronómicos que motivaron sus orientaciones y, por lo tanto, también las direcciones en las que eran observacionalmente funcionales. La direccionalidad de las orientaciones está relacionada con las posibles técnicas de observación, pero los datos al respecto son escasos. Una de las diversas posibilidades, discutidas con mayor detalle en otros estudios (Šprajc 2001: 126ss; Sánchez y Šprajc 2015), es que las observaciones se realizaban desde el interior de los edificios a lo largo de los ejes de simetría de sus entradas (*cf.* Hartung 1975: 193, figs. 3 y 4; 1980a: 150, 167). Tal escenario, desde luego, puede considerarse sólo en los casos en que la direccionalidad propuesta de la orientación coincide con la ubicación del acceso. En el centro de México y en el área maya no se ha detectado una correlación predominante en este sentido (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015), por lo que es evidente que la ubicación del acceso no indica la dirección astronómicamente funcional de la estructura. Tal aserción, apoyada sobre todo por los edificios que miran hacia el norte o el sur, pero cuyas orientaciones pertenecen a los grupos ampliamente difundidos y evidentemente funcionales en direcciones este u oeste, aplica también a los edificios de nuestra muestra de Oaxaca y la Costa del Golfo. No obstante, la tendencia en estas dos regiones es diferente. Como se observa en la tabla 5.1, entre las estructuras estudiadas son pocas las que están orientadas con sus accesos o fachadas principales hacia el norte y el sur. El estado actual de algunas no permite determinar dónde estaban sus accesos y algunas tienen más que uno. Si para las restantes comparamos las indicaciones en las columnas con los encabezados “direccionalidad propuesta” y “acceso hacia”, observamos que, en la mayoría de los casos, la ubicación del acceso coincide con la dirección que, según argumentamos, era astronómicamente funcional.

Reiteremos que, según los análisis de los datos del centro de México y el área maya, la ubicación del acceso o de la fachada principal no necesariamente coincide con la dirección astronómicamente funcional de la orientación. Sin embargo, si consideramos que la forma de

observar desde el interior del edificio y a lo largo del eje de simetría de su entrada, marcado por jambas u otros elementos arquitectónicos, parece ser particularmente idónea o natural, el gran número de coincidencias de este tipo que observamos en los datos de Oaxaca y el Golfo apoya nuestras interpretaciones astronómicas. El famoso comentario en la obra de fray Toribio de Motolinía (1971: 51), relacionado con el Templo Mayor de Tenochtitlan, de que la fiesta de Tlacaxipehualiztli “caía estando el sol en medio del Uchilobos”, alude a precisamente este tipo de observaciones (Šprajc 2000b). En efecto, en estructuras suficientemente conservadas hemos podido comprobar que las columnas o los pares de jambas que enmarcan las entradas a dos o más crujías definen claramente el eje del edificio y, por tanto, el punto de observación en su interior, de donde era posible determinar con precisión el día en que el Sol estaba “en medio” del edificio, es decir, a lo largo de su eje. Además, las observaciones desde el interior de los edificios pudieron haber sido facilitadas mediante diversos dispositivos. Aveni, Hartung y Kelley (1982: 322ss, figs. 3a y 3b) sugieren que algunos diseños que aparecen dibujados en los códices, así como en los edificios de Alta Vista, Zacatecas, podrían representar una especie de instrumentos usados en las observaciones astronómicas. De esta manera se han interpretado también los motivos de palos cruzados (a veces sustituidos por piernas), asociados a las representaciones de templos en algunos códices (Hartung 1980b; Aveni 2001: 19ss). Efectivamente, si el punto de observación estaba marcado o claramente determinado por el eje del edificio (p. ej. por los pares de jambas), la dirección relevante pudo haber sido señalada con precisión por la intersección de dos palos cruzados de la misma longitud, colocados diagonalmente entre las jambas del vano de acceso. Hay que advertir que, según la argumentación de Jansen y Pérez (1983), los motivos de palos/piernas cruzadas en los códices mixtecos son homónimos de *ndisi nuu*, “claramente visible” en mixteco, por lo que aparecen como designación fonética del topónimo de Tlaxiaco (*Ndisi nuu*). No obstante, quizá las dos interpretaciones no sean mutuamente excluyentes.

En el caso de las orientaciones solares también hay que considerar las posibles técnicas de observación indirecta: diversos elementos arquitectónicos (jambas, columnas, orificios) pudieron haber sido diseñados para producir efectos de luz y sombra durante la salida o puesta del Sol en las fechas deseadas. Como lo sugieren las analogías etnográficas del Suroeste estadounidense (Zeilik 1985: S3, S10; 1989: 146, 151ss), las posiciones relevantes de las proyecciones de la luz solar pudieron haber sido señaladas no sólo con elementos estructurales sino incluso con objetos colgados u otras marcas perecederas y removibles.

Orientaciones y el paisaje circundante

En el capítulo 4 mencionamos que algunos edificios están alineados hacia las cumbres prominentes en el horizonte local. Para estas construcciones se indican en la tabla 5.1 los rumbos en que se localizan las prominencias: en tres casos el cerro se encuentra hacia el norte (Patio 1 de Yagul, Complejo T de Monte Negro, conjunto principal de Laguna de los Cerros), en dos hacia el sur (Edificio M de Monte Albán –en este caso el cerro está por debajo de la línea del horizonte– y Edificio de la Palma en Paxil), un edificio está orientado hacia un cerro al norte y otro al sur (Estructura 2 de Quiahuiztlán), en nueve casos un cerro está al oriente (Patio 4 y Edificio U de Yagul, Edificios Enjoyado y W de Monte Albán, Estructura 19 de San José Mogote, Pirámide de los Nichos y Estructura 5 de El Tajín, pirámide del Conjunto Juego de Pelota 7 y Palacio de Cantona) y en cuatro al poniente (Montículo 1 de Río Viejo, Estructura 4 de Quiahuiztlán, Plaza I de Medias Aguas, grupo oeste de Los Azuzules).

Las orientaciones hacia los cerros, aunque relativamente pocas, probablemente no son fortuitas, ya que tales ejemplos, implicando que la localización del edificio fue condicionada no sólo por factores astronómicos sino también por la ubicación de las prominencias en el horizonte, son comunes en el centro de México (Šprajc 2001: 57ss, 127); algunos fueron encontradas también en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015) y en el Occidente y el Norte de Mesoamérica (Sánchez *et al.* 2014). Como se observa en la tabla 5.1, las cumbres se encuentran en diferentes direcciones, aunque las más de las veces hacia el oriente, lo que quizá no sea casual. Las orientaciones de este tipo seguramente reflejan el simbolismo de los cerros en la cosmovisión mesoamericana, íntimamente relacionado con el culto del agua y la fertilidad (*cf.* Broda 1991; 1993), y representan un aspecto de los conceptos incluidos en la llamada “geografía sagrada”, que intervenían en la fundación de asentamientos y la disposición de edificios principales. En su estudio basado en los documentos coloniales tempranos, García-Zambrano (1994: 217ss) describe el paisaje que se concebía como ideal para fundar un asentamiento y argumenta que, aparte de los factores astronómicos, la ubicación de las montañas, cuevas y cuerpos de agua tenía fundamental importancia (*cf.* Šprajc 2001: 124s). En este contexto podemos recordar que el pórtico principal del Palacio en Vega de la Peña está alineado, quizá a propósito, hacia una cascada de agua que cae del peñasco hacia el poniente (figura 4.34).

Cabe añadir que, cuando la ubicación del cerro coincidía con la dirección astronómicamente funcional de la estructura, la cumbre marcaba la posición relevante del Sol con particular precisión y, por tanto, facilitaba las observaciones. Este factor parece haber sido importante en Oaxaca y el Golfo de México: entre los trece edificios orientados hacia un cerro en el horizonte oriente o poniente, tal coincidencia existe en nueve casos (tabla 5.1).

Las orientaciones que incorporan las direcciones hacia los cerros en los horizontes oriente y poniente nos llevan a considerar el papel que tenían los rasgos conspicuos del paisaje en 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 las salidas o puestas del Sol en ciertos días y determinados accidentes del horizonte local. Los calendarios de horizonte probablemente representan la forma más sencilla de las observaciones precisas del movimiento solar, ya que éstas pueden realizarse en cualquier lugar idóneo que, por su ubicación en el paisaje, permite usar los rasgos prominentes del horizonte como marcadores naturales del paso del tiempo. Es de suponer que, 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.

No obstante, parece que la incorporación de las direcciones astronómicamente significativas en la arquitectura no resultó en que el uso de los marcadores naturales fuera completamente abandonado. Para diversos sitios del centro de México se ha mostrado que los lugares para la construcción de los edificios importantes fueron cuidadosamente seleccionados, para que algunas cumbres prominentes del horizonte local marcaran fechas significativas que, junto con las que registraban las orientaciones, pudieron incorporarse en un solo calendario observacional (Šprajc 2001). En nuestra investigación en las regiones de Oaxaca y el Golfo de México no realizamos un estudio sistemático del potencial astronómico de los cerros visibles desde nuestros sitios. Sin

embargo, en el capítulo 4 mencionamos algunos casos que difícilmente podemos atribuir a la casualidad, ya que los montes conspicuos corresponden a las posiciones del Sol en fechas que podemos considerar significativas, por ser señaladas también por las orientaciones en la arquitectura. Llamamos la atención los cerros solsticiales visibles desde Caballito Blanco, Cerro de las Mesas, Laguna de los Cerros, San Lorenzo, Tamohi, Tamtoc y Tres Zapotes; los casos de Tamohi y Tamtoc son peculiares en que no es una cumbre sino una hondonada en el horizonte la que pudo haber servido como marcador de la posición solsticial del Sol. La Estructura 2 del Montículo 1 de Río Viejo está orientada hacia un cerro que señalaba las puestas del Sol en el solsticio de verano, pero su ubicación parece haber sido condicionada, además, por una prominencia en el horizonte oriente que marcaba los ortos solares en los días de cuarto del año. Otras fechas significativas corresponden a los cerros visibles desde Mitla, La Venta y, posiblemente, Cuauhtochco.

Uso y significado de las orientaciones

Si los argumentos presentados revelaron la existencia de patrones de orientación, basados en la combinación de criterios astronómicos y topográficos, cabe preguntarnos, ahora, sobre las funciones y significados que tenían los alineamientos en el contexto cultural concreto. Como hemos argumentado, las orientaciones en Oaxaca y la Costa del Golfo señalaban, en su mayoría, los ortos y ocasos del Sol en ciertas fechas del año, mientras que algunas podrían estar relacionadas con los extremos lunares.

Los momentos naturalmente significativos del año trópico son los solsticios, marcados por los extremos del desplazamiento anual del Sol por el horizonte, por lo que parecen haber sido, en general, las referencias más elementales para ubicarse en el año de las estaciones. Además, por ser instantes aparentemente críticos, cuando el Sol cambia la dirección de su desplazamiento anual, los solsticios adquirieron un gran significado simbólico e inspiraron diversos rituales. Por estas razones no extraña la presencia de alineamientos solsticiales en varias culturas antiguas (*cf.* Ruggles 1999; 2005: 384ss).

La importancia de los solsticios en Mesoamérica está ampliamente atestiguada. Köhler (1982) demostró que la forma del signo calendárico *ollin* ("movimiento"), cuyo origen ha de buscarse en el Preclásico, representaba precisamente las direcciones hacia los cuatro puntos solsticiales en los horizontes oriente y poniente. Es muy probable que estos rumbos estén plasmados también en el glifo maya del Sol (*kin*), símbolo floral con cuatro pétalos, así como en las imágenes en la página 1 del Códice Fejérváry-Mayer y en las páginas 75 y 76 del Códice Madrid (Aveni 2001: 148ss; Köhler 1995: 93ss). Además, diversas comunidades indígenas colocan las esquinas del mundo en los puntos solsticiales del horizonte, concepto que seguramente es de origen prehispánico (Villa Rojas 1986: 133ss; Sosa 1991: 195; Köhler 1995: 85ss; Vogt 1997: 111; Milbrath 1999: 19; Neurath 2001: 483). A la luz de estos datos también podemos comprender el significado de las orientaciones solsticiales en nuestra muestra, aunque los datos disponibles no permiten explicar las preferencias por los solsticios de junio en Oaxaca y por los de diciembre en la región del Golfo de México (tablas 3.2 y 5.1).

Un significado análogo al que tenían las orientaciones solsticiales puede suponerse para las que registraban los días de cuarto del año, ya que estas fechas subdividen cada una de las mitades del año delimitadas por los solsticios en dos partes iguales y, por lo tanto, deben haber fungido como otras dos referencias básicas en el cómputo del tiempo.

Aunque las distribuciones de las fechas señaladas por las orientaciones solares en Oaxaca y el Golfo no son iguales, las concentraciones en ambos casos corresponden a las mismas cuatro épocas del año (figura 3.8), sugiriendo su relación con el ciclo agrícola: se trata de periodos que coinciden con la preparación de los campos de cultivo, el inicio de la época de lluvias y de la siembra, la temporada de las primeras mazorcas del maíz y la época de la cosecha. Patrones parecidos encontrados al estudiar las orientaciones en otras partes de Mesoamérica llevaron a la misma conclusión (Aveni y Hartung 1986; Aveni *et al.* 2003; Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015). La función práctica de las observaciones astronómicas, relacionada con las necesidades agrícolas, es corroborada por diversos datos etnográficos, además de ser congruente con la falta de un sistema regular de intercalaciones en el calendario prehispánico, con el que se mantuviera la concordancia perpetua entre los años calendárico y trópico (v. argumentación y bibliografía en Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015). Por otra parte, las investigaciones en el centro de México y las tierras bajas mayas han mostrado que las orientaciones permitían el manejo de calendarios observacionales compuestos por múltiplos de 13 y de 20 días y, por lo tanto, fácilmente manejables mediante el sistema calendárico formal (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015). Aunque, en comparación con las dos áreas mencionadas, los patrones de orientación en Oaxaca y la Costa del Golfo manifiestan mayor variabilidad, los resultados de los análisis indican que también en esta parte de Mesoamérica las orientaciones posibilitaban el uso de calendarios observacionales basados en los mismos principios.

Cabe recalcar que difícilmente podemos sobrevalorar la importancia que debe haber tenido el conteo por intervalos entre los antiguos mesoamericanos. Debido a que, por falta de intercalaciones, el año calendárico de 365 días no mantenía una concordancia permanente con el año trópico (Šprajc 2000c; 2001: 135ss), una fecha del año trópico 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 cenit: 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 cenital del Sol a mediodía. Contando 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. El paso siguiente fue marcar, de una u otra forma, las posiciones del Sol en las fechas relevantes; para este fin pudieron servir los rasgos prominentes del horizonte o marcadores artificiales, incluyendo los alineamientos arquitectónicos. Aunque tal calendario observacional, una vez establecido, facilitaba la determinación de las fechas importantes, los intervalos no dejaron de ser importantes: al fundar un nuevo asentamiento y, por tanto, un nuevo punto de observaciones, era necesario conocer los intervalos entre las fechas relevantes, para poder escoger los marcadores naturales o artificiales del nuevo calendario observacional; además, el conocimiento de los intervalos posibilitaba la determinación de las fechas relevantes cuando éstas, debido a la nubosidad, no pudieron ser determinadas mediante las observaciones directas.

Es obvio que los intervalos que equivalían a los periodos básicos del sistema calendárico formal y sus múltiplos eran mucho más fáciles de manejar que periodos arbitrarios. Recordemos que, en la cuenta de 260 días, los múltiplos de 20 días conectan fechas con el mismo signo de veintena, mientras que las fechas separadas por múltiplos de 13 días tienen el mismo numeral de trecena. Los múltiplos de 20 días conectan, además, las mismas fechas en los meses del año de 365

días (si no se interpone el periodo de 5 días agregados a los 18 meses). Los conocimientos sobre la mecánica calendárica del ciclo de 260 días, así como algunas ayudas mnemotécnicas que facilitan la determinación de las fechas con base en intervalos que las separan, persisten hasta la actualidad entre los sacerdotes-calendarios de algunas comunidades de los altos de Guatemala (La Farge y Byers 1931: 158; Tedlock 1985; 1991). Obviamente, los sacerdotes-astrónomos en la época prehispánica, especialistas de tiempo completo, deben haber tenido conocimientos mucho más sofisticados al respecto, además de que llevaban registros escritos.

Si los alineamientos arquitectónicos registraban las salidas y puestas del Sol separadas por múltiplos de periodos elementales del sistema calendárico, no sólo permitían la determinación de ciertas fechas con base en observaciones directas, sino también facilitaban su *predicción*, eliminando el peligro de que las observaciones directas en estos días fueran impedidas por la nubosidad: con base en los intervalos calendáricamente significativos era relativamente fácil anticipar las fechas relevantes, conociendo la estructura del calendario observacional y la mecánica del calendario formal. Suponiendo que una de las funciones de las orientaciones astronómicas fue su uso práctico relacionado con la regulación de las actividades agrícolas, este aspecto anticipatorio de los calendarios observacionales debe haber sido de suma importancia, permitiendo la preparación de los trabajos y de los rituales correspondientes con debida antelación.

Mientras que la función de algunas orientaciones pudo haber sido simplemente la de facilitar la predicción de las fechas más importantes mediante los intervalos fáciles de manejar, otras probablemente marcaban los momentos *canónicos* en los que debieron realizarse ciertos rituales, mientras que la programación exacta de las labores agrícolas particulares dependía de otras consideraciones, tanto prácticas como religiosas. Recordemos que la naturaleza canónica caracteriza también varias fiestas cristianas actuales que se relacionan con el ciclo agrícola. En los estudios sobre el centro de México y las tierras bajas mayas mostramos que varias festividades, cuyo simbolismo agrícola evidentemente representa la fusión de los rituales prehispánicos con el ceremonial católico (cf. Broda 2003), siguen celebrándose en fechas sorprendentemente cercanas a las que corresponden a las orientaciones. En varias comunidades indígenas actuales ha sido documentada también la importancia de los periodos básicos del antiguo sistema calendárico, es decir, de los múltiplos de 13 y de 20 días (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015).

Los datos sobre las orientaciones en Oaxaca y la Costa del Golfo indican que estaban en uso distintas versiones de calendarios observacionales que, aunque basados en los mismos principios y sirviendo a los mismos fines prácticos, tenían estructuras y fechas canónicas diferentes. Las variaciones regionales y temporales seguramente reflejan la diversidad cultural, los desarrollos locales y la autonomía de las entidades políticas, además de que, en parte, quizá puedan comprenderse en función de las diferencias ambientales. Los datos arqueológicos que sugieran el significado de las orientaciones particulares (iconografía, objetos asociados con los edificios estudiados) son ambiguos o inexistentes, mientras que la información etnográfica que pueda ser relevante para este fin resulta difícil de identificar, debido precisamente a la variabilidad que se manifiesta en los patrones de orientación, así como a la escasez de los datos que sean representativos de una u otra tradición local. No obstante, algunos datos merecen ser mencionados.

Si asumimos que los primeros misioneros “aprovecharon las antiguas celebraciones indígenas para cristianizarlas y reubicarlas en el calendario” (Münch 1984: 105), podría ser indicativa la popularidad de algunas fiestas cristianas. La fiesta muy popular tanto en Oaxaca como en el área del Golfo es la de San José, el 19 de marzo (Münch 1983: 246; León 1988), lo que posiblemente

refleja la importancia de los días de cuarto del año. Las fiestas de San Francisco (4 de octubre) y Virgen del Rosario (7 de octubre) parecen ser más populares en Oaxaca que en el Golfo (León 1988; Münch 1984: 134; Katz 2008: 316), lo que concuerda con que las orientaciones que corresponden a tales fechas son más frecuentes en Oaxaca (figura 3.8), incluyendo las de Huamelulpan y Monte Negro, desviadas al norte del este; para la Mixteca Alta, región donde se localizan los últimos dos sitios, Katz (2008: 316) relaciona la fiesta del Rosario con el fin de las lluvias.

Por otra parte, Francisco de Burgoa relaciona el inicio del año zapoteca en Tehuantepec con el 12 de marzo (Münch 1984: 105; De la Cruz 2007: 319). Aunque no sabemos si se trata del inicio del año calendárico formal o del año de las estaciones, esta última posibilidad coincidiría con el hecho de que las fechas en la primera mitad de marzo son marcadas por varias orientaciones en Oaxaca (figura 3.8, tabla 5.1). Un informante mixe-popolucua de Oluta le dijo a Lehmann (1928: 768) que “los Tribunales de los aguaceros son 18 de abril ó 8 de mayo” y que “el 18 de abril es la primera siembra del maíz en la tierra baja y húmeda,” mientras que “el 8 de mayo es la primera siembra (del maíz) en la tierra alta.” Además, el 18 de abril sopla del oriente el “viejo viento, viento grande”, que es “el tribunal del primer aguacero”, “solamente por un día”. El hecho de que el 18 de abril no corresponde a ninguna de las fiestas cristianas populares sugiere el origen prehispánico de su importancia, adicionalmente recalcada con el comentario del informante de que el viento del oriente sopla “solamente por un día”. Resulta significativo –como ya observó Lehmann (1928: 790)– que las fechas 18 de abril y 8 de mayo, ambas relacionadas con la lluvia y la siembra del maíz, están separadas por 20 días, en lo que podemos ver una supervivencia del significado de este intervalo en la determinación de las fechas canónicas relacionadas con el ciclo agrícola. Además, llama la atención que la distancia del 18 de abril a la otra fecha del año en la que el Sol alcanza la misma declinación –el 26 de agosto– es 130 (= 10 × 13) días, equivaliendo a dos *cociyos* (periodos de 65 días en el calendario zapotecos), y que este par de fechas es marcado no sólo por varias orientaciones en ambas regiones (figuras 3.8 y 3.9, tabla 5.1) sino también por la primera y la última entrada de los rayos solares al tiro vertical del Edificio P en Monte Albán (v. capítulo 4).

La intencionalidad de las correspondencias observadas entre las orientaciones y los extremos de la Luna se ve apoyada por la presencia de un número considerable de orientaciones lunares en el área maya, siendo particularmente significativo el hecho de que su mayor concentración se ha documentado en la costa noreste de la península de Yucatán, es decir, precisamente en la región donde la importancia del culto lunar es indicada por datos independientes (Sánchez y Šprajc 2015). El significado de las orientaciones lunares debe entenderse a la luz de la gran importancia que tenía la Luna, asociada con la tierra, el agua y la fertilidad, en la religión mesoamericana, simbolismo que pudo haber tenido bases observacionales: varios estudios han mostrado que existe una correlación entre ciertas fases lunares y la cantidad de precipitaciones, los huracanes y tormentas tropicales, las temperaturas y la germinación de ciertas plantas, y hay algunos indicios de que estas correlaciones fueron, en efecto, percibidas en Mesoamérica. Más aún, según algunas investigaciones recientes, existe una correlación entre el régimen pluvial y las temperaturas, por una parte, y el ciclo nodal de la Luna, de 18.6 años, por la otra, ofreciendo una base atractiva para interpretar, específicamente, el significado de las orientaciones hacia los extremos lunares, cuya periodicidad obedece al ciclo de los nodos (para una discusión detallada y la bibliografía correspondiente, v. Sánchez y Šprajc 2015).

La asociación de las orientaciones lunares y solsticiales, encontrada en Caballito Blanco y Vega de la Peña, así como en varios sitios del área maya (Sánchez y Šprajc 2015), sugiere que el referente de las primeras fue la Luna en su fase llena. Ya mencionamos (capítulo 3) que los extremos de la Luna llena siempre ocurren cerca de los solsticios, cuando también el Sol llega a sus

extremos, pero las posiciones que ocupan los dos astros en estos momentos son diametralmente opuestas, por lo que en la época de los días más cortos del año la Luna llena permanece en el cielo nocturno durante el lapso más largo, y viceversa. Es de imaginar que la asociación de las orientaciones lunares y solsticiales refleja la atención que llamaron estos fenómenos, además de que puede comprenderse en términos de la cosmovisión mesoamericana: puesto que las orientaciones se referían a las posiciones del Sol en el horizonte, concebibles como fases de transición entre los aspectos diurno y nocturno del astro, recordemos que el Sol nocturno estaba estrechamente relacionado con la Luna y que ambos se asociaban con el agua, la tierra y la fertilidad (Klein 1976: 97; 1980; Milbrath 1999: 105ss; Šprajc 1996a: 186ss; 1996b: 61). Asimismo cabe mencionar que Xbalanqué, uno de los héroes gemelos del *Popol Vuh*, representaba tanto al Sol nocturno como la Luna llena (Tedlock 1985: 296ss; Milbrath 1999: 130; Baudez 1985: 33ss).

Aunque las orientaciones lunares, por no tener un uso práctico inmediato, hacen particularmente evidente la importancia del aspecto simbólico de los alineamientos astronómicos, hay que subrayar que también las orientaciones solares, que facilitaban la programación de las actividades relacionadas con el ciclo agrícola, deben entenderse en el contexto de los conceptos religiosos y la cosmovisión. Para ubicarse en el tiempo no era necesario construir suntuosos templos y alinearlos con precisión. El simple objetivo de medir el tiempo mediante la observación del Sol hubiese podido lograrse sin construcciones monumentales, incluso sin artefactos arqueológicamente recuperables. Es evidente, por lo tanto, que los edificios que marcaban ciertas fechas no servían estrictamente como observatorios; sus funciones primarias eran residenciales, administrativas o relacionadas con el culto. 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 y que, por ende, representaban referentes espaciales del transcurso del tiempo cíclico. Una explicación análoga aplica a los alineamientos lunares, sobre todo si reflejan el conocimiento de la correlación entre el ciclo de los extremos y las variaciones climáticas. Por consiguiente, los alineamientos astronómicos incorporados en los templos y otras construcciones encomendadas por los gobernantes, que como hombres-dioses eran responsables del debido desenvolvimiento de los ciclos naturales, pueden entenderse como el intento de sus diseñadores por recrear y –de acuerdo con el pensamiento mágico– perpetuar el orden cósmico en su entorno terrenal (cf. Aveni 2001: 217ss; Aveni y Hartung 1986: 8; Šprajc 2001: 121ss, 412s; 2005). Si los edificios debidamente orientados y ubicados en el entorno natural, por lo tanto, formaban parte de la estrategia con la que el estrato gobernante aseguraba –o aparentaba asegurar– la supervivencia de la población bajo su mando, deben haber tenido un papel importante no sólo en la religión y cosmovisión sino también en la ideología política.

Perspectiva diacrónica

Finalmente, los datos que hemos analizado permiten formular algunas hipótesis sobre el desarrollo de las prácticas de orientación y sus implicaciones para la comprensión de los procesos de interacción cultural.

Si los solsticios, como hemos mencionado, representan los momentos naturalmente llamativos que dividen el año en dos mitades, el paso siguiente en los métodos de cómputo del tiempo parece haber sido la determinación de los días que dividen cada una de las mitades en dos partes aproximadamente iguales (23 de marzo y 21 de septiembre, ± 1 día). Las orientaciones que

corresponden a los solsticios y los días de cuarto del año aparecen a lo largo de todos los periodos (tablas 3.2 y 5.1), seguramente reflejando el significado simbólico de estos momentos. Sin embargo, el hecho de que en los sitios más tempranos encontramos casi exclusivamente los alineamientos referentes a los solsticios y los días de cuarto del año (Bocana del Río Copalita, Caballito Blanco, Dainzú, Río Viejo, Chiapa de Corzo, Laguna de los Cerros, San Lorenzo) apoya la idea de que estos momentos representaban las referencias más elementales en el cómputo del tiempo y el monitoreo de las estaciones del año. En la arquitectura temprana de Bocana del Río Copalita y Cantona, las orientaciones hacia las posiciones del Sol en los días de cuarto del año se encuentran asociadas con las solsticiales (tablas 3.1 y 5.1). Tampoco ha de ser fortuito que tanto en Laguna de los Cerros como en San Lorenzo, donde los conjuntos principales están orientados hacia los días de cuarto del año, una montaña prominente servía como marcador de las posiciones solsticiales del Sol: en Laguna de los Cerros el Sol se ponía sobre el Pico de Orizaba en el solsticio de junio y, en San Lorenzo, sobre el Cerro Zempoaltépetl en el solsticio de diciembre. Es posible que el uso astronómico de las prominencias sobre el horizonte fuera particularmente característico de la etapa temprana de las prácticas observacionales, en la que los alineamientos incorporados en la arquitectura, sirviendo como marcadores artificiales de las posiciones del Sol sobre el horizonte, apenas empezaron a sustituir la función que tenían los rasgos conspicuos del horizonte local en los llamados calendarios de horizonte, que pueden considerarse como la forma más temprana de observaciones precisas del movimiento solar.

El hecho de que en Laguna de los Cerros y San Lorenzo los solsticios fueron marcados por montes prominentes en el horizonte local, mientras que en Chiapa de Corzo la dirección solsticial está incorporada en la arquitectura, aparentemente refleja distintas tradiciones regionales: los datos arqueológicos de Chiapa de Corzo sugieren migraciones o influencias desde la costa del Pacífico, donde las orientaciones solsticiales representan una de las características de la arquitectura y el urbanismo en el Preclásico (Aveni y Hartung 2000). A manera de analogía mencionemos que también en el centro de México las orientaciones solsticiales eran particularmente comunes en épocas tempranas (Šprajc 2001: 74s), pero tal tendencia no se ha encontrado en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015).

Un detalle interesante es que las orientaciones en el centro de México y las tierras bajas mayas registran los días de cuarto del año en el horizonte poniente (Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015), mientras que varias de nuestra muestra del Golfo las señalan en el horizonte oriente, incluyendo las preclásicas en San Lorenzo y Laguna de los Cerros. Además de estas orientaciones, el hecho de que en Río Viejo es un monte en el horizonte oriente el que registra estas fechas recuerda la pirámide circular en Cuicuilco y la Pirámide del Sol en Teotihuacan, que tienen orientaciones diferentes, pero cada una fue ubicada en el lugar de donde las fechas de cuarto del año fueron marcadas por un cerro, también en el horizonte oriente (Šprajc 2000a; 2001: 170ss, 208, 229ss), en lo que quizá podamos ver un reflejo de influencias tempranas desde el sureste.

Entre las orientaciones tempranas representa un caso singular La Venta, donde el conjunto principal está desviado varios grados al poniente del norte. Considerando que su orientación no se puede establecer de manera confiable, cualquier interpretación astronómica debe quedar como hipótesis. Sin embargo, llama la atención que el Volcán Santa Marta señalaba las puestas del Sol el 3 de mayo y el 11 de agosto: se trata de las fechas que corresponden a las orientaciones de varios edificios en el centro de México, entre los que destacan la Ciudadela de Teotihuacan y el sector poniente de la Acrópolis de Xochicalco (Šprajc 2001: 204ss, 260ss). Más aún, estas orientaciones (además de que posiblemente se encuentran en Tamohi y Tamtoc) parecen haber sido

relativamente comunes también en La Mixtequilla. El caso más claro lo representa el sitio de Los Azules, donde realizamos las mediciones en campo, pero los planos publicados indican que también el conjunto principal de Villa Nueva y varios edificios en Cerro de las Mesas compartieron la misma orientación. El hecho particularmente significativo es que, observando desde las estructuras principales en los tres sitios, las puestas del Sol en las fechas 3 de mayo y 11 de ocurrían exactamente sobre la cumbre del Volcán Citlaltépetl. Teniendo tres sitios con esta peculiaridad y con orientaciones evidentemente muy similares, es posible concluir que estos edificios, o grupos arquitectónicos enteros, fueron intencionalmente orientados hacia el volcán que, marcando las fechas deseadas, condicionó la ubicación de los tres centros. Recordando que las estructuras de Cerro de las Mesas que manifiestan tal orientación son del Preclásico Tardío y Terminal y que varios datos arqueológicos reflejan la difusión de los elementos culturales desde La Venta hacia Veracruz, así como las conexiones con Teotihuacan (Stark y Heller 1991), resulta atractivo proponer que el significado de las fechas mencionadas, si es que su origen puede buscarse en La Venta, fue difundido al centro de México precisamente a través de La Mixtequilla. Recordemos que la distancia del 3 de mayo al 11 de agosto es de 100 (= 5×20) días y que las fechas pueden explicarse en términos de su significado agrícola. No es fortuito que las fiestas de la Santa Cruz (3 de mayo) y de la Virgen de Asunción (15 de agosto), coincidiendo con las épocas de siembra del maíz y de la maduración de los primeros elotes, siguen siendo entre las más importantes en las comunidades indígenas actuales (Broda 1993: 260ss; 2003: 19s; Albores 1997; León 1988; Reina 1967: 320ss; otras referencias pueden encontrarse en: Šprajc 2001: 85; Sánchez y Šprajc 2015).

Para algunos sitios en el centro de México se ha mostrado que las orientaciones hacia las puestas del Sol en las fechas 3 de mayo y 11 de agosto funcionaban en combinación con las que registraban las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre, permitiendo el manejo de un calendario observacional compuesto mayormente por múltiplos de 20 días (Šprajc 2001: 107ss, tabla 4.1). Se trata de dos grupos que componen la llamada familia de los 17°, pero ambos parecen haber sido de origen foráneo: las orientaciones más tempranas que registran el 12 de febrero y el 30 de octubre se han encontrado en el área maya (Šprajc *et al.* 2009). Es decir, cada uno de los dos grupos al principio parece haberse usado por separado y puede interpretarse como versión más sencilla y, por ende, más temprana de las orientaciones que posteriormente evolucionaron en la elaborada familia de los 17°, que permitía un complejo calendario observacional y cuyos ejemplos más prominentes se encuentran en Teotihuacan y Xochicalco (Šprajc 2000a; 2001: 107ss). En la Costa del Golfo por el momento no conocemos ejemplos preclásicos de las orientaciones hacia las fechas 12 de febrero y 30 de octubre; sólo se han encontrado en Abasolo del Valle y Medias Aguas (en este último caso la Plaza I marcaba estas fechas en el horizonte poniente: tablas 3.1 y 5.1).

En las orientaciones tempranas de Oaxaca podemos reconocer distintas tradiciones regionales. En Río Viejo domina la orientación solsticial, mientras que en Bocana del Río Copalita la orientación de lo que parece ser la estructura más temprana (Plataforma 1) corresponde a los días de cuarto del año, aunque posteriormente fue construido también el edificio con la orientación solsticial (Templo Mayor). En los valles centrales de Oaxaca se observan diferencias notables. En Caballito Blanco y Dainzú-Macuixóchitl, en el Valle de Tlacolula, aparecen las orientaciones solsticiales, probablemente registrando las puestas del Sol en el solsticio de junio. En San José Mogote –contrario a lo que afirman Marcus y Flannery (2004)– no hay evidencias de alineamientos equinocciales; como mostramos en el capítulo 4, la orientación del conjunto principal corresponde a otras fechas y, así como La Venta, sugiere que los intervalos calendáricamente significativos llegaron a intervenir en la planeación de las orientaciones desde el Preclásico Medio. El motivo astronómico-calendárico de la orientación de San José Mogote se ve apoyado por la aparición de

alineamientos parecidos en Monte Albán, similitud que concuerda con los indicios de que este centro fue el sucesor de San José Mogote en detentar el poder regional (Marcus y Flannery 2004: 18259; Joyce 2000: 80; 2009b: 34s; 2010: 128). Por otra parte, los sitios de Huamelulpan y Monte Negro, aunque contemporáneos con el ascenso de Monte Albán, manifiestan una tradición diferente. Las fechas 9 de marzo y 4 de octubre, marcadas tanto por el complejo principal de Huamelulpan como por varios edificios en Monte Albán (tabla 5.1), atestiguan conceptos compartidos, pero las orientaciones en Huamelulpan y Monte Negro están desviadas, en contraste con las de Monte Albán, al norte del este, peculiaridad que puede interpretarse como reflejo de la independencia política de la Mixteca Alta en este periodo: según los argumentos basados en otros indicadores arqueológicos, las primeras entidades estatales en esta región no resultaron de la conquista por parte del estado zapoteca dominado por Monte Albán (Balkansky 1998; Balkansky *et al.* 2004).

Durante los periodos Clásico y Posclásico aumenta la diversidad de las orientaciones, tanto en Oaxaca como en la Costa del Golfo. Predominan los alineamientos solares que marcan intervalos calendáricamente significativos, pero los datos disponibles no permiten reconocer patrones de orientación que fuesen característicos de ciertos periodos o regiones. Entre las pocas excepciones podemos mencionar que los alineamientos solsticiales que permanecen en uso hasta el Posclásico parecen estar limitados a la parte norte de la región del Golfo, encontrándose en Cuajilote, Las Flores, Los Ídolos, Vega de la Peña y Cuyuxquihui –en este último caso en asociación con la orientación hacia los días de cuarto del año–, y al Valle de Tlacolula en Oaxaca, donde su importancia está atestiguada no sólo en Lambityeco y Yagul (tablas 3.2 y 5.1) sino también en las iglesias coloniales y campos de cultivo, es decir, en los elementos del antiguo paisaje cultural “fosilizado”.

6 Conclusiones

La investigación cuyos resultados se resumen a continuación formó parte de un estudio sistemático de las orientaciones en la arquitectura prehispánica de Mesoamérica. Analizando los datos resultantes de las mediciones en diversos sitios en las subáreas de Oaxaca y el Golfo de México, hemos podido detectar regularidades que pueden atribuirse al uso de referentes astronómicos sobre el horizonte, aunque también es evidente que, en las reglas que dictaban la orientación de los edificios cívicos y ceremoniales, o de conjuntos arquitectónicos enteros, los principios astronómicos estaban entrelazados con otros conceptos que formaban parte de la cosmovisión.

Los patrones de orientación en las dos regiones de estudio comparten algunas características, pero también manifiestan diferencias. La desviación de los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas de reloj prevalece en ambas regiones, de acuerdo con la tendencia general en Mesoamérica, pero hay más excepciones que en otras partes, sobre todo en la Costa del Golfo. En ausencia de datos independientes, las bases de estas peculiaridades permanecen desconocidas, pero es probable que estén relacionadas con distintas interpretaciones del significado de los rumbos del universo, conceptos que deben haber sido responsables de la desviación que predomina en Mesoamérica (Šprajc 2004). Los análisis de los datos han mostrado que las orientaciones eran funcionales predominantemente en sentido este-oeste, refiriéndose mayormente a las posiciones del Sol en ciertas fechas del año. Las concentraciones de las declinaciones marcadas por los alineamientos indican que en ambas regiones eran importantes los solsticios y los días de cuarto del año, pero también es probable la existencia de orientaciones hacia los extremos de la Luna.

Así como en el centro de México y el área maya (cf. Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2012; Sánchez y Šprajc 2015), también en Oaxaca y el Golfo las orientaciones solares registran fechas que se concentran en cuatro épocas del año, importantes en el ciclo agrícola; además, las fechas que corresponden a cada edificio en el horizonte oriente o poniente tienden a estar separadas por múltiplos de 13 y de 20 días, periodos constitutivos del sistema calendárico mesoamericano. Las similitudes con los patrones de orientación en otras partes de Mesoamérica, así como los datos contextuales, incluyendo la información etnográfica, sugieren que los alineamientos solares posibilitaban el manejo de calendarios observacionales que, por estar compuestos de periodos básicos del calendario formal, facilitaban la programación de las labores agrícolas y los rituales acompañantes. Desde luego, las orientaciones no pueden interpretarse únicamente en términos que, desde nuestro punto de vista, definiríamos como utilitarios. Las direcciones que marcaban momentos críticos en el ciclo de estaciones seguramente llegaron a ser sacralizadas, por lo que su incorporación en los templos, edificios administrativos y residenciales de alto rango refleja el significado simbólico de las orientaciones y su papel en la religión, cosmovisión e ideología política, interpretación que aplica también a los alineamientos relacionados con la Luna.

Mientras que las preocupaciones ubicuas del agricultor mesoamericano representan la explicación más probable de la mayoría de las orientaciones, las causas de las variaciones temporales y regionales en los patrones de orientación han de buscarse en la diversidad cultural que caracteriza las dos regiones de estudio, reflejando no sólo las diferencias ambientales y los desarrollos divergentes sino también la siempre cambiante geografía política.

Llama la atención el hecho de que, en muchos casos, la entrada o la fachada principal del edificio mira en la dirección en que su orientación, según argumentamos, era astronómicamente funcional; es decir, la ubicación del acceso a menudo refuerza la interpretación astronómica que hemos propuesto para la orientación.

No obstante, los preceptos de índole astronómica y calendárica no fueron los únicos que intervenían en la disposición de los edificios. Para algunos sitios hemos mostrado que, observando en el edificio o grupo arquitectónico principal, un cerro prominente en el horizonte local corresponde a la posición del Sol en fechas significativas. Un caso especial de la función de los cerros en la planeación urbana lo representan las estructuras orientadas astronómicamente y, además, hacia alguna prominencia en el paisaje circundante. Aunque algunos montes, ubicados en el horizonte oriente o poniente, pudieron servir como marcadores de eventos astronómicos, facilitando las observaciones, otros se localizan hacia el norte o el sur, indicando que las alineaciones de este tipo, muy comunes también en el centro de México (Šprajc 2001: 57ss, 127), deben comprenderse en el contexto de la cosmovisión, en la que el culto a las montañas, relacionadas con el agua y la fertilidad, era de suma importancia (cf. Broda 1991; 1993). No sobra recordar que los lugares para la construcción de edificios que cumplieran con tal combinación de requisitos astronómicos y topográficos debieron ser cuidadosamente premeditados.

Aunque la muestra de datos que hemos analizado es relativamente pequeña, permite reconocer algunas tendencias en la evolución de las prácticas de orientación. En épocas tempranas predominan los alineamientos que corresponden a los solsticios y los días de cuarto del año, seguramente por tratarse de momentos que pueden considerarse naturalmente significativos y que, por lo tanto, debieron haber servido como las referencias más elementales en el cómputo del tiempo. Sin embargo, algunas orientaciones, como las de La Venta y San José Mogote, sugieren que los calendarios observacionales compuestos por múltiplos de periodos básicos del calendario formal empezaron a emplearse desde el Preclásico Medio. Algunos detalles que hemos discutido también indican desarrollos divergentes de las prácticas de orientación en distintas regiones, así como las relaciones entre ellas y los flujos de influencias.

En resumen, la orientación –y en varios casos también la ubicación– de los edificios cívicos y ceremoniales en Oaxaca y la Costa del Golfo fue, por regla general, dictada por principios astronómicos, en combinación con conceptos sobre el paisaje circundante, en los que las montañas tenían un papel preponderante. Si a la luz de los datos y argumentos presentados aceptamos, por una parte, que los alineamientos solares permitían la predicción de los cambios estacionales, la programación de las actividades agrícolas y las ceremonias correspondientes, y por la otra, que las orientaciones lunares se referían al astro con evidentes connotaciones acuáticas, y por último, que las estructuras orientadas hacia los cerros –o ubicadas en lugares apropiados para que las fechas significativas fueran marcadas por alguna prominencia en el horizonte– reflejan el significado de las montañas, también relacionadas con el agua y la fertilidad en la cosmovisión mesoamericana, podemos concluir que todas las consideraciones que intervenían en la orientación y la ubicación de los edificios importantes estaban relacionadas con la principal actividad económica en Mesoamérica. Se trata, por lo tanto, de motivos prácticos, en el sentido más amplio de la palabra, ya que –desde el punto de vista prehispánico– las fuerzas sobrenaturales que regían en el universo y los rituales que aseguraban la debida alternancia de las estaciones, el crecimiento de las plantas de cultivo y la abundancia de la cosecha seguramente no eran menos importantes que la debida programación de las labores agrícolas. Los estudios de orientaciones realizados a la fecha en otras regiones mesoamericanas permiten la misma conclusión general, mientras que las diferencias en los patrones de orientación pueden interpretarse en función de las demás variaciones culturales.

Por consiguiente, al estudiar las orientaciones en la arquitectura, la disposición de los edificios y su relación con los fenómenos astronómicos y los rasgos del paisaje circundante, es posible dilucidar las ideas que intervenían en el diseño arquitectónico y planeación urbana y que, a juzgar por las funciones de las construcciones que manifiestan estos conceptos, debieron tener un papel preponderante en la ideología política. Más aún, los resultados de nuestro estudio revelan que las investigaciones de este tipo pueden contribuir a la comprensión de los patrones de asentamiento y procesos de interacción cultural. Debido a que nuestra muestra de datos de Oaxaca y el Golfo es relativamente pequeña, varias cuestiones permanecen sin resolver y algunas interpretaciones son hipotéticas. Sin embargo, a la luz de la discusión que hemos presentado, es de esperar que las investigaciones futuras, ampliando el corpus de datos, puedan verificar la validez de nuestras propuestas y profundizar en las causas de las variaciones regionales, locales y temporales en los patrones de orientación.

Bibliografía

Aguirre, Marco Antonio

- 1986 El conjunto prehispánico de Atzompa. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 7: 60-64.

Ahuja, Guillermo

- 2006 Tamtoc. *Voices of Mexico* núm. 77: 81-85.

Albores, Beatriz

- 1997 Los quicazcles y el árbol cósmico del Olotepec, estado de México. En: Beatriz Albores y Johanna Broda, coords., *Graniceros: Cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas – Zinacantepec: El Colegio Mexiquense, pp. 379-446.

Arana Álvarez, Raúl, y Noemí Castillo Tejero

- 1997 "Informe de la temporada de campo 1996 del Proyecto Sur del Edo. de Puebla, Área Central Popoloca, Tehuacán Viejo". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 20-121).

Arellanos Melgarejo, Ramón

- 1997 *La arquitectura monumental postclásica de Quiahuiztlan: Estudio monográfico*. Xalapa: Universidad Veracruzana.

Aveni, Anthony F.

- 1975 Possible astronomical orientations in ancient Mesoamerica. In: Anthony F. Aveni, ed., *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, Austin: University of Texas Press, pp. 163-190.
- 1991 *Observadores del cielo en el México antiguo*. México: Fondo de Cultura Económica (trad.: J. Ferreiro; orig.: *Skywatchers of Ancient Mexico*, Austin: University of Texas Press, 1980).
- 2001 *Skywatchers: A revised and updated version of Skywatchers of ancient Mexico*. Austin: University of Texas Press.
- 2003 Archaeoastronomy in the ancient Americas. *Journal of Archaeological Research* 11(2): 149-191.
- 2004 Zapotec astronomy: reconsideration of an earlier study. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 18: 26-31.

Aveni, Anthony F., Anne S. Dowd, y Benjamin Vining

- 2003 Maya calendar reform? Evidence from orientations of specialized architectural assemblages. *Latin American Antiquity* 14 (2): 159-178.

Aveni, Anthony, y Horst Hartung

- 1981 The observation of the Sun at the time of passage through the zenith in Mesoamerica. *Archaeoastronomy* No. 3 (*Journal for the History of Astronomy*, suppl. to Vol. 12): S51-S70.
- 1986 *Maya city planning and the calendar*. Transactions of the American Philosophical Society Vol. 76, Pt. 7, Philadelphia.
- 2000 Water, mountain, sky: the evolution of site orientations in southeastern Mesoamerica. En: Eloise Quiñones Keber, ed., *In Chalchihuitl in Quetzalli: Precious Greenstone Precious Quetzal Feather: Mesoamerican Studies in Honor of Doris Heyden*, Lancaster: Labyrinthos, pp. 55-65.

- Aveni, Anthony F., Horst Hartung, y J. Charles Kelley
1982 Alta Vista (Chalchihuites), astronomical implications of a Mesoamerican ceremonial outpost at the Tropic of Cancer. *American Antiquity* 47 (2): 316-335.
- Aveni, Anthony F., y Robert M. Linsley
1972 Mound J, Monte Alban: Possible Astronomical Orientation. *American Antiquity* 37 (4): 528-531.
- Bachand, Bruce R.
2013 Las fases formativas de Chiapa de Corzo: nueva evidencia e interpretaciones. *Estudios de Cultura Maya* XLII: 11-52.
- Bachand, Bruce R., y Lynne S. Lowe
2011 Chiapa de Corzo y los olmecas. *Arqueología Mexicana* XVIII, núm. 107: 74-83.
- Balkansky, Andrew K.
1998 Urbanism and early state formation in the Huamelulpan valley of southern Mexico. *Latin American Antiquity* 9 (1): 37-67.
- Balkansky, Andrew K., Verónica Pérez Rodríguez, y Stephen A. Kowalewski
2004 Monte Negro and the urban revolution in Oaxaca, Mexico. *Latin American Antiquity* 15 (1): 33-60.
- Baudez, Claude F.
1985 The sun kings at Copan and Quirigua. En: V. M. Fields, ed., *Fifth Palenque Round Table, 1983*, San Francisco: The Pre-Columbian Art Research Institute, pp. 29-37.
- Beals, Ralph L.
1945 *Ethnology of the western Mixe*. University of California Publications in American Archaeology and Ethnology Vol. 42, No. 1. Berkeley – Los Angeles: University of California Press.
- Belmonte Avilés, Juan Antonio, y Michael Hoskin
2002 *Reflejo del cosmos: Atlas de arqueoastronomía en el Mediterráneo antiguo*. Madrid: Equipo Sirius.
- Bernal, Ignacio, y Lorenzo Gamio
1974 *Yagul: El Palacio de los Seis Patios*. Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Bernal, Ignacio, y Arturo Oliveros
1988 *Exploraciones arqueológicas en Dainzú, Oaxaca*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 167).
- Borstein, Joshua A.
2005 Epiclassic political organization in southern Veracruz, Mexico: segmentary versus centralized integration. *Ancient Mesoamerica* 16 (1): 11-21.
- Broda, Johanna
1982 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: 81-110.
1986 Arqueoastronomía y desarrollo de las ciencias en el México prehispánico. En: M. A. Moreno Corral, eds., *Historia de la astronomía en México*, México: Fondo de Cultura Económica (La Ciencia desde México 4), pp. 65-102.
1991 Cosmovisión y observación de la naturaleza: el ejemplo del culto de los cerros en Mesoamérica. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski, y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 461-500.

- 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 Press of Colorado, pp. 253-295.
- 2003 La ritualidad mesoamericana y los procesos de sincretismo y reelaboración simbólica después de la conquista. *Graffylia: Revista de la Facultad de Filosofía y Letras* núm. 2: 14-28.
- Brüggemann, Jürgen K.
1992 *Tajín: Guía oficial*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Brüggemann, Jürgen Kurt, et al.
1991 *Zempoala: El estudio de una ciudad prehispánica*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Brüggemann, Jürgen K., Álvaro Brizuela Absalón, Sara Ladrón de Guevara, Patricia Castillo, Mario Navarrete Hernández, y René Ortega Guevara
1992 *Tajín*. Xalapa: Gobierno del Estado de Veracruz.
- Cahn, Robert, y Marcus Winter
1993 The San José Mogote Danzante. *Indiana* 13: 39-64.
- Castillo Tejero, Noemí
1992 Desarrollo urbano en sitios arqueológicos del estado de Chiapas. En: *Memorias del Primer Congreso Internacional de Mayistas*, vol. 2: 292-304. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Estudios Mayas.
- Coe, Michael D.
1968 San Lorenzo and the Olmec civilization. En: Elizabeth P. Benson, ed., *Dumbarton Oaks Conference on the Olmec*, Washington: Dumbarton Oaks, pp. 41-78.
- Coggins, Clemency
2015 The north celestial pole in ancient Mesoamerica. En: Anne S. Dowd y Susan Milbrath, eds., *Cosmology, calendars, and horizon-based astronomy in ancient Mesoamerica*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 101-137.
- Córdova Tello, Guillermo, y Estela Martínez Mora
2012 La antigua ciudad de Tamtoc. En: Guillermo Córdova Tello, Estela Martínez Mora, y Patricia Olga Hernández Espinoza, coords., *Tamtoc: esbozo de una antigua sociedad urbana*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 17-34.
- Córdova Tello, Guillermo, Estela Martínez Mora, y Patricia Olga Hernández Espinoza
2012 Hacia la comprensión del devenir urbano de Tamtoc. En: Guillermo Córdova Tello, Estela Martínez Mora, y Patricia Olga Hernández Espinoza, eds., *Tamtoc: Esbozo de una antigua sociedad urbana*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 401-412.
- Cortés Hernández, Jaime
1994 "Resumen ejecutivo del Programa Especial FILO-BOBOS: Proyecto Arqueológico, INAH-CNCA, tomo I." México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 29-202).
- Cuevas Ordoñez, Mauricio, y J. Omar Ruíz Gordillo
2012 Los Ídolos: una ciudad de escultores. En: Sergio R. Vásquez Zárate, J. Omar Ruíz Gordillo y Arturo Sánchez y Gándara, eds., *Los Ídolos, Misantla: Biodiversidad y cultura ancestral*, México: Asociación para el Desarrollo Integral de la Región de Misantla, A.C., pp. 111-135.
- Cuevas Reyes, Francisco
2004 "Informe del Proyecto Arqueológico Malpasito, Huimanguillo, Tabasco: Temporada 2004". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 26-119).

- 2005 "Informe del Proyecto Arqueológico Malpasito: Análisis de materiales arqueológicos". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 26-126).
- 2006 "Catálogo de piezas arqueológicas de la región de Malpasito, Huimanguillo, Tabasco". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 26-129).
- Cyphers, Ann
- 1997 ed., *Población, subsistencia y medio ambiente en San Lorenzo Tenochtitlán*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- 2004 *Laguna de los Cerros: una capital del periodo Clásico Terminal en la costa sur del Golfo de México*. Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (<http://www.famsi.org/reports/02095es/index.html>).
- 2007 Surgimiento y decadencia de San Lorenzo, Veracruz. *Arqueología Mexicana* XV, núm. 87: 36-42.
- Cyphers, Ann, y Anna Di Castro
- 2009 Early Olmec architecture and imagery. En: William L. Fash y Leonardo López Luján, eds., *The art of urbanism: How Mesoamerican kingdoms represented themselves in architecture and imagery*, Washington: Dumbarton Oaks, pp. 21-52.
- Daneels, Annick J. E.
- 2008 *Monumental earthen architecture at La Joya, Veracruz, México*. Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (www.famsi.org/reports/07021/index.html).
- 2011 Arquitectura cívico-ceremonial de tierra en la costa del Golfo: el sitio de La Joya y el urbanismo del periodo Clásico. En: Nelly M. Robles García e Ángel Iván Rivera Guzmán, eds., *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria: Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 445-478.
- Dávila Cabrera, Patricio, y Diana Zaragoza Ocaña
- 2002 Tantoc: una ciudad en la Huasteca. *Arqueología Mexicana* IX, núm. 54: 66-69.
- De la Cruz, Víctor
- 2007 *El pensamiento de los binnigula'sa': Cosmovisión, religión y calendario con especial referencia a los binnizá*. México – Santa María Ixcotel: Instituto Nacional de Antropología e Historia – Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) – Casa Juan Pablos – Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca.
- De la Torre Yarza, Rodrigo
- 2008 *Nahuitji copijcha: Una meridiana en Monte Albán*. Oaxaca: Consejo Nacional para la Cultura y Las Artes – Gobierno del Estado de Oaxaca – Fundación Alfredo Harp Helú.
- Diehl, Richard A.
- 2000 The Precolumbian cultures of the Gulf Coast. En: Richard E. W. Adams y Murdo J. Macleod, eds., *The Cambridge history of the native peoples of the Americas, Vol. II: Mesoamerica, Parts 1 & 2*: 156-196. Cambridge: Cambridge University Press.
- Drucker, Philip, Robert F. Heizer, y Robert J. Squier
- 1959 *Excavations at La Venta, Tabasco, 1955*. Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology, Bulletin 170. Washington: Government Printing Office.
- DuBois, Robert L.
- 2008 *Geomagnetic results, secular variation, and archaeomagnetic chronology, United States and Mesoamerica, including archaeomagnetic data and time assignments*. Oklahoma Geological Survey Special Publication 2008-2. Norman: University of Oklahoma.

Espinasa-Pereña, Ramón, y Ruth Diamant

- 2012 Tzinacamóztoc, possible use of a lava tube as a zenithal observatory near Cantona archaeological site, Puebla, Mexico. *Latin American Antiquity* 23 (4): 585-596.

Espíndola, J. M., A. Zamora-Camacho, M. L. Godínez, P. Schaaf, y S. R. Rodríguez

- 2010 The 1793 eruption of San Martín Tuxtla volcano, Veracruz, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 197 (1-4): 188-208.

Fahmel Beyer, Bernd.

- 1991 *La arquitectura de Monte Albán*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- 1992a Nuevos datos sobre el desarrollo arquitectónico-urbano en Monte Albán. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 18: 13-17.
- 1992b La orientación magnética de los edificios de Monte Albán: bosquejo de una interpretación. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 18: 37-42.
- 1992c El complejo de observación cenital en Monte Albán: historia de una institución. En: Víctor Manuel Esponda Jimeno, Sophia Pincemin Deliberos, y Mauricios Rosas Kifuri, eds., *Antropología mesoamericana: Homenaje a Alfonso Villa Rojas*, Tuxtla Gutiérrez: Gobierno del Estado de Chiapas, pp. 529-545.
- 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* núm. 23: 29-40.

Faulseit, Ronald K.

- 2008 *Cerro Danush: an exploration of the Late Classic transition in the Tlacolula Valley, Oaxaca*. Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (<http://www.famsi.org/reports/07056/index.html>).
- 2015 Mountain of sustenance: site organization at Dainzú-Macuixóchtitl and Mesoamerican concepts of space and time. En: Anne S. Dowd y Susan Milbrath, eds., *Cosmology, calendars, and horizon-based astronomy in ancient Mesoamerica*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 77-97.

Fernández Dávila, Enrique

- 2005 La zona arqueológica de San José Mogote, Oaxaca, trabajos recientes. En: Ernesto Vargas Pacheco, ed., *IV Coloquio Pedro Bosch Gimpera, vol. 2: Veracruz Oaxaca y Mayas*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 601-615.

Fernández Dávila, Enrique, y Yuki Hueda Tanabe

- 2008 San José Mogote, Oaxaca: una síntesis de permanencia histórica en proceso de extinción. En: María Teresa Uriarte y Rebecca B. González Lauck, eds., *Olmeca: Balance y perspectivas: Memoria de la Primera Mesa Redonda*, México: Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto Nacional de Antropología e Historia – Universidad Brigham Young, Fundación Arqueológica del Nuevo Mundo, pp. 559-582.

Flannery, Kent V., y Joyce Marcus

- 2003 The origin of war: new 14C dates from ancient Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (20): 11801–11805.

Galindo Trejo, Jesús

- 1994 *Arqueoastronomía en la América antigua*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – Editorial Equipo Sirius.
- 1996 El Templo de las Caritas en Zempoala: interpretación arqueoastronómica. *La Pintura Mural Prehispánica en México: Boletín Informativo* II, núm. 4: 17-19.

- 1999 Alineación astronómica en la Huasteca: el caso de El Consuelo en Tamuín. *Ciencias* 54: 36-40.
- 2001 Alineamientos calendárico-astronómicos en Monte Albán. En: Nelly M. Robles García, ed., *Procesos de cambio y conceptualización del tiempo: Memoria de la Primera Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 269-284.
- 2004a Orientación calendárico-astronómica en Teotihuacan y en El Tajín: alternativas de una misma tradición mesoamericana. En: María Elena Ruiz Gallut y Arturo Pascual Soto, eds., *La costa del Golfo en tiempos teotihuacanos: Propuestas y perspectivas: Memoria de la Segunda mesa Redonda de Teotihuacan*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 369-391.
- 2004b Visiones celeste-calendáricas desde la Costa del Golfo. En: Beatriz de la Fuente, coord., *Muros que hablan: Ensayos sobre la pintura mural prehispánica*, México: El Colegio Nacional, pp. 453-465.
- 2005 Pintura mural y alineación solar en Las Flores, Tampico. *La Pintura Mural Prehispánica en México: Boletín Informativo* XI, núm. 23: 33-38.
- 2008 Calendario y orientación astronómica: una práctica ancestral en la Oaxaca prehispánica. En: Beatriz de la Fuente, ed., *La pintura mural prehispánica en México III: Oaxaca, tomo III: Estudios*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 295-345.
- 2009 Mesoamerican cosmology: recent finds. En: José Alberto Rubiño-Martín, Juan Antonio Belmonte, Francisco Prada, y Antxon Alberdi, eds., *Cosmology across cultures*, Astronomical Society of the Pacific Conference Series 409, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, pp. 253-260.
- 2011 Orientación calendárico-astronómica en el Preclásico: el caso de La Venta. En: J. Daniel Flores Gutiérrez, Margarita Rosado Solís, y José Franco López, eds., *Legado astronómico*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Astronomía, pp. 233-241.
- 2013 La traza urbana de ciudades coloniales en Mexico: ¿una herencia derivada del calendario mesoamericano? *Indiana* 30: 33-50.
- Gallaga, Emiliano
- 2010 El señor de Chiapa. *Lakamha': Boletín informativo del Museo de Sitio y la Zona Arqueológica de Palenque* 10, tercera época, núm. 37: 2-5.
- Gallegos Ruiz, Roberto
- 1978 *El señor 9 Flor en Zaachila*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- García Cook, Ángel
- 2004 Cantona: ubicación temporal y generalidades. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, segunda época, núm. 33: 91-107.
- 2007 Proyecto Arqueológico Cantona. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto López Wario, Óscar J. Polaco, y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 139-144.
- 2009 El Formativo en la mitad norte de la Cuenca de Oriental. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, segunda época, núm. 40: 115-152.
- García Cook, Ángel, y Yadira Martínez Calleja
- 2012 Sistemas de almacenamiento en Cantona, Puebla. En: Séverine Bortot, Dominique Michelet y Véronique Darrás, eds., *Almacenamiento prehispánico del norte de México al altiplano central*, México – Paris: Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos – Laboratoire Archéologie des Amériques, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne – Universidad Autónoma de San Luis Potosí, pp. 91-107.

- García Cook, Ángel, y Beatriz Leonor Merino Carrión
 1998 Cantona: urbe prehispánica en el Altiplano Central de México. *Latin American Antiquity* 9 (3): 191-216.
- García Moll, Roberto
 2003 Sitios arqueológicos de Tabasco. *Arqueología Mexicana* XI, núm. 61: 72-79.
- García-Zambrano, Ángel J.
 1994 Early colonial evidence of pre-Columbian rituals of foundation. En: Virginia M. Fields, ed., *Seventh Palenque Round Table, 1989*, San Francisco: The Pre-Columbian Art Research Institute, pp. 217-227.
- Gaxiola González, Margarita
 1984 *Huamelulpan: Un centro urbano de la Mixteca Alta*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 114).
 1986 La arquitectura mixteca de Huamelulpan. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 7: 71-74.
- Gillespie, Susan D.
 2008 The architectural history of La Venta Complex A: a reconstruction based on the 1955 field records. Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (<http://www.famsi.org/reports/07054/index.html>).
 2011 Archaeological drawings as re-presentations: the maps of Complex A, La Venta, Mexico. *Latin American Antiquity* 22 (1): 3-36.
- Gómez Rueda, Hernando
 1996 *Las Limas, Veracruz, y otros asentamientos prehispánicos de la región olmeca*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 324).
- González Lauck, Rebecca B.
 1997 Acerca de pirámides de tierra y seres sobrenaturales: observaciones preliminares en torno al Edificio C-1, La Venta, Tabasco. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, segunda época, núm. 17: 79-97.
 1998 La Venta, Tabasco. *Arqueología Mexicana* V, núm. 30: 46-49.
 2000 La zona del Golfo en el Preclásico: la etapa olmeca. En: Linda Manzanilla y Leonardo López Luján, eds., *Historia antigua de México, vol. 1: El México antiguo, sus áreas culturales, los orígenes y el horizonte Preclásico*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia – Universidad Nacional Autónoma de México – Ed. Porrúa, pp. 363-406.
 2007 El Complejo A, La Venta, Tabasco. *Arqueología Mexicana* XV, núm. 87: 49-54.
- Grove, David C.
 1999 Public monuments and sacred mountains: observations on three Formative period sacred landscapes. En: David C. Grove y Rosemary A. Joyce, eds., *Social patterns in Pre-Classical Mesoamerica*, Washington: Dumbarton Oaks, pp. 255-299.
 2007 Cerros sagrados olmecas: montañas en la cosmovisión mesoamericana. *Arqueología Mexicana* 15, núm. 87: 30-35.
 s.f. *The Middle Preclassic period paintings of Oxtotitlan, Guerrero*. Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (www.famsi.org/research/grove/index.html).
- Hartung, Horst
 1975 A scheme of probable astronomical projections in Mesoamerican architecture. En: A. F. Aveni, ed., *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, Austin – London: University of Texas Press, pp. 191-204.

- 1980a Arquitectura y planificación entre los antiguos mayas: posibilidades y limitaciones para los estudios astronómicos. En: Anthony F. Aveni, ed., *Astronomía en la América Antigua*, México: Siglo XXI (trad.: L. F. Rodríguez Jorge; orig.: *Native American astronomy*, Austin: University of Texas Press, 1977), pp. 145-167.
- 1980b Signos astronómicos en los códices Bodley y Selden. En: Anthony F. Aveni, ed., *Astronomía en la América Antigua*. México: Siglo XXI (trad.: L. F. Rodríguez Jorge; orig.: *Native American astronomy*, Austin: University of Texas Press, 1977), pp. 62-66.
- 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.
- Hatch, Marion Popenoe
- 1971 An hypothesis on Olmec astronomy, with special reference to the La Venta site. En: *Papers on Olmec and Maya archaeology, Contributions of the University of California Archaeological Research Facility No. 13*: 1-64. Berkeley: University of California.
- Hawkins, Gerald S.
- 1968 Astro-archaeology. *Vistas in Astronomy* 10: 45-88.
- Heredia Barrera, Luis
- 2007 “La arquitectura como indicador de fronteras culturales durante el Clásico Tardío, en la región de Abasco del Valle, en el sur de Veracruz, México”. Tesis de maestría. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- INAH
- 2010 Hipótesis de la traza de El Tajín. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (boletín en línea: <http://hoor.inah.gob.mx/boletin/7-zonas-arqueologicas/4290-hipotesis-de-la-traza-de-el-tajin>).
- Iwaniszewski, Stanislaw
- 1989 Exploring some anthropological theoretical foundations for archaeoastronomy. En: A. F. Aveni, ed., *World archaeoastronomy*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 27-37.
- Izquierdo, Ana Luisa
- 1986 La arquitectura funeraria de Quiahuiztlan. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 8: 3-23.
- Jansen, Maarten E. R. G. N., y G. Aurora Perez
- 1983 The ancient Mexican astronomical apparatus: an iconographical criticism. *Archaeoastronomy: The Journal of the Center for Archaeoastronomy* 6 (1-4): 89-95.
- Joyce, Arthur A.
- 2000 The founding of Monte Albán: sacred propositions and social practices. En: Marcia-Anne Dobres y John E. Robb, eds., *Agency in archaeology*, London - New York: Routledge, pp. 71-91.
- 2009a La Acrópolis de Río Viejo: una biografía de lugar. En: Nelly M. Robles García, ed., *Bases de la complejidad social en Oaxaca: Memoria de la Cuarta Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 529-553.
- 2009b The main plaza of Monte Albán: a life history of place. En: Brenda J. Bowser y María Nieves Zedeño, eds., *The archaeology of meaningful places*, Salt Lake City: The University of Utah Press, pp. 32-52.
- 2010 *Mixtecs, Zapotecs, and Chatinos: Ancient peoples of southern Mexico*. Chichester: Wiley-Blackwell.

- 2011 Monte Albán como encrucijada material y simbólica en la antigua Oaxaca. En: Nelly M. Robles García e Ángel Iván Rivera Guzmán, eds., *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria: Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 47-71.
- Joyce, Arthur A., y Sarah B. Barber
2011 Excavating the acropolis at Río Viejo, Oaxaca, Mexico. *Mexicon* 33 (1): 15-20.
- Joyce, Arthur A., Marc N. Levine, y Sarah B. Barber
2013 Place-making and power in the Terminal Formative: Excavations on Río Viejo's acropolis. En: Arthur A. Joyce, ed., *Polity and ecology in Formative period coastal Oaxaca*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 135-163.
- Katz, Esther
2008 Vapor, aves y serpientes: meteorología en la "Tierra de la Lluvia" (Mixteca Alta, Oaxaca). En: Annamaria Lammel, Marina Goloubinoff, y Esther Katz, eds., *Aires y lluvias: Antropología del clima en México*, Publicaciones de la Casa Chata, México: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social – Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos – Institut de Recherche pour le Développement, pp. 283-322.
- Klein, Cecelia F.
1976 *The face of the earth: Frontality in two-dimensional Mesoamerican art*. New York – London: Garland Publishing Inc.
1980 Who was Tlaloc? *Journal of Latin American Lore* 6 (2): 155-204.
- Köhler, Ulrich
1982 On the significance of the Aztec day sign 'Olin'. En: Franz Tichy, ed., *Space and time in the cosmovision of Mesoamerica*, München: Wilhelm Fink – Universität Erlangen-Nürnberg (Lateinamerika Studien 10), pp. 111-127.
1995 *Chonbilal ch'ulelal - alma vendida: Elementos fundamentales de la cosmología y religión mesoamericanas en una oración en maya-tzotzil*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Koontz, Rex
2009 *Lightning gods and feathered serpents: The public sculpture of El Tajín*. Austin: University of Texas Press.
- Kroefges, Peter C., y Niklas Schulze
2013 El problema del tiempo en los estudios huastecos. *Indiana* 30: 119-141.
- Kuehne Heyder, Nicola, Ángel Castrillon Nales, y Joaquín A. Muñoz Mendoza
1998 *El Consuelo-Tamuín: Arqueoastronomía y marcadores solares en la Huasteca prehispánica*. San Luis Potosí: Fundación "Eduard Seler" – Escuela de Educación Superior en Ciencias Históricas y Antropológicas.
- Kuroda, Etzuko
1993 *Bajo el Zempoaltépetl: La sociedad mixe de las tierras altas y sus rituales*. Oaxaca: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Instituto Oaxaqueño de las Culturas (trad.: X. Avellaneda, A. González y P. Lewin; orig.: *Under Mt. Zempoaltépetl: Highland Mixe society and ritual*, Osaka: National Museum of Ethnology, 1984).
- La Farge II, Oliver, y Douglas Byers
1931 *The Year Bearer's people*. Middle American Research Series Publ. No. 3. New Orleans: The Tulane University of Louisiana.
- Ladrón de Guevara, Sara
1999 *Imagen y pensamiento en El Tajín*. México – Jalapa: Instituto Nacional de Antropología e Historia – Universidad Veracruzana.

- 2010 *El Tajín: La urbe que representa al orbe*. México: Fondo de Cultura Económica – Colegio de México.
- 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* 23: 749-791.
- León, Imelda de
1988 *Calendario de fiestas populares*. México: SEP, Dirección General de Culturas Populares.
- Lind, Michael D.
2001 Lambityeco and the Xoo phase (ca. A.D. 600-800): the elite residences of Mound 195. En: Nelly M. Robles García, ed., *Procesos de cambio y conceptualización del tiempo: Memoria de la Primera Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 111-128.
2011 La religión estatal de Monte Albán y los sacerdotes de Cociyo de Lambityeco. En: Nelly M. Robles García e Ángel Iván Rivera Guzmán, eds., *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria: Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 17-43.
- Lind, Michael, y Javier Urcid
2010 *The lords of Lambityeco: Political evolution in the Valley of Oaxaca during the Xoo phase*. University Press of Colorado.
- Lowe, Gareth W.
1995 Presencia maya en la cerámica del Preclásico Tardío en Chiapa de Corzo. En: *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas 1*: 321-341. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filológicas – Centro de Estudios Mayas.
- Lowe, Lynne
2012 Chiapa de Corzo y su arqueología a la luz de las investigaciones actuales. En: Bárbara Arroyo, Lorena Paiz, y Héctor Mejía, eds., *XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2011*, vol. 1: 285-292. Guatemala: Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia - Asociación Tikal.
- Lunagómez Reyes, Roberto
2004 Arqueología de superficie en el sur de Veracruz: los periodos Clásico Tardío y Terminal. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo, y H. Mejía, eds., *XVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2003*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 305-317.
2005 *Archaeological investigations at Medias Aguas, Veracruz, Mexico*. Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (www.famsi.org/reports/03084/index.html).
- Malmström, Vincent H.
1978 A reconstruction of the chronology of Mesoamerican calendrical systems. *Journal for the History of Astronomy* 9: 105-116.
1997 *Cycles of the Sun, mysteries of the Moon: The calendar in Mesoamerican civilization*. Austin: University of Texas Press.
- Marcus, Joyce
1976 The origins of Mesoamerican writing. *Annual Review of Anthropology* 5 (1): 35-67.
1999 Early architecture in the valley of Oaxaca. En: Jeff Karl Kowalski, ed., *Mesoamerican architecture as a cultural symbol*, New York - Oxford: Oxford University Press, pp. 58-75.

- 2008 *Monte Albán*. México: El Colegio de México – Fondo de Cultura Económica.
- 2009 How Monte Albán represented itself. En: William L. Fash y Leonardo López Luján, eds., *The art of urbanism: How Mesoamerican kingdoms represented themselves in architecture and imagery*, Washington: Dumbarton Oaks, pp. 77-110.
- Marcus, Joyce, y Kent V. Flannery
- 2001 *La civilización zapoteca: Cómo evolucionó la sociedad urbana en el Valle de Oaxaca*. México: Fondo de Cultura Económica.
- 2004 The coevolution of ritual and society: new 14C dates from ancient Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 101 (52): 18257-18261.
- Márquez Rosano, Teresita
- 1994 “Control de cerámica fina y diferencias de estatus en un señorío del Valle de Tehuacán”. Tesis, Universidad de las Américas, Puebla. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 2075).
- Marquina, Ignacio
- 1964 *Arquitectura prehispánica*, 2a. ed. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Matadamas Díaz, Raúl Noé, y Sandra Liliana Ramírez Barrera
- 2010 Copalita y las características de vida de un sitio costero en Oaxaca. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, segunda época, núm. 43: 155-181.
- 2011 Copalita, Huatulco: la transición al periodo Clásico en la Costa de Oaxaca. En: Nelly M. Robles García y Ángel Iván Rivera Guzmán, eds., *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria: Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 391-428.
- Medellín Zenil, Alfonso
- 1952 *Exploraciones en Quauhtochco: Temporada I*. Jalapa: Gobierno del Estado de Veracruz.
- 1960 *Cerámicas del Totonacapán: Exploraciones arqueológicas en el Centro de Veracruz*. Xalapa: Universidad Veracruzana, Facultad de Antropología.
- Meeus, Jean
- 1991 *Astronomical algorithms*. Richmond: Willmann-Bell.
- Meeus, Jean, y Denis Savoie
- 1992 The history of the tropical year. *Journal of the British Astronomical Association* 102 (1): 40-42.
- Melgarejo Vivanco, José Luis
- 1966 *Los calendarios de Zempoala*. Xalapa: Universidad Veracruzana.
- Milbrath, Susan
- 1999 *Star gods of the Maya: Astronomy in art, folklore, and calendars*. Austin: University of Texas Press.
- Molina Feal, Daniel
- 1986 La arquitectura de Yohualichan, Puebla. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 8: 51-62.
- Montero García, Ismael Arturo
- 2014 Primeros apuntes para el estudio arqueoastronómico de Cantona, Puebla. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, segunda época, núm. 48: 123-136.
- Morante López, Rubén Bernardo
- 1993 “Evidencias del conocimiento astronómico en Xochicalco, Morelos”. Tesis de maestría. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.

- 1995 Los observatorios subterráneos. *La palabra y el hombre: Revista de la Universidad Veracruzana* 94: 35-71.
- 2001 Las cámaras astronómicas subterráneas. *Arqueología Mexicana* VIII, núm. 47: 46-51.
- 2010 *La Pirámide de los Nichos de Tajín: Los códigos del tiempo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas – Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- Motolinía, Fray Toribio de Benavente o
- 1971 *Memoriales o libro de las cosas de la Nueva España y de los naturales de ella*, edición de E. O’Gorman. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas.
- Mugarte Moo, José Jacobo
- 2011 “El Palacio de Vega de la Peña: Exploración arqueológica en Filobobos, Veracruz”. Tesis de licenciatura. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Münch Galindo, Guido
- 1983 *Etnología del Istmo Veracruzano*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- 1984 *Zaa Guidxi*, las fiestas del pueblo zapoteco en *Gui si* o Tehuantepec. *Anales de Antropología* 21: 103-136.
- Neurath, Johannes
- 2001 El Cerro del Amanecer y el culto solar huichol. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski, y Arturo Montero, coords., *La montaña en el paisaje ritual*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia – Universidad Autónoma de Puebla – Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 475-488.
- Paddock, John
- 1955 The first three seasons at Yagul. *Mesoamerican Notes* 4: 25-48.
- 1983 *Lord 5 Flower’s family: Rulers of Zaachila and Cuilapan*. Vanderbilt University Publications in Anthropology No. 29. Nashville.
- Parra, Rodolfo
- 1998 Quiahuiztlan: ciudad, cementerio y fortaleza. *Actualidades Arqueológicas* 4, núm. 19-20: 9-10.
- Pascual Soto, Arturo
- 2006 *El Tajín: En busca de los orígenes de una civilización*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas – Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Peeler, Damon E.
- 1989 Un posible origen solar para el calendario ritual mesoamericano de 260 días. *Notas Mesoamericanas* núm. 11: 292-303.
- Peeler, Damon E., y Marcus C. Winter
- 1992 Mesoamerican site orientations and their relationship to the 260-day ritual period. *Notas Mesoamericanas* 14: 37-62.
- 1995 Building J at Monte Alban: a correction and reassessment of the astronomical hypothesis. *Latin American Antiquity* 6 (4): 362-369.
- 2010 *Sol arriba, sol abajo: Astronomía, calendario y arquitectura en Monte Albán y Teotihuacan*, Oaxaca: Centro INAH Oaxaca.

Peterson, David Andrés

1986 La organización funcional del palacio de Cocijoeza en Guiengola, Oaxaca. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 7: 65-69.

1990 Guiengola: fortaleza zapoteca en el Istmo de Tehuantepec. En: Marcus C. Winter, ed., *Lecturas históricas del estado de Oaxaca, tomo I: Época prehispánica*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia – GEO, pp. 455-488.

Piña Chan, Román, y Patricia Castillo Peña

1999 *Tajín: La ciudad del dios Huracán*. México: Fondo de Cultura Económica.

Pool, Christopher A.

2007 *Olmec archaeology and early Mesoamerica*. Cambridge: Cambridge University Press.

Raesfeld, Lydia

1991 Los juegos de pelota de El Tajín. En: Gerard W. van Bussel, Paul L. F. van Dongen, y Ted J. J. Leyenaar, eds., *The Mesoamerican ballgame*, Leiden: Rijksmuseum voor Volkenkunde, pp. 181-187.

Ramírez Castilla, Gustavo A.

2000 *Las Flores: Historia de un sitio arqueológico de la Huasteca tamaulipeca*. Ciudad Victoria: Gobierno del Estado de Tamaulipas – Instituto Tamaulipeco para la Cultura y las Artes.

2009 Arquitectura prehispánica de la Huasteca. En: María Teresa Uriarte, ed., *La arquitectura precolombina en Mesoamérica*. México: Jaca Book – Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 179-199.

Reilly III, F. Kent

1999 Mountains of creation and underworld portals: the ritual function of Olmec architecture at La Venta, Tabasco. En: Jeff Karl Kowalski, ed., *Mesoamerican architecture as a cultural symbol*, New York – Oxford: Oxford University Press, pp. 14-39.

Reina, Ruben E.

1967 Annual cycle and fiesta cycle. En: M. Nash, ed., *Handbook of Middle American Indians*, Vol. 6, Austin: University of Texas Press, pp. 317-332.

Reyman, Jonathan E.

1975 The nature and nurture of archaeoastronomical studies. En: A. F. Aveni, ed., *Archaeoastronomy in pre-Columbian America*, Austin – London: University of Texas Press, pp. 205-215.

Rice, Prudence M.

2007 *Maya calendar origins: Monuments, mythistory, and the materialization of time*. Austin: University of Texas Press.

Rivera Grijalba, Víctor

1986 Algunas consideraciones constructivas sobre la Pirámide de los Nichos en El Tajín. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 8: 68-71.

Robbins, R. Robert

2005 2000 years of continuity in astronomical symbols from Monte Albán to the Aztec stone at Tenochtitlan. En: John W. Fountain y Rolf M. Sinclair, eds., *Current studies in archaeoastronomy: Conversations across time and space: Selected papers from the Fifth Oxford International Conference at Santa Fe, 1996*, Durham: Carolina Academic Press, pp. 289-300.

Robles García, Nelly M.

1986 Problemática urbana de la zona de monumentos de Mitla. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 7: 17-26.

- 2011 coord., "Corredor Arqueológico del Valle de Oaxaca: Proyecto integral para la conservación de los recursos naturales y culturales en el ámbito regional Yagul-Mitla, temporada 2011, tomo I". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 19-448).
- Robles García, Nelly M., y Agustín E. Andrade Cuautle
- 2011 El Proyecto Arqueológico del Conjunto Monumental de Atzompa. En: Nelly M. Robles García y Ángel Iván Rivera Guzmán, eds., *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria: Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 285-313.
- Rodríguez Cabrera, Dionisio
- 2006 La pintura mural de Tamuín, San Luis Potosí. *La Pintura Mural Prehispánica en México: Boletín Informativo XII*, núm. 24-25: 18-26.
- Ruggles, Clive
- 1999 *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*. New Haven – London: Yale University Press.
- 2005 *Ancient astronomy: An encyclopedia of cosmologies and myth*. Santa Barbara: ABC-CLIO.
- Ruiz Gordillo, J. Omar
- 1986 La arquitectura prehispánica de Coyoxquihui. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 8: 63-67.
- 1987 "Cuyuxquihui: Conclusiones preliminares". Tesis. México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- 1992 *Cuyuxquihui, Veracruz: Guía*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- 1997 La investigación y conservación en el Proyecto Yohualichan. En: Sergio Vásquez Zárate, ed., *Memoria del V Foro Anual: "Docencia, Investigación, Extensión y Difusión de la Facultad de Antropología,"* Xalapa: Universidad Veracruzana, pp. 39-42.
- 1999 *Paxil: La conservación en una zona arqueológica de la región de Misantla, Veracruz*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Ruiz Gordillo, J. Omar, y Mauricio Cuevas Ordoñez
- 2012 Plan de manejo del sitio arqueológico Los Ídolos: una propuesta. En: Sergio R. Vásquez Zárate, J. Omar Ruíz Gordillo, y Arturo Sánchez y Gándara, eds., *Los Ídolos, Misantla: Biodiversidad y cultura ancestral*, México: Asociación para el Desarrollo Integral de la Región de Misantla, A.C., pp. 185-208.
- Ruiz Gordillo, J. Omar, y Domingo García García
- 2011 *Cuyuxquihui: Patrimonio cultural y natural del Totonacapan*. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes – Comisión del Bicentenario de la Independencia y Centenario de la Revolución en México – Gobierno del Estado de Veracruz.
- Sánchez Nava, Pedro Francisco, e Ivan Šprajc
- 2011a "Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica: Informe de la temporada 2010". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- 2011b "Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica: Informe de la temporada 2011". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- 2012a "Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica: Informe de la temporada 2012". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.

- 2012b Orientaciones en la arquitectura maya: astronomía, calendario y agricultura. *Arqueología Mexicana* XIX, núm. 118: 46-55.
- 2012c Arquitectura y planeación urbana en Calakmul, Campeche, México: astronomía, calendario y geografía simbólica. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 20, tomo II: 93-110. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- 2013 Significado astronómico de las orientaciones en la arquitectura de Edzná, Campeche, México. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 21, tomo I: 241-256. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- 2015 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (en prensa).
- Sánchez Nava, Pedro Francisco, Ivan Šprajc, y Alejandro Cañas Ortiz
- 2014 "Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica: Informe de la temporada 2013". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- Schaefer, Bradley E.
- 1986 Atmospheric extinction effects on stellar alignments. *Archaeoastronomy* núm. 10 (suplemento a *Journal for the History of Astronomy* 17): S32-S42.
- 1989-1993 Astronomy and the limits of vision. *Archaeoastronomy: The Journal of the Center for Archaeoastronomy* 11: 78-90.
- 2000 New methods and techniques for historical astronomy and archaeoastronomy. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 15: 121-136.
- Schávelzon, Daniel
- 2009 Caballito Blanco Mound O, Oaxaca, Mexico: a new plan. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 22: 131-138.
- 2010 Caballito Blanco, Oaxaca, un estudio del sitio y de su observatorio. *Mexicon* 32 (6): 154-158.
- Sisson B., Edward
- 1991-1992 "Informe al Consejo de Arqueología del INAH sobre la primera Temporada (la primavera y el verano de 1991) de una investigación arqueológica del sitio de Tehuacán Viejo, Municipio de Tehuacán, Puebla". México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Archivo de la Coordinación Nacional de Arqueología (Ref. 20-51).
- Soler Arechalde, Ana Ma.
- 2011 Detailed analysis and improvement of the secular variation curve to Mesoamerica and early times. *Latinmag Letters* 1, special issue (Proceedings Tandil, Argentina), pp. 1-7.
- Solís Olguín, Felipe R.
- 1986 La estructura piramidal de Castillo de Teayo: un edificio en proceso constructivo o un peculiar estilo arquitectónico. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 8: 72-79.
- 2006 La región Huasteca. *Arqueología Mexicana* XIV, núm. 79: 76-83.
- Sosa, John R.
- 1991 Las cuatro esquinas del mundo: un análisis simbólico de la cosmología maya yucateca. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski, y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 193-201.
- Stark, Barbara L.
- 1999 Formal architectural complexes in south-central Veracruz, Mexico: a capital zone? *Journal of Field Archaeology* 26: 197-225.

- 2003 Cerro de las Mesas: social and economic perspectives on a Gulf center. En: William T. Sanders, Alba Guadalupe Mastache, y Robert H. Cobean, eds., *El urbanismo en Mesoamérica / Urbanism in Mesoamerica* Vol. 1, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia – University Park: The Pennsylvania State University, pp. 391-426.
- 2007 Out of Olmec. En: Vernon L. Scarborough y John E. Clark, eds., *The political economy of ancient Mesoamerica: Transformations during the Formative and Classic periods*, Albuquerque: University of New Mexico Press, pp. 47-63.
- Stark, Barbara L., y Lynette Heller
- 1991 Cerro de las Mesas revisited: survey in 1984-1985. En: Barbara L. Stark, ed., *Settlement archaeology of Cerro de las Mesas, Veracruz, Mexico*, University of California Los Angeles Institute of Archaeology Monograph 34, Los Angeles, pp. 1-25.
- Storck H., Karl-Ludwig
- 1979 Orientacion de las redes de poblaciones y terrenos en el valle de Zaachila-Zimatlán (parte sur de los Valles Centrales de Oaxaca). *Comunicaciones Proyecto Puebla-Tlaxcala* 17: 87-92.
- 1980 Die Orientierung von Orts- und Flurgrundrissen im Becken von Oaxaca/Mexiko. En: Hanns-Albert Steger y Jürgen Schneider, eds., *Wirtschaft und gesellschaftliches Bewußtsein in Mexiko seit der Kolonialzeit*, München: Wilhelm Fink – Universität Erlangen-Nürnberg (Lateinamerika Studien 6), pp. 139-163.
- Symonds, Stacey, y Roberto Lunagómez
- 1997 El sistema de asentamientos y el desarrollo de poblaciones en San Lorenzo Tenochtitlán, Veracruz. En: Ann Cyphers, ed., *Población, subsistencia y medio ambiente en San Lorenzo Tenochtitlán*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 119-152.
- Šprajc, Ivan
- 1996a *La estrella de Quetzalcóatl: El planeta Venus en Mesoamérica*. México: Editorial Diana.
- 1996b *Venus, lluvia y maíz: Simbolismo y astronomía en la cosmovisión mesoamericana*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 318).
- 2000a Astronomical alignments at Teotihuacan, Mexico. *Latin American Antiquity* 11 (4): 403-415.
- 2000b Astronomical alignments at the Templo Mayor of Tenochtitlan, Mexico. *Archaeoastronomy* No. 25 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 31): S11-S40.
- 2000c Problema de ajustes del año calendárico mesoamericano al año trópico. *Anales de Antropología* 34: 133-160.
- 2001 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 427).
- 2004 The south-of-east skew of Mesoamerican architectural orientations: astronomy and directional symbolism. En: Maxime Boccas, Johanna Broda, y Gonzalo Pereira, eds., *Etno y arqueoastronomía en las Américas: Memorias del simposio Arq-13 del 51 Congreso Internacional de Americanistas*, Santiago de Chile, pp. 161-176.
- 2005 More on Mesoamerican cosmology and city plans. *Latin American Antiquity* 16 (2): 209-216.
- 2015 Astronomical correlates of architecture and landscape in Mesoamerica. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 715-728.
- Šprajc, Ivan, Carlos Morales-Aguilar, y Richard D. Hansen
- 2009 Early Maya astronomy and urban planning at El Mirador, Peten, Guatemala. *Anthropological Notebooks* 15 (3): 79-101.

Šprajc, Ivan, Heinz-Dieter Richter, y Pedro Francisco Sánchez Nava

- 2013 El tiempo registrado en el espacio urbano: alineamientos astronómicos en la arquitectura de Tikal, Petén, Guatemala. En: Bárbara Arroyo y Luis Méndez Salinas, eds., *XXVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, vol. 2: 1065-1078. Guatemala: Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia – Asociación Tikal.

Šprajc, Ivan, y Pedro Francisco Sánchez Nava

- 2012 Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas: nuevos datos e interpretaciones. En: Bárbara Arroyo, Lorena Paiz y Héctor Mejía, eds., *XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, vol. 2: 977-996. Guatemala: Instituto de Antropología e Historia – Asociación Tikal.
- 2013a Equinoxes in Mesoamerican architectural alignments: prehispanic reality or modern myth? En: Ivan Šprajc y Peter Pehani, eds., *Ancient cosmologies and modern prophets: Proceedings of the 20th Conference of the European Society for Astronomy in Culture*, Anthropological Notebooks XIX, supplement, Ljubljana: Slovene Anthropological Society, pp. 319-337.
- 2013b Astronomía en la arquitectura de Chichén Itzá: una reevaluación. *Estudios de Cultura Maya* XLI: 31-60.

Taladoire, Eric

- 1979 Orientation of ball-courts in Mesoamerica. *Archaeoastronomy: The Bulletin of the Center for Archaeoastronomy* 2 (4): 12-13.
- 1981 *Les terrains de jeu de balle (Mésoamérique et Sud-ouest des Etats-Unis)*. México: Misión Arqueológica y Etnológica Francesa en México (Etudes Mésoaméricaines - Serie II, 4).

Tate, Carolyn

- 1999 Patrons of shamanic power: La Venta's supernatural entities in light of Mixe beliefs. *Ancient Mesoamerica* 10 (2): 169-188.

Tedlock, Barbara

- 1985 Hawks, meteorology and astronomy in Quiché-Maya agriculture. *Archaeoastronomy: The Journal of the Center for Archaeoastronomy* 8: 80-88.
- 1991 La dialéctica de la agronomía y astronomía maya-quichés. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski, y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 179-192.

Thom, A.

- 1971 *Megalithic lunar observatories*. Oxford: Oxford University Press.

Tichy, Franz

- 1991 *Die geordnete Welt indianischer Völker*. Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft 21. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Urcid S., Javier

- 2011 Los oráculos y la guerra: el papel de las narrativas pictóricas en el desarrollo temprano de Monte Albán (500 a.C.-200 d.C.). En: Nelly M. Robles García y Ángel Iván Rivera Guzmán, eds., *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria: Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 163-237.

Urcid, Javier, y Arthur A. Joyce

- 1999 Monumentos grabados y nombres calendáricos: los antiguos gobernantes de Río Viejo, Oaxaca. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, segunda época 22: 17-39.

- 2001 Carved monuments and calendrical names: the rulers of Río Viejo, Oaxaca. *Ancient Mesoamerica* 12 (2): 199–216.
- Vásquez Zárate, Sergio R.
2012 Una propuesta sobre el significado de las esferas de piedra. En: Sergio R. Vásquez Zárate, J. Omar Ruíz Gordillo, y Arturo Sánchez y Gándara, eds., *Los Ídolos, Misantla: Biodiversidad y cultura ancestral*, México: Asociación para el Desarrollo Integral de la Región de Misantla, A.C., pp. 163-184.
- Villa Rojas, Alfonso
1986 Apéndice 1: Los conceptos de espacio y tiempo entre los grupos mayances contemporáneos. En: Miguel León-Portilla, *Tiempo y realidad en el pensamiento maya*, 2a. ed., México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 119-167.
- Villalobos Pérez, Alejandro
1986 Aproximaciones al desarrollo urbano por fechamiento de sistemas constructivos, segunda parte: El Tajín, Veracruz. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 8: 36-47.
- Vogt, Evon Z.
1997 Zinacanteco astronomy. *Mexicon* 19 (6): 110-117.
- Whittaker, Gordon
1983 The structure of the Zapotec calendar. En: Anthony F. Aveni y Gordon Brotherston, eds., *Calendars in Mesoamerica and Peru: Native American computations of time*, BAR International Series 174, Oxford, pp. 101-133.
- Wilkerson, S. Jeffrey K.
1999 Classic Veracruz architecture: cultural symbolism in time and space. En: Jeff Karl Kowalski, ed., *Mesoamerican architecture as a cultural symbol*, New York – Oxford: Oxford University Press, pp. 110-139.
- Winter, Marcus C.
1986a Templo-patio-adoratorio: un conjunto arquitectónico no-residencial en el Oaxaca prehispánico. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 7: 51-59.
1986b Unidades habitacionales prehispánicas de Oaxaca. En: Linda Manzanilla, ed., *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 325-374.
2001 Palacios, templos y 1.300 años de vida urbana en Monte Albán. En: Andrés Ciudad Ruiz, Ma. Josefa Iglesias Ponce de León, y Ma. del Carmen Martínez Martínez, eds., *Reconstruyendo la ciudad maya: El urbanismo en las sociedades antiguas*, Publicaciones de la S.E.E.M. 6, Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas, pp. 277-301.
2004 *Oaxaca: The archaeological record*. Oaxaca: Carteles Editores.
2011 Social memory and the origins of Monte Alban. *Ancient Mesoamerica* 22 (2): 393-409.
- Winter, Marcus, y Miguel Bartolomé
2001 Tiempo y espacio en Monte Albán: la construcción de una identidad compartida. En: Nelly M. Robles García, ed., *Memoria de la Primera Mesa Redonda de Monte Albán: Procesos de cambio y conceptualización del tiempo*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 60-72.
- Young, Andrew T.
2004 Sunset science IV: low-altitude refraction. *The Astronomical Journal* 127: 3622-3637.

Zamora Camacho, Araceli

- 2007 "Estudio vulcanológico del área del Volcán San Martín Tuxtla, Veracruz, México". Tesis de doctorado. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geofísica (<http://www.minas.upm.es/fundacion/jgs/images/pdf/otros/2008/AZamora.pdf>).

Zaragoza Ocaña, Diana

- 2003 *Tamohi, su pintura mural*. México: Gobierno del Estado de Tamaulipas – Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- 2007 La arquitectura de Tamohi. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología*, segunda época, núm. 36: 71-92.
- 2013 *Tamohi, ciudad prehispánica de la Huasteca*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Zaragoza Ocaña, Diana, y Patricio Dávila Cabrera

- 2004 Dos antiguas ciudades indígenas de la Huasteca potosina: Tantoc y Tamohi. En: Jesús Ruvalcaba Mercado, Juan Manuel Pérez Zevallos, y Octavio Herrera, coords., *La Huasteca, un recorrido por su diversidad*, México: CIESAS – El Colegio de San Luis A.C. – El Colegio de Tamaulipas, pp. 193-214.
- 2006 Tamohi, San Luis Potosí. *Arqueología Mexicana* XIV, núm. 79: 40-45.

Zeilik, Michael

- 1985 The ethnoastronomy of the historic Pueblos, I: Calendrical Sun watching. *Archaeoastronomy* No. 8 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 16): S1-S24.
- 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.

La serie *Prostor, kraj, čas* (Espacio, lugar, tiempo) tiene como objetivo la publicación de los estudios temáticos enfocados en diversos aspectos de la investigación del espacio y del tiempo, tanto en las técnicas contemporáneas de percepción remota y los Sistemas de Información Geográfica como en las cuestiones acerca de cómo el espacio y el tiempo son percibidos, imaginados, usados y recreados por las sociedades en diferentes épocas y lugares.

Editores de la serie: Nataša Gregorič Bon y Žiga Kokalj, ZRC SAZU

ORIENTACIONES ASTRONÓMICAS EN LA ARQUITECTURA DE MESOAMÉRICA

Oaxaca y el Golfo de México

Ivan Šprajc

Arqueólogo, Doctor en Antropología por la Universidad Nacional Autónoma de México, investigador del Centro de Investigaciones de la Academia Eslovena de Ciencias y Artes. Dedicándose especialmente a la arqueoastronomía de Mesoamérica, ha estudiado los conceptos sobre el planeta Venus y el significado astronómico de las orientaciones en la arquitectura. En el campo de la arqueología maya, su otro foco de interés, ha dirigido nueve temporadas de reconocimiento arqueológico en el sureste de Campeche, México.

Pedro Francisco Sánchez Nava

Arqueólogo, Doctor en Antropología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, investigador del Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, actualmente Coordinador Nacional de Arqueología. Además de ocupar distintos cargos administrativos, ha fungido como responsable y participante de numerosos proyectos de investigación y salvamento arqueológico. Uno de los principales focos de su interés y actividad profesional ha sido el registro y la conservación del patrimonio arqueológico mesoamericano, tanto los aspectos legales como las estrategias específicas relacionadas con el saqueo, tráfico y coleccionismo de bienes arqueológicos.