

ORIENTACIONES ASTRONÓMICAS

en la arquitectura maya
de las tierras bajas

Pedro Francisco Sánchez Nava e Ivan Šprajc



INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

COLECCIÓN ARQUEOLOGÍA

•

SERIE LOGOS

ORIENTACIONES ASTRONÓMICAS
EN LA ARQUITECTURA MAYA DE LAS TIERRAS BAJAS

Pedro Francisco Sánchez Nava
Ivan Šprajc

Sánchez Nava, Pedro Francisco.

Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas / Pedro Francisco Sánchez Nava, Ivan Šprajc. – México : Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2015. 264 p. : fotos; 23 x 16.5 cm. – (Colección Arqueología / Serie Logos)

ISBN: 978-607-484-727-7

1. Arqueoastronomía – Yucatán. 2. Arqueoastronomía – Quintana Roo.
3. Arqueoastronomía – Campeche. 4. Arqueoastronomía – Chiapas. 5. Arqueoastronomía – Guatemala. 6. Astronomía maya – Observaciones. I. Šprajc, Ivan, coaut. II. t. III. Serie.

LC GN799.A8 / M39 / S36 / 2015

Primera edición: 2015

Diseño de portada: Xanath Lara Embriz

D.R. © Instituto Nacional de Antropología e Historia
Córdoba 45, Col. Roma, C.P. 06700, México, D.F.
sub_fomento.cncpbs@inah.gob.mx

ISBN: 978-607-484-727-7

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, la fotocopia o la grabación, sin la previa autorización por escrito de los titulares de los derechos de esta edición.

Impreso y hecho en México

ÍNDICE

Lista de figuras y tablas	11
Agradecimientos	15
1. Introducción	17
2. Metodología	23
2.1. Selección de las orientaciones	23
2.2. Medición de las orientaciones	26
2.3. Procedimientos de cálculo	29
2.4. Análisis e interpretaciones	31
3. Análisis de los datos	33
3.1. Azimuts	34
3.2. Declinaciones	47
3.3. Orientaciones solares: fechas e intervalos	69
3.4. Resumen	87
4. Interpretación: uso práctico y significado simbólico de las orientaciones	89
4.1. Orientaciones solares	89
4.2. Orientaciones venusinas	105
4.3. Orientaciones lunares	106
4.4. Técnicas de observación	109
5. Comentarios sobre los sitios y orientaciones particulares	113
Acanceh, Yucatán, México	114
Acanmul, Campeche, México	114
Aké, Yucatán, México	114
Akumal, Quintana Roo, México	115
Altar de los Reyes, Campeche, México	115
Arrecife, Quintana Roo, México	115
Balakbal, Campeche, México	115
Balamkú, Campeche, México	116

Becán, Campeche, México	116
Bonampak, Chiapas, México	118
Buena Vista, Quintana Roo, México	119
Calakmul, Campeche, México	119
Calica (Rancho Ina), Quintana Roo, México	126
Castillo Real, Quintana Roo, México	127
Chacchoben, Quintana Roo, México	127
Chakanbakan, Quintana Roo, México	128
Champerico, Campeche, México	128
Chen Ho, Yucatán, México	128
Cheyokolnah, Campeche, México	129
Chicaanticaanal, Campeche, México	129
Chicanná, Campeche, México	129
Chichén Itzá, Yucatán, México	130
Chinikihá, Chiapas, México	136
Cobá, Quintana Roo, México	137
Comalcalco, Tabasco, México	137
Dzibanché, Quintana Roo, México	138
Dzibilchaltún, Yucatán, México	140
Dzibilnocac, Campeche, México	144
Edzná, Campeche, México	144
Ek' Balam, Yucatán, México	149
El Caracol, Quintana Roo, México	149
El Cedral, Quintana Roo, México	152
El Gallinero, Campeche, México	153
El Meco, Quintana Roo, México	153
El Mirador, Petén, Guatemala	154
El Rey, Quintana Roo, México	155
El Tigre, Campeche, México	156
Hochob, Campeche, México	157
Hormiguero, Campeche, México	158
Ichkabal, Quintana Roo, México	158
Izamal, Yucatán, México	158
Jaina, Campeche, México	159
Janán I, Quintana Roo, México	159
Kabah, Yucatán, México	159
Kohunlich, Quintana Roo, México	160
La Blanca, Petén, Guatemala	160
La Expedición, Quintana Roo, México	161
La Palma, Quintana Roo, México	164
Labná, Yucatán, México	164
Lacanhá, Chiapas, México	164
Las Delicias, Campeche, México	165

Limones, Quintana Roo, México	165
Mayapán, Yucatán, México	165
Muyil, Quintana Roo, México	167
Nadzcaan, Campeche, México	167
Nakbe, Petén, Guatemala	168
Nuevo Chetumal, Chiapas, México	168
Oxkintok, Yucatán, México	168
Oxtankah, Quintana Roo, México	170
Palenque, Chiapas, México	171
Plan de Ayutla, Chiapas, México	175
Pomoná, Tabasco, México	176
Poxilá, Yucatán, México	176
Río Bec, Campeche, México	176
Sabana Piletas, Campeche, México	177
San Claudio, Tabasco, México	177
San Gervasio, Quintana Roo, México	177
Santa Rosa Xtampak, Campeche, México	184
Sayil, Yucatán, México	185
Tabasqueño, Campeche, México	185
Tancah, Quintana Roo, México	186
Tikal, Petén, Guatemala	187
Tipikal, Yucatán, México	199
Toniná, Chiapas, México	200
Tulum, Quintana Roo, México	200
Uitzilná, Campeche, México	206
Uxmal, Yucatán, México	206
Uxul, Campeche, México	209
Xamán Susulá, Yucatán, México	210
Xcalumkín, Campeche, México	210
Xcambó, Yucatán, México	210
Xcaret, Quintana Roo, México	211
Xelhá, Quintana Roo, México	211
Xlapak, Yucatán, México	211
Xpuhil-I, Campeche, México	212
Yaxchilán, Chiapas, México	212
Yaxnohcah, Campeche, México	213
6. Conclusiones	215
Bibliografía	223

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

- Figura 1. Distribución de frecuencias de los azimuts norte-sur y este-oeste de todas las orientaciones medidas.
- Figura 2. Distribución de frecuencias de las declinaciones norte y sur.
- Figura 3. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste.
- Figura 4. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste: todas.
- Figura 5. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste por periodos principales.
- Figura 6. Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones este y oeste.
- Figura 7. Distribución de frecuencias de las diferencias (en grados anotados en la escala horizontal) entre las latitudes geográficas y los valores absolutos de las declinaciones este (δ_E) y oeste (δ_W) registradas por las orientaciones analizadas (sólo se consideraron las declinaciones dentro del ángulo solar).
- Figura 8. Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones lunares este y oeste.
- Figura 9. Distribución de frecuencias relativas de las fechas registradas por las orientaciones en los horizontes este y oeste.
- Figura 10. Distribución de frecuencias relativas de los intervalos que separan las fechas este y oeste.
- Figura 11. Distribución de frecuencias de los intervalos este y oeste.
- Figura 12. Distribución de frecuencias de los intervalos que separan las fechas del primer paso anual del Sol por el cenit local y las fechas más cercanas registradas por las orientaciones en el horizonte oriente (arriba) y poniente (abajo). Los intervalos que corresponden a los edificios en los Grupos E están marcados en color negro.
- Figura 13. Becán, Estructura I, salida del Sol a lo largo de la fachada sur el 30 de octubre de 2014. Nótese que la fotografía fue tomada apenas cuando el Sol, tapado por las nubes en los momentos de su orto, alcanzó una altura considerable, por lo que se encuentra ligeramente a la derecha (hacia el sur) de la dirección marcada por la fachada. Foto: Mauricio Marat, INAH.
- Figura 14. Calakmul, Estructura II, puesta del Sol observada el 9 de abril de

- 2011 a lo largo del paramento norte del edificio superior. Nótese que el disco solar se encuentra ligeramente a la izquierda (hacia el sur) del alineamiento, porque la fecha de alineación exacta fue el 10 de abril. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 15. Calakmul, Estructura I, vista hacia el sur a lo largo de la fachada poniente del santuario superior; nótese la alineación hacia la pirámide Danta de El Mirador (mejor discernible en la parte magnificada a la derecha). Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 16. Calakmul, Estructura I, vista hacia el norte a lo largo de la fachada poniente del santuario superior; sobre el cerro en el horizonte se ubica el grupo Bu-1 del sitio arqueológico de Buenfil. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 17. Calakmul, Estructura II, vista hacia el norte a través de la entrada central de la Estructura II-B, construida sobre el nivel intermedio del basamento; nótese la Estructura VII y el cerro al fondo, ambos ubicados a lo largo del eje de simetría de la entrada. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 18. Calakmul, Estructura II, vista hacia el oriente a lo largo del paramento norte del edificio en la parte más alta, alineado hacia el cerro al fondo. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 19. Croquis del sitio arqueológico Chanarturo. Ilustración: Ivan Šprajc.
- Figura 20. Chichén Itzá, El Castillo, puesta del Sol a lo largo de la fachada norte del santuario superior el 21 de mayo de 2011. Nótese que el disco solar se encuentra ligeramente a la derecha (al norte) de la fachada, porque la fecha exacta de la alineación fue el 20 de mayo. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 21. Chichén Itzá, Osario, salida del Sol el 6 de noviembre de 2014, observada a lo largo del eje de simetría del edificio superior. Foto: Héctor Montaña, INAH.
- Figura 22. Chichén Itzá, Templo Superior de los Jaguares, puesta del Sol el 7 de mayo de 2011. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 23. Chichén Itzá, Templo de los Guerreros, puesta del Sol el 13 de mayo de 2011. Foto: Ricardo Náfate, Zona Arqueológica de Chichén Itzá.
- Figura 24. Dzibilchaltún, Templo de las Siete Muñecas, vista hacia el poniente a lo largo del eje de simetría de las entradas poniente, con la Estructura 7, la Estela 3 y el Sacbé 1 al fondo. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 25. Edzná, Edificio de los Cinco Pisos; vista hacia el oriente a lo largo del eje de simetría del santuario superior. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 26. Plano del Edificio de los Cinco Pisos de Edzná (según Andrews 1984: 106, fig. 6), con los ejes de simetría de sus distintas etapas constructivas.
- Figura 27. El Caracol, Estructuras C1-1-a y (al fondo) C1-2a, vista hacia el sureste. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 28. El Caracol, Estructura C1-1-a, vista hacia el poniente a través de la entrada oriente de la etapa tardía y las entradas oriente y poniente de la etapa temprana. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 29. Alineamiento de la Estructura C1-1-a de El Caracol hacia el islote en el mar (imagen de satélite: Google Earth; <http://www.google.com/earth/>).
- Figura 30. El Tigre, vista hacia el poniente desde la Estructura 4, a lo largo del

- alineamiento que conforma con el montículo principal de la Estructura 3 y la Estructura 2 (al fondo). Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 31. La Expedición, Estructura C25-1-a, parte frontal, vista hacia el sur. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 32. La Expedición, Estructura C25-1-a, muro lateral noreste con parte del muro medial, vista hacia el este. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 33. La Expedición, Estructura C25-1-c, restos de la fachada, vista hacia el oeste. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 34. La Expedición, Estructura C25-1-c, restos de la fachada, vista desde el interior del edificio hacia el sureste. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 35. Oxkintok, Estructura CA-14, cuarto superior, vista hacia el poniente (a) y el oriente (b). Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 36. Oxkintok, Estructura CA-14, puesta del Sol el 23 de marzo de 2011. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 37. Palenque, vista desde la parte superior del Templo de la Cruz hacia el poniente, a lo largo de la fachada norte del Templo de las Inscripciones. Nótese que el santuario superior del Templo de las Inscripciones queda por debajo del punto de observación y considerablemente por debajo de la línea del horizonte (cerro) al fondo. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 38. San Gervasio, Estructura 41-a (Ka'na Nah), juego de luz y sombra en la pared poniente del muro divisorio interior del santuario superior, al ponerse el Sol el 3 de julio de 2009. Nótese que la franja iluminada del lado izquierdo del vano central es considerablemente más ancha que la del lado derecho, debido a que la foto fue tomada 12 días después del solsticio de verano y, además, casi 20 minutos antes de la puesta del Sol. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 39. San Gervasio, plano del Grupo El Ramonal (según Azcárate y Ramírez 2000: fig. 3), con los alineamientos discutidos en el texto.
- Figura 40. Tikal, vista desde el santuario del Templo IV hacia el oriente, con los Templos I, II y III. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 41. Tikal, el Sol saliente sobre la crestería del Templo I, observando desde la entrada al santuario superior del Templo III, el 21 de septiembre de 2011. Foto: Dieter Richter.
- Figura 42. Tikal, el Sol sobre la crestería del Templo III, observando desde la entrada al santuario superior del Templo I, en la tarde del 21 de septiembre de 2011. Foto: Dieter Richter.
- Figura 43. Toniná, Estructura D5-2 (Templo I), vista hacia el oriente a lo largo de un paramento en la parte superior; nótese la alineación hacia el cerro en el horizonte. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 44. Tulum, El Castillo, puesta solar a lo largo del eje de simetría del santuario superior, el 20 de mayo de 2011. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 45. Tulum, Estructura 25, fachada oriente; nótese el orificio en el muro interior del cuarto con columnas. Foto: Ivan Šprajc.
- Figura 46. Tulum, Estructura 25, vista hacia el poniente a través de los orificios en los muros oriente y poniente de la antesala sur; nótese la altura del agu-

jero poniente respecto al segmento de la muralla visible al fondo a la izquierda. Foto: Ivan Šprajc.

Figura 47. Tulum, Estructura 29, vista hacia el noroeste. Foto: Ivan Šprajc.

Figura 48. Tulum, fachada poniente de la Estructura 25, viendo desde la escalinata de la Estructura 29 hacia el oriente. Foto: Ivan Šprajc.

Figura 49. Tulum, pequeña escalinata ubicada en el brazo poniente de la muralla a lo largo de la alineación de los orificios de la Estructura 25; vista hacia el noroeste. Foto: Ivan Šprajc.

Figura 50. Tulum, Casa del Cenote, salida del Sol el 12 de noviembre de 2014, observada a lo largo del eje de simetría del edificio. Foto: Mauricio Marat, INAH.

Tabla 1. Datos sobre las orientaciones arquitectónicas en el área de estudio.

Tabla 2. Orientaciones que probablemente registraban las salidas y puestas del Sol en los solsticios.

Tabla 3. Orientaciones posiblemente relacionadas con los extremos máximos de Venus.

Tabla 4. Orientaciones posiblemente relacionadas con los extremos lunares mayores.

Tabla 5. Orientaciones posiblemente relacionadas con los extremos lunares menores.

Tabla 6. Orientaciones que podrían referirse a la salida o puesta de la estrella Fomalhaut (α PsA). En el cálculo de las declinaciones listadas en esta tabla se consideró el ángulo de extinción de 4° .

Tabla 7. Datos sobre los grupos de orientaciones indicados por los intervalos.

Tabla 8. Datos sobre las orientaciones del Grupo 1.

Tabla 9. Datos sobre las orientaciones del Grupo 2.

Tabla 10. Datos sobre las orientaciones del Grupo 3.

Tabla 11. Datos sobre las orientaciones del Grupo 8.

Tabla 12. Esquema de un posible calendario observacional de Becán.

Tabla 13. Esquema de un posible calendario observacional de Chichén Itzá.

Tabla 14. Esquemas de dos posibles calendarios observacionales de Dzibanché.

Tabla 15. Esquema de un posible calendario observacional de Dzibilchaltún.

Tabla 16. Esquema de un posible calendario observacional de Edzná.

Tabla 17. Esquema de un posible calendario observacional de Izamal.

Tabla 18. Esquema de un posible calendario observacional de Mayapán.

Tabla 19. Esquema de un posible calendario observacional de Muyil.

Tabla 20. Esquema de un posible calendario observacional de Oxtankah.

Tabla 21. Esquema del posible calendario observacional de Pomoná.

Tabla 22. Esquema del posible calendario observacional de San Gervasio.

Tabla 23. Esquemas de tres posibles calendarios observacionales de Tikal.

AGRADECIMIENTOS

La gran parte de la información que dio como resultado el presente estudio fue obtenida en las temporadas 2010 y 2011 del proyecto “Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica”. En primera instancia nuestro agradecimiento a la empresa FBC Datec y a sus dueños, la Sra. Ma. de Lourdes Camarena Martínez y el Lic. Luis Arturo Fonseca Camarena, ya que sin el financiamiento otorgado este proyecto no podría haberse llevado a cabo.

Agradecemos al Consejo de Arqueología en lo general y a quien lo presidía, la Dra. Nelly M. Robles García, por la expedita autorización para dar inicio a esta etapa del proyecto, al Arqlgo. Salvador Guilliem, entonces coordinador nacional de Arqueología, por su apoyo en la gestión del proyecto y en el expedito flujo de los recursos; a nuestros colegas y amigos Ernesto Rodríguez Sánchez y Susana Lam, director y subdirectora de Salvamento Arqueológico, y a Silvia Meza Dávila y Rubén Escartín Adam, homólogos de los anteriores en el Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas, por su apoyo, préstamo de equipo y facilidades para reproducir información de sus acervos; al Lic. Enrique Álvarez Tostado, director de lo Consultivo de la Coordinación Nacional de Asuntos Jurídicos del INAH, por los valiosos asesoramientos para la integración de los convenios que fue necesario realizar para los fines de nuestro proyecto, a José Ramírez (Pepe), responsable del Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, por hacernos asequibles datos fundamentales para nuestros fines, amén de la reproducción de planos. Asimismo agradecemos a la Arqlga. Adriana Velázquez Morlet, directora del Centro INAH Quintana Roo; a la M.C. Lirio G. Suárez Améndola, directora del Centro INAH Campeche, al Arqlgo. David Aceves y al antropólogo Eduardo López Calzada, directores en turno del Centro INAH Yucatán, al Dr. Emiliano Gallaga Murrieta, director del Centro INAH Chiapas, ya que gracias a sus buenos oficios pudimos tener acceso a las diversas zonas arqueológicas, muchas veces en horarios fuera de los establecidos para la visita pública, pero indispensables para que nuestras mediciones pudieran ser útiles.

Trabajando en campo contamos con apoyos brindados por los responsables de diversas zonas arqueológicas, particularmente por la Lic. Elizabeth Flores Torruco y el Arq. Ricardo Náfate (Chichén Itzá), Silvia Incháurregui, Nicolás Guevara y Darwin Carabeo (Tulum), C.P. Julisa Camacho y el capitán Jorge Guadalupe Vázquez (Toniná), los custodios Luis León (Xcaret), Fernando Navarro (Toniná), William y Víctor (Oxkintok), D. Miguel (Lacanhá), así como el Arq. Miguel Ocampo (San Miguelito) y el Biol. Jesús González Vidal (Calica).

De forma muy especial queremos agradecer el desinteresado apoyo de los siguientes colegas arqueólogos e investigadores, ya que gracias a sus valiosos comentarios nos fue menos difícil y más provechosa la investigación realizada: Ma. Eugenia Romero, Enrique Nalda (q.e.p.d.), Sandra Balanzario, Rocío González de la Mata, Hortensia de Vega Nova, Fernando Cortés de Brasdefer, Enrique Terrones, José Manuel Ochoa, Mónica López Portillo, María José Con Uribe (*Chapis*), Antonio Benavides, Sara Novelo, Vicente Suárez, José Huchim Herrera, Rubén Maldonado, Peter Schmidt, Alfredo Barrera, Eunice Uc, Beatriz Quintal Suaste, Leticia Vargas de la Peña, Víctor Castillo, Carlos Peraza, Fernando Robles, Tomás Gallareta, Rafael Burgos, Diana Trejo, Daniel Ayala, William Ringle, José Luis Romero, Ricardo Armijo, Benito Venegas, Ákira Kaneko, Alejandro Tovalín, Luis Alberto Martos, Carlos Varela, Rodrigo Liendo, Arianna Campiani, Esteban Mirón, Nicoletta Maestri y Atasta Flores Esquivel.

En la isla de Cozumel fue invaluable la intervención del Lic. Federico Ruiz y los apoyos de Rita Sheese, don Carlos Vivas *Cotita* y de sus trabajadores Filemón y Fernando.

La investigación en Tikal, en la que fue decisiva la colaboración del Arq. Dieter Richter, se llevó a cabo en 2011 con el permiso del Instituto de Antropología e Historia (IDAEH) del Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala. Queremos agradecer, de manera especial, los apoyos del Mtro. Erik Ponciano, entonces director del IDAEH, y a la administración del Parque Nacional Tikal, particularmente a Elmer Tun, Fredy Sosa y Álvaro Jacobo. Asimismo agradecemos la información y ayuda concreta que recibimos de los colegas Oswaldo Gómez, Manuel May Castillo, Alexander Urízar, Jorge Alvarado, Gustavo Ballona, Marcos Martínez, Leopoldo González, Raúl Noriega y Markus Eberl.

Las mediciones en La Blanca, Guatemala, se hicieron con el apoyo del Arq. Manuel May Castillo, mientras que los trabajos en El Mirador y Nakbé, Guatemala, fueron posibles gracias a la invitación del Dr. Richard D. Hansen, director del Proyecto Cuenca Mirador.

A todos los mencionados les queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento, ofreciendo una disculpa por los infaltables e involuntarios olvidos u omisiones.

1. INTRODUCCIÓN

La antigüedad de la astronomía y su importancia atestiguada en todas las civilizaciones remotas puede explicarse en términos de su utilidad práctica. Los polos celestes y las direcciones en las que los cuerpos celestes salen y se ponen representan referencias básicas para orientarse en el espacio, mientras que los movimientos cíclicos de los astros permiten la orientación en el tiempo. Además, diversos cambios cíclicos observables en el cielo coinciden con los cambios estacionales en la naturaleza, pero la periodicidad de los eventos celestes es mucho más estable y exacta, por lo que, al observar estas regularidades, las sociedades antiguas pudieron predecir los cambios anuales en su entorno y regular sus actividades en el tiempo. Por consiguiente, las observaciones astronómicas llegaron a ser particularmente necesarias con el surgimiento de la agricultura. Debido a que esta forma de subsistencia requiere una eficaz programación de las labores en el ciclo anual, el saber astronómico ofrecía ventajas adaptativas a las sociedades que contaban con mejores especialistas en la materia y, por lo tanto, adquirió gran importancia en los estados tempranos, haciendo más eficientes las estrategias de subsistencia, lo que contribuyó a la legitimación del poder de la clase gobernante.

Las observaciones astronómicas resultaron, por una parte, en un corpus de conocimientos exactos y útiles en términos prácticos. Por otra parte, debido al paralelismo observado, ya desde épocas remotas, entre el movimiento de los cuerpos celestes y la alternancia de los cambios estacionales en la naturaleza, y porque los intervalos entre los fenómenos astronómicos recurrentes son mucho más constantes que los que separan otros eventos cíclicos en el medio ambiente, el orden celeste, aparentemente inmutable y perfecto, llegó a considerarse superior al orden terrenal y humano. Esta noción debe haber sido la causa principal de la divinización de los astros, resultando en una gran variedad de mitos y creencias según las cuales los acontecimientos en el cielo condicionaban las transformaciones estacionales en la naturaleza. Tanto los conocimientos correctos como los conceptos que hoy calificaríamos como creencias integraban

la cosmovisión que, con el surgimiento de las sociedades complejas, fue incorporada a la ideología del estrato gobernante, reflejándose también en la configuración del paisaje cultural, incluyendo las orientaciones en la arquitectura.

Fray Toribio de Benavente o *Motolinía* (1971: 51) escribe, en su obra *Memoriales*, 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”. La información complementaria se encuentra en el mapa de Tenochtitlan atribuido a Cortés, donde se muestra el rostro del Sol entre los santuarios gemelos del Templo Mayor (Aveni 1991: 279ss, fig. 81; Šprajc 2000c). Aunque éstas, junto con algunos dibujos en los códices (Aveni 1991: 28ss, figs. 5 y 8), parecen ser las únicas fuentes documentales que aluden a la orientación astronómica de los templos mesoamericanos, hoy podemos afirmar que la práctica de orientar edificios cívicos y ceremoniales de acuerdo con principios astronómicos era común en Mesoamérica.

Los estudios sistemáticos 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 azimuts¹ alrededor de ciertos valores (cf. Aveni 1991; 2001; Aveni y Hartung 1986; Galindo 1994; Tichy 1991; Šprajc 2001a). 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). Si las orientaciones fuesen fortuitas o condicionadas por rasgos topográficos o geomorfológicos locales, consideraciones militares u otros motivos, serían diferentes en distintos sitios, manifestando una distribución relativamente uniforme.

Para el área maya ya contamos con un corpus amplio de datos sobre los alineamientos arquitectónicos. La gran parte de estos datos se encuentra en las publicaciones de Aveni (1991, 2001, 2010), Aveni y Hartung (1986), Aveni *et al.* (2003), Galindo (1994) y Tichy (1991); además de las citadas, se han publicado numerosas obras que discuten los alineamientos en sitios particulares y que, debido a su gran número, no podemos citar aquí, pero las mencionamos en el capítulo 5, en los comentarios relacionados con las orientaciones particulares en cada sitio estudiado. Sin embargo, la información publicada, si bien reveladora en cuanto a las regularidades generales, es deficiente, de precisión muy variable y, por ende, poco confiable para interpretaciones más detalladas (v. capítulo 2). En vista de que tales deficiencias caracterizan muchos estudios arqueoastronómicos de las orientaciones en la arquitectura mesoamericana, en 2010 iniciamos el proyecto de investigación “Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica”, cuyo objetivo fue estudiar los aspectos astronómicos de la arquitectura y el urbanismo mesoamericanos de

¹ El *azimut* es el ángulo medido en el plano horizontal desde el norte hacia la derecha o —visto desde arriba— en el sentido de las manecillas de reloj, teniendo valores de 0° a 360°.

manera sistemática, empleando una metodología más rigurosa de la que había sido implementada en la mayoría de los estudios de esta índole. A partir de los datos obtenidos con mediciones precisas en campo pudimos identificar, de manera más confiable, los posibles referentes astronómicos de los alineamientos; al detectar las regularidades en la distribución de los datos, procedimos a la revisión de la información contextual relevante, que nos permitió profundizar en la comprensión del uso y el significado de las orientaciones de distintos grupos.

Los análisis y las interpretaciones que exponemos en la presente obra se basan, en gran parte, en los resultados de las mediciones en campo que llevamos a cabo en las primeras dos temporadas del proyecto, realizadas en los estados mexicanos de Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán (Sánchez y Šprajc 2011a; 2011b), mientras que una parte de los datos que constituyen nuestra muestra deriva de las mediciones que, con la aplicación de los métodos y técnicas que consideramos adecuados, fueron realizadas en algunos sitios en el marco de otras investigaciones cuyos resultados han sido publicados; se trata de los sitios de El Mirador, Nakbe y Tikal, Petén, Guatemala, y algunos en el sureste del estado de Campeche y en la isla de Cozumel, Quintana Roo, México (Šprajc 2004a, 2008b, 2009; Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009; Šprajc, Richter y Sánchez 2013).

Los sitios incluidos en el presente estudio están listados a continuación en orden alfabético y acompañados por citas bibliográficas correspondientes. La bibliografía no pretende ser exhaustiva; generalmente citamos las obras más recientes, que contienen los datos más actualizados y relevantes sobre la temporalidad y otras características de las estructuras medidas, es decir, la información incluida en la tabla 1 y considerada en los análisis e interpretaciones (capítulos 3, 4 y 5).

Acanceh, Yucatán, México (V. Miller 1991; Quintal y Barrales 2006a, 2006b; Quintal y Pantoja 2000; Varela *et al.* 2009).

Acanmul, Campeche, México (Ojeda 2006, 2007).

Aké, Yucatán, México (Maldonado 1989; Quintal 1993; Quintal y Voss s.f.; Varela *et al.* 2009).

Akumal, Quintana Roo, México (Lothrop 1924: 143; Andrews y Andrews 1975: 89).

Altar de los Reyes, Campeche, México (Šprajc y Flores 2008: 25ss; Šprajc 2008b; García López 2008).

Arrecife, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984; Šprajc 2009).

Balakbal, Campeche, México (Ruppert y Denison 1943: 65ss; Šprajc y Flores 2008: 32ss; Šprajc 2008b, García López 2008).

Balamkú, Campeche, México (Becquelin *et al.* 2005; Michelet *et al.* 1997).

Becán, Campeche, México (Potter 1977: 7ss; Gendrop 1983, 1987; Bueno 1999; Campaña 2000, 2001).

Bonampak, Chiapas, México (Paillés 1987; Tovalín 2007; Tovalín y Velázquez 1994, 2002; Tovalín, Velázquez y Ortiz 1977, 1996; Sánchez Alaniz 2009).

Buena Vista, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984; Šprajc 2009).

Calakmul, Campeche, México (Ruppert y Denison 1943: 13ss; Nieves *et al.* 1995; Boucher y Quiñones 2007; Boucher y Dzul 2006; Domínguez 2008; Delvendahl 2008; Carrasco 1998, 2000; Carrasco y Boucher 1994; Carrasco *et al.* 2009; Folan *et al.* 1995, 2000, 2001; Rodríguez 2000).

Calica, Quintana Roo, México (Martos 1995, 2001, 2003).

Castillo Real, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984; Šprajc 2009).

Chacchoben, Quintana Roo, México (Romero 1995, 2000, 2007; Romero *et al.* 2001).

Chakanbakan, Quintana Roo, México (Cortés 1997, 2000a, 2000b).

Champerico, Campeche, México (Šprajc y Flores 2008: 34ss; Šprajc 2008b; García López 2008).

Chen Ho, Yucatán, México (Velásquez 1995).

Cheyokolnah, Campeche, México (Šprajc y Flores 2008: 81ss; Šprajc 2008b; García López 2008).

Chicaanticanal, Campeche, México (Šprajc y Flores 2008: 81ss; Šprajc 2008b).

Chicanná, Campeche, México (Potter 1977: 62ss; Gendrop 1983, 1987; Bueno 1999; Carrasco 1994).

Chichén Itzá, Yucatán, México (Schmidt 1994, 1999; Boot 2000; Ringle 2009; Ringle y Bey 2009; Andrews *et al.* 2003; Cobos 2001; Šprajc y Sánchez 2013b).

Chinikihá, Chiapas, México (Liendo 2007; Liendo *et al.* 2009, 2011).

Cobá, Quintana Roo, México (Benavides 1981; Graham y Euw 1997; Navarrete *et al.* 1979, Con 2007).

Comalcalco, Tabasco, México (Piña Chan 1992; Armijo 2003; Armijo y Gallegos 2007, 2008; Armijo y Millán-Ruiz 2002).

Dzibanché, Quintana Roo, México (Nalda 2000, 2005; Nalda y Campaña 1998; Nalda y Balanzario 2005).

Dzibilchaltún, Yucatán, México (Andrews y Andrews 1980; Stuart *et al.* 1979; Maldonado 2002, 2006, 2007; Maldonado *et al.* 2002; Maldonado y Echeverría 2010; Šprajc 1995).

Dzibilnocac, Campeche, México (Pollock 1970: 25ss; Potter 1977: 111s; Carrasco y Boucher 1985; Mayer 1992; Sánchez y Anaya 2006).

Edzná, Campeche, México (Andrews 1984; Benavides 1992, 1997, 2002a, 2007a, 2007c, 2008).

Ek' Balam, Yucatán, México (Castillo y Vargas 2006; Vargas de la Peña y Castillo 2006a, 2006b; Vargas de la Peña *et al.* 2007).

El Caracol, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984; Schávelzon 1985a; Cortés 2003; Šprajc 2009).

El Cedral, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984; Schávelzon 1985b; Šprajc 2009).

El Gallinero, Campeche, México (Šprajc y Flores 2008: 38ss; Šprajc 2008b).

El Meco, Quintana Roo, México (Lothrop 1924: 144ss; Robles 1981a; Andrews y Robles 1986).

El Mirador, Petén, Guatemala (Matheny 1980, 1986; Hansen 1990, 1992, 1998, 2000, 2001; Hansen *et al.* 2008; Copeland 1989; Forsyth 1989, 1993; Howell 1989).

El Rey, Quintana Roo, México (Lothrop 1924: 150ss; Velázquez Morlet 2002).

El Tigre, Campeche, México (Vargas 2001, 2006, 2009, 2010; Vargas y Delgado 2003, 2007; Vargas y Teramoto 1996).

Hochob, Campeche, México (Pollock 1970: 9ss; Potter 1977: 106ss; Carrasco y Boucher 1985; Gendrop 1983, 1987).

Hormiguero, Campeche, México (Potter 1977: 98s; Martos 1989; Gendrop 1983, 1987; Bueno 1991, 1999).

Ichkabal, Quintana Roo, México (Sandra Balanzario, comunicación personal, diciembre de 2010).

Izamal, Yucatán, México (Burgos *et al.* 2002, 2003; Millet y Burgos 2006; Quiñones 2006).

Jaina, Campeche, México (Benavides 2002b, 2007b, 2007d, 2012).

Janán I, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984; Šprajc 2009).

Kabah, Yucatán, México (Pollock 1980: 140ss; Carrasco 1992).

Kohunlich, Quintana Roo, México (Andrews 1987; Cortés 1998; Nalda 2004, 2005; Nalda y Balanzario 2005; 2006).

La Blanca, Petén, Guatemala (Muñoz y Vidal 2005, 2006; Vidal *et al.* 2012).

La Expedición, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984: 128ss; Mayer 1981: 6, 16; 1991: 56s, lám. 22).

La Palma, Quintana Roo, México (Freidel y Sabloff 1984; Šprajc 2009).

Labná, Yucatán, México (Pollock 1980: 7ss; Huchim y Toscano 2002).

Lacanhá, Chiapas, México (Tovalín, Ortiz y Corrales 2006).

Las Delicias, Campeche, México (Šprajc y Flores 2008: 95ss; Šprajc 2008b).

Limones, Quintana Roo, México (Maciel 2009).

Mayapán, Yucatán, México (Peraza 1999; Peraza y Delgado 2006; Peraza *et al.* 2006; Milbrath y Peraza 2003, 2009).

Muyil, Quintana Roo, México (Witschey 2005, 2008).

Nadzcaan, Campeche, México (García Cruz 1997; Carrasco y Wolf 1996; Non-dédéo 2003: 59, 74ss).

Nakbé, Petén, Guatemala (Forsyth 1993; Hansen 1992, 1998, 2000; Šprajc y Morales-Aguilar 2007).

Nuevo Chetumal, Chiapas, México (Tovalín, Ortiz y Velázquez 2004).

Oxkintok, Yucatán, México (Rivera Dorado 1989, 1990, 1992, 1996; Schmidt 2004).

Oxtankah, Quintana Roo, México (De Vega Nova 2007; De Vega Nova *et al.* 2000).

Palenque, Chiapas, México (Schele 1981; Nieto 1990; Nieto y Paillés 1993; Barnhart 2001; Liendo 2001, González Cruz 2004).

Plan de Ayutla, Chiapas, México (Tovalín y Ortiz 2003; Tovalín, Ortiz y Velázquez 2004; INAH 2005; Martos 2007).

Pomoná, Tabasco, México (Juárez 1994; García Moll 2003, 2007b; López Varela 1995, 1998).

Poxilá, Yucatán, México (Robles *et al.* 2006; Robles y Ceballos s.f.; Peniche 2012).

Río Bec, Campeche, México (Potter 1977: 94ss; Gendrop 1983, 1987; Michelet *et al.* 2007).

Sabana Piletas, Campeche, México (Benavides y Novelo 2008; Novelo y Benavides 2009).

San Claudio, Tabasco, México (Romero 2003; INAH 2010).

San Gervasio, Quintana Roo, México (Sabloff y Rathje 1975; Freidel y Sabloff 1984; Robles 1986a, 1986b; Franco 1986; Hernández 1986; Sierra Sosa 1994; Azcarate y Ramírez 2000; Ramírez y Azcarate 2000; Šprajc 2009).

Santa Rosa Xtampak, Campeche, México (Pollock 1970: 46ss; Potter 1977: 108ss; Andrews 1995; Michelet y Becquelin 2001: 219ss; Hohmann 2006; Zapata 2007).

Sayil, Yucatán, México (Pollock 1980: 85ss; Sabloff y Tourtellot 1991; Carrasco y Boucher 1990).

Tabasqueño, Campeche, México (Pollock 1970: 19ss; Potter 1977: 113s; Benavides y Novelo 2010; Sánchez y Anaya 2006).

Tancah, Quintana Roo, México (Lothrop 1924: 120ss; A. Miller 1982).

Tikal, Petén, Guatemala (Aveni y Hartung 1988; Carr y Hazard 1961; Coe 1990; Fialko 1987, 1988; Gómez 2012; Harrison 1970, 1999; Herman 2007; Laporte 2001, 2003; Laporte y Fialko 1995; Laporte y Herman 2003; Loten 2007).

Tipikal, Yucatán, México (Peraza 2002).

Toniná, Chiapas, México (Becquelin y Baudez 1979; 1982; Becquelin y Taladoire 1990; Yadeun 1991, 1992, 1993, 2002).

Tulum, Quintana Roo, México (Lothrop 1924; A. Miller 1982; Santillán y Vargas 1992; Vargas 1995; Vargas y Santillán 1995).

Uitzilná, Campeche, México (Šprajc, Flores, Čaval y García 2009).

Uxmal, Yucatán, México (Pollock 1980: 208ss; Barrera Rubio 1985, 1991; Kowalski 1987, 2003; Huchim y Toscano 1999, 2002).

Uxul, Campeche, México (Ruppert y Denison 1943: 74ss; Šprajc y Flores 2008: 60ss; Šprajc 2008b; García López 2008; Grube *et al.* 2012).

Xamán Susulá, Yucatán, México (Peniche 2012).

Xcalumkín, Campeche, México (Pollock 1980: 418ss; Becquelin *et al.* 1996; Ojeda y Benavides 2008; Benavides 2010).

Xcambó, Yucatán, México (Sierra Sosa 1999, 2003).

Xcaret, Quintana Roo, México (Andrews y Andrews 1975; Con 2002).

Xelhá, Quintana Roo, México (Lothrop 1924: 133ss; Robles 1981b; A. Miller 1982; Ochoa 2008).

Xlapak, Yucatán, México (Pollock 1980: 60ss).

Xpuhil I, Campeche, México (Potter 1977: 92ss; Gendrop 1983, 1987; Bueno 1999; Carrasco y Boucher 1985).

Yaxchilán, Chiapas, México (García Moll 1996, 2007a; López Varela 1995, 1998; Carrasco 1991; Golden *et al.* 2008; Juárez Cossío 2009).

Yaxnohcah, Campeche, México (Šprajc y Flores 2008: 66ss; Šprajc 2008b; Reese-Taylor y Anaya 2013).

2. METODOLOGÍA

Respecto a los principios metodológicos que es imperativo considerar en cualquier estudio arqueoastronómico de orientaciones, vale la pena expresar una advertencia fundamental: 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 en la esfera celeste (mejor dicho, con la misma declinación: v. capítulo 2.3) 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). Ahora bien, en el área maya, así como 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 hicieran posible análisis e interpretaciones convincentes.

2.1. SELECCIÓN DE LAS ORIENTACIONES

Para obtener resultados coherentes, fue necesario, en primer lugar, escoger los edificios cuyas orientaciones serían medidas e incluidas en los análisis. No parece necesario argumentar extensamente que los motivos astronómicos relacionados con la religión, cosmovisión e ideología política, gobernaban principalmente el diseño arquitectónico y la planeación urbana en los núcleos cívicos y

ceremoniales de los asentamientos, mientras que las estructuras que no estaban relacionadas con el culto, prácticas rituales y actividades públicas probablemente fueron orientadas al azar o con base en normas esencialmente diferentes y relacionadas con las condiciones ambientales (configuración del terreno, peculiaridades climáticas), consideraciones militares y otros motivos más prácticos (cf. Aveni 2001: 217ss; Šprajc 2001a: 31s). Por consiguiente, las mediciones se efectuaron en las estructuras evidentemente relacionadas con prácticas religiosas y actividades públicas. Desde luego, la limitante principal fue el estado actual de las estructuras: las mediciones sólo pudieron realizarse en las que, por encontrarse suficientemente bien preservadas o por haber sido excavadas y consolidadas, cuentan con elementos expuestos (muros, taludes) que permiten determinar su orientación con cierta precisión.

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. Si las posiciones relevantes de los astros hubieran sido otras, deberían ser señaladas por alineamientos inclinados; puesto que las posiciones de los astros arriba del horizonte implican alturas considerables, un alineamiento de este tipo podría ser indicado por la escalinata del templo o por alguna línea visual, por ejemplo desde un altar hacia el centro superior de un templo cercano. Sin embargo, al comparar la disposición de complejos arquitectónicos en diversos sitios, observamos que las inclinaciones de estas líneas son muy variables, por lo que los azimuts de los alineamientos relacionados con un mismo fenómeno serían muy divergentes; es decir, si los alineamientos de este tipo hubiesen regido las orientaciones, éstas no exhibirían concentraciones dentro de rangos acimutales tan reducidos como se observan en los histogramas publicados (Aveni y Hartung 1986: 11, figs. 2a y 2b; Tichy 1991: 101, fig. 6-13; Šprajc 2001a: 57ss, fig. 4).

En consideración de lo expuesto, y a pesar de que en los restos arquitectónicos existen diversas líneas visuales que pudieron haber señalado fenómenos astronómicos (cf. Hartung 1975), nuestro objetivo se ha 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. Si incluyéramos los alineamientos cuyo origen astronómico es, por el momento, especulativo, correríamos el riesgo de que el “ruido” introducido en la información alcanzara niveles que impedirían reconocer cualquier patrón en la distribución de los datos. Por ello, y en aras de tener una muestra de datos basados en elementos homogéneos (cf. Hawkins 1968: 49), no hemos considerado las líneas visuales inclinadas que pueden reconocerse en la disposición de ciertos elementos arquitectónicos. Tampoco hemos medido las diversas líneas imaginarias que pueden trazarse entre varios puntos o rasgos de una estructura, p. ej. las diagonales de los vanos de acceso. En varios estudios citados en el capítulo

5, encontramos intentos de relacionar las líneas de este tipo con diversos fenómenos astronómicos, pero los alineamientos interpretados de esta manera son tan numerosos y heterogéneos que resulta imposible realizar un análisis comparativo y verificar la intencionalidad de las correspondencias sugeridas. Para poder comprobar el supuesto significado astronómico de alineamientos de este tipo sería necesario, en primer lugar, 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. Tal objetivo queda fuera de las ambiciones de la presente obra, que está limitada, como hemos mencionado, al estudio de los ejes de orientación claramente reconocibles en la disposición de los edificios.

Para maximizar la confiabilidad de los análisis, tuvimos que crear una base de datos coherente, es decir, excluir las orientaciones que, aunque fueron medidas en campo, podrían sesgar los resultados. Si al revisar los datos de medición constatamos que las orientaciones de dos o más estructuras adyacentes eran muy similares, escogimos como relevante el edificio que, por su altura y otras características formales, parecía el más idóneo para observaciones astronómicas, ya que en tal caso es lógico suponer que su orientación fue rectora en el conjunto y que las orientaciones de las estructuras aledañas fueron ajustadas, por razones de planeación urbana, a la del edificio sobresaliente, sin que fueran observacionalmente funcionales *per se*. Si en los análisis incluyéramos todas las orientaciones del grupo como datos independientes, su número en la muestra sería excesivo y no reflejaría la frecuencia real de los alineamientos atribuibles al mismo motivo astronómico. Un ejemplo extremo lo representa Teotihuacan en el centro de México, donde tenemos un sinnúmero de edificios con orientaciones parecidas, pero evidentemente toda la traza urbana fue regida por las orientaciones de tan sólo dos construcciones principales (Šprajc 2000a, 2001a: 201ss). A veces, sin embargo, la similitud de los edificios adyacentes con orientaciones aparentemente idénticas no permite asociar el alineamiento rector con una sola estructura; en tal caso calculamos los promedios de los azimuts nort-sur y este-oeste medidos en todas las estructuras del grupo, considerándolos en los análisis como una sola orientación.

Aunque durante el trabajo de campo realizamos mediciones en varias canchas de juego de pelota, decidimos no incluir estos datos en los análisis. Tal decisión puede parecer, a primera vista, sorprendente: 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 1996b: 124ss), por lo que parecería lógico suponer que también las orientaciones de las canchas tuvieron algún significado astronómico. Sin embargo, recordemos que el objetivo de nuestra investigación es analizar las posibles relaciones entre las direcciones principales que manifiestan las estructuras y los eventos astronómicos visibles en el horizonte, mientras que los campos de juego de pelota se localizan, por regla general, en espacios de menor elevación

y rodeados por otros edificios de mayor altura (Scarborough 1991: 138, 2003: 83s; Šprajc y Grube 2008: 270), que obstruyen la vista hacia el horizonte. No es imposible, desde luego, que los juegos de pelota incorporaran alineamientos astronómicamente funcionales; sin embargo, además de que los puntos posiblemente relevantes para las observaciones no son evidentes, las alturas originales de los edificios circundantes generalmente no se pueden reconstruir de manera confiable. Debido a estas circunstancias, cualquier intento de determinar los posibles referentes astronómicos de las orientaciones de estos edificios sería especulativo.

Los datos sobre las orientaciones se basan en nuestras propias mediciones de campo, ya que la información publicada, por razones que se discuten a continuación, no es suficiente o no se puede considerar confiable.

2.2. MEDICIÓN DE LAS ORIENTACIONES

Puesto que las estructuras prehispánicas por lo regular presentan plantas aproximadamente rectangulares —o compuestas por elementos de planta rectangular—, dan la impresión de poseer cierta orientación (ya deliberada, ya accidental) que puede ser determinada; es decir, normalmente podemos establecer las direcciones aproximadas de los ejes de simetría del edificio. Incluso las estructuras de planta circular o de planta mixta —compuesta por elementos rectangulares y circulares— generalmente exhiben una orientación, indicada por la escalinata de acceso y otros elementos constructivos. Sin embargo, el problema consiste en la *determinación de la orientación exacta* de la estructura. 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. Puesto que los edificios, en su mayoría, tienen plantas aproximadamente rectangulares —es decir, las líneas incorporadas son, en términos generales, paralelas y perpendiculares entre sí—, estos datos han sido sumamente reveladores en cuanto a la determinación de *orientaciones aproximadas* de diversos edificios, y suficientemente exactos para poder detectar las regularidades en la distribución y frecuencia de ciertos valores azimutales, lo que llevó al reconocimiento de algunos *grupos de orientaciones*. Sin embargo, los azimuts determinados de esta manera no pueden considerarse como suficientemente exactos para estudios arqueoastronómicos más detallados, ya que —por razones descritas a continuación— no reproducen las orientaciones originales e intencionadas de las estructuras con la precisión requerida.

Los muros, taludes o paramentos de una estructura pueden parecer paralelos y perpendiculares entre sí, pero las mediciones precisas revelan que frecuentemente no lo son. Nalda (2004: 44s) observó acertadamente las inconsistencias que presentan las estructuras en la orientación de sus diferentes sectores, mientras que Thompson (1974: 94) incluso afirmó que los mayas parecen haber sido incapaces de hacer ángulos rectos. Desde luego, las irregularidades de este tipo son relevantes sólo si se manifiestan en elementos evidentemente originales e

in situ. El problema a resolver en estos casos es: ¿cuál era la orientación exacta e intencionada del edificio? La metodología empleada para determinar las orientaciones de las estructuras incluidas en este estudio, desarrollada en el curso de la investigación de los alineamientos arquitectónicos en el centro de México (Šprajc 2001a: 37ss), se resume a continuación.

En cada estructura medimos todas las líneas confiables: si los azimuts de las líneas que parecen ser paralelas, pero no lo son, no manifiestan diferencias consistentes o variaciones sistemáticas que puedan relacionarse con distintas etapas constructivas o partes del edificio, podemos concluir que se trata de la negligencia en el proceso de construcción o de la poca importancia atribuida a este aspecto de los elementos arquitectónicos. En estos casos podemos asumir que el valor medio de los diversos azimuts medidos representa la orientación originalmente intencionada con bastante exactitud, ya que es de esperar que los errores en la orientación de las líneas individuales se cancelen. Comúnmente los paramentos de plataformas y otros elementos constructivos inferiores manifiestan azimuts muy divergentes; evidentemente la orientación exacta de estos elementos no tenía mucha importancia, por lo que consideramos las líneas en la parte superior del edificio, lugar más idóneo para las observaciones, como particularmente confiables y relevantes para determinar la orientación originalmente intencionada de la estructura. A veces, empero, hemos podido determinar, con base en las diferencias consistentes entre los azimuts evaluados, orientaciones diferentes plasmadas en distintos sectores o fases constructivas de una sola estructura.

Por otra parte, las líneas que, a primera vista, parecen ser perpendiculares frecuentemente no se intersectan en ángulos rectos. Las plantas de algunos edificios son claramente romboidales. En estos casos es evidente que el azimut de una sola línea no puede tomarse como representativo de la orientación de la estructura. Si medimos, por ejemplo, sólo la base de la escalinata de un edificio en la dirección norte-sur, no podemos concluir que la perpendicular a la línea medida corresponda al eje este-oeste de la estructura. Cuando menos resulta difícil imaginar la práctica observacional que permitiera establecer la relación entre una línea arquitectónica norte-sur y un fenómeno astronómico en la dirección perpendicular hacia el este o el oeste; parece sumamente improbable que las *inexistentes perpendiculares*, cuya relación con fenómenos astronómicos no se manifiesta directamente, o no es fácilmente observable, fueran más significativas que las líneas físicamente incorporadas en las estructuras. En otras palabras, es mucho más natural relacionar los fenómenos astronómicos en el horizonte este u oeste con las líneas arquitectónicas este-oeste, que con las perpendiculares a las líneas norte-sur. El eje de un santuario, determinado por columnas, pilares, paños u otros elementos constructivos, pudo señalar un fenómeno celeste en el horizonte con mucho mayor precisión que la imaginaria perpendicular a la escalinata que conducía al santuario. Por ello, en todas las estructuras, salvo donde no fue posible, medimos tanto las líneas norte-sur como

las este-oeste; los datos sobre las orientaciones en la tabla 1 (capítulo 3), por consiguiente, incluyen tanto los azimuts norte-sur como los que definen la orientación de cada estructura en dirección este-oeste.

En las mediciones tuvimos la precaución de tomar lecturas a lo largo de las líneas confiables y claramente *in situ*. Algunas estructuras, aunque fueron medidas, quedaron excluidas de los análisis, ya que, debido al estado avanzado de deterioro, sus azimuts resultaron ser demasiado divergentes.

Las mediciones se efectuaron con brújulas Suunto Tandem, que permiten leer ángulos con la precisión de 0.25° 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 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*: capítulo 2.3), fueron determinadas con receptores portátiles GPS.

Considerando que en cada edificio medimos diversas líneas, el empleo de la brújula agilizó notablemente el trabajo de campo. Sin embargo, los alineamientos más relevantes, es decir, aquellos cuya función observacional es altamente probable (p. ej. ejes de simetría marcados por las entradas a los santuarios superiores), así como otras líneas confiables y medibles con precisión (p. ej. paramentos largos y rectos), fueron medidos con teodolito y referencia astronómica. Los azimuts norte-sur y este-oeste listados en la tabla 1 (capítulo 3) representan promedios de los azimuts medidos a lo largo de diversas líneas, o bien, corresponden a la línea que se consideró como la más relevante y representativa de la orientación intencionada. El error asignado a cada azimut refleja el grado de conservación de los elementos arquitectónicos que permitieron establecerlo y/o las divergencias entre las líneas medidas.

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 (mayormente por la vegetación circundante), las alturas necesarias fueron obtenidas con base en el modelo digital de relieve de la península de Yucatán (SRTM NASA: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>), empleando el software *Horizon 0.07c*, desarrollado y amablemente proporcionado

por Andrew G. K. Smith (*School of Chemistry and Physics, University of Adelaide, Australia*). 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*, capítulo 2.3).

Cabe advertir que los datos sobre la orientación de diversas estructuras medidas por nosotros habían sido publicados por otros investigadores; el corpus más amplio se encuentra en las obras de Aveni (1991: 350ss; 2010), Aveni y Hartung (1986: 73ss; Table 1) y Aveni, Dowd y Vining (2003), mientras que otros autores, mencionados en el capítulo 5, discuten orientaciones particulares. Sin embargo, estos datos son, en su mayoría, deficientes y poco confiables: normalmente se presenta un solo azimut, considerado como representativo de la orientación de la estructura, y casi siempre faltan las alturas del horizonte. Los resultados de nuestras mediciones (tabla 1) en varios casos difieren de los azimuts publicados con anterioridad, seguramente porque éstos no fueron determinados con el rigor metodológico discutido arriba: aparte de que la orientación de un edificio se expresa con un solo azimut, éste no siempre corresponde a la línea más relevante, por lo que no necesariamente reproduce la orientación intencionada del edificio; además, varios azimuts fueron determinados con base en los planos de los sitios, que —salvo pocas excepciones— no son suficientemente exactos para estos fines.

2.3. PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO

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 (p. ej.: Hawkins 1968: 50ss; Thom 1971: 120ss; Aveni 1991: 140ss; Ruggles 1999: 164ss; Šprajc 2001a: 45ss). Mientras que el *azimut* define la dirección en el plano horizontal respecto a los rumbos cardinales, 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, o se ponen en el mismo 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, que varía en función de la altura sobre el nivel del mar. En la tabla 1 (capítulo 3) se presentan las declinaciones que corresponden a los azimuts en los horizontes norte, sur, este y oeste y que designaremos de manera abreviada como declinaciones norte,

sur, este y oeste, respectivamente. Para los azimuts hacia el este y el oeste, la tabla 1 incluye las correspondientes alturas del horizonte, así como los errores de las declinaciones 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*: capítulo 2.2)— 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 1). Por limitaciones de espacio, en la tabla 1 omitimos las alturas del horizonte para los azimuts hacia el norte y el sur, pero éstas fueron consideradas en el cálculo de las declinaciones correspondientes; tampoco se incluyen los posibles errores de las declinaciones norte y sur, ya que éstos dependen de varios factores, discutidos en el capítulo 3.2, y no se pueden determinar de manera confiable.

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 la segunda 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 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 1 fueron determinadas para la época 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 pre-

cisión (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).² En la tabla 1, las fracciones del día no se presentan en las columnas con fechas, pero fueron tomadas en cuenta en los cálculos de intervalos, también listados en la tabla.

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 (*v. supra*) 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).³

2.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIONES

Los análisis de la distribución de los datos sobre las orientaciones, revelando la existencia de patrones que sugieren los referentes astronómicos para la mayoría 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 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

² Para determinar las fechas, escogimos para cada uno de los periodos listados en la tabla 1 un año calendárico, asumiendo que el equinoccio vernal correspondía a marzo 21.0. Los años elegidos para estos cálculos fueron los más cercanos al fechamiento más probable de las estructuras respectivas: 450 a.C. (Preclásico Medio), 50 a.C. (Preclásico Tardío), 350 d.C. (Clásico Temprano), 700 d.C. (Clásico Tardío), 920 d.C. (Clásico Terminal), 1140 d.C. (Posclásico Temprano), 1400 d.C. (Posclásico Tardío).

³ 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, aun 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).

4 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. Apoyándonos en estas interpretaciones generales presentamos, en el capítulo 5, comentarios más detallados sobre las orientaciones particulares en los sitios estudiados.

3. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos sobre las orientaciones en los que se basan los análisis que siguen están anotados en la tabla 1 (la metodología empleada en la selección y medición de las orientaciones se presenta en el capítulo 2). 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>TR</i> – templo integrado en un grupo triádico; <i>GE</i> – templo integrado en un conjunto del tipo Grupo E.
<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; <i>Ter</i> – Terminal).
φ_N	Latitud norte, longitud oeste (en el datum WGS84).
λ_W	
A_N	Azimut hacia el norte del eje norte-sur del edificio (se omite el azimut hacia el sur, ya que siempre es 180° más grande). Los azimuts norte incluyen valores entre 315° y 45°; sin embargo, los azimuts 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 azimut no se pudo determinar.
<i>error</i> A_N	Error estimado del azimut norte.
$\delta_{N/S}$	Declinación correspondiente al azimut hacia el norte/sur. Si no se determinó el azimut, 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	Azimut hacia el este (valores entre 45° y 135°); el azimut hacia el oeste (omitido) difiere por 180°.

$error A_E$	Error estimado del azimut este.
$H_{E/W}$	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.
$\delta_{E/W}$	Declinación correspondiente al azimut 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).
$error \delta_{E/W}$	Posible error de la declinación este/oeste, estimado con base en las incertidumbres en los azimuts y alturas del horizonte.
<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 2.3), 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 2.3).
<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.

3.1. AZIMUTS

La distribución de frecuencias de los azimuts se presenta en la figura 1. En la escala horizontal de cada histograma sólo se indican los valores de los azimuts hacia el norte o hacia el este, ya que los azimuts en las direcciones opuestas son siempre 180° más grandes. Como acabamos de explicar en los comentarios a la tabla 1, los azimuts norte-sur comprenden los valores entre -45° y 45° y los azimuts este-oeste 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 15° incluye los azimuts mayores de 14.5° y menores de o iguales a 15.5° .

TABLA 1 (P 1 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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					
Acanceh, Estr. 1, fase con mascarones	T	NESW	PreTa	20.8133	89.4525	10.750	1.0	66.077	-67.288	101.000	1.0	-0.07	-0.08	-10.510	1.0	10.030	1.0	21-feb	20-oct	124.51	240.73	5.49	16-abr	28-ago	133.93	231.32	5.59	
Acanceh, Palacio de los Estucos	P	N	CTe	20.8106	89.4519	9.526	1.5	66.674	-67.725	101.080	1.5	0.00	0.00	-10.555	1.5	10.141	1.5	21-feb	20-oct	124.05	241.19	8.25	16-abr	28-ago	133.32	231.93	8.43	
Acanmul, El Palacio	P	S	CTa	19.9043	90.3254	19.843	1.5	61.851	-62.381	109.171	1.5	0.08	-0.12	-18.154	1.5	17.728	1.5	28-ene	13-nov	76.52	288.72	11.20	11-may	3-ago	84.78	280.46	11.43	
Aké, Estr. 1	P	S	CTe	20.9478	89.2997	NA	NA	NA	NA	100.267	0.5	-0.03	-0.03	-9.804	0.5	9.358	0.5	23-feb	18-oct	128.15	237.09	2.71	14-abr	30-ago	137.68	227.56	2.77	
Aké, Estr. 1, recinto central superior	T	S	PosTa	20.9478	89.2997	NA	NA	NA	NA	104.517	0.5	-0.03	-0.03	-13.763	0.5	13.312	0.5	12-feb	30-oct	105.20	260.04	3.01	26-abr	18-ago	114.35	250.89	3.09	
Aké, Estr. 2	T	E	CTe	20.9472	89.3006	5.543	1.0	67.709	-68.998	94.767	1.0	-0.07	-0.08	-4.685	1.0	4.209	1.0	9-mar	5-oct	154.98	210.27	5.11	31-mar	12-sep	165.08	200.16	5.16	
Aké, Estr. 10	T	N?	CTe	20.9444	89.2997	5.293	1.0	67.809	-69.023	96.517	1.0	-0.05	-0.05	-6.312	1.0	5.856	1.0	4-mar	9-oct	146.61	218.63	5.18	5-abr	8-sep	156.51	208.73	5.25	
Aké, Estr. 14 y 15	T	SE	CTe	20.9500	89.3006	9.193	1.0	66.618	-67.771	100.517	1.0	-0.05	-0.05	-10.044	1.0	9.584	1.0	22-feb	19-oct	126.85	238.40	5.45	15-abr	29-ago	136.43	228.81	5.56	
Akumal, estr. principal	T	S	PosTa	20.4008	87.3197	35.226	1.0	49.651	-50.273	124.450	1.0	0.00	0.00	-32.254	1.0	31.782	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Altar de los Reyes, Estr. 13	P	W	CTe-Ta	17.9919	89.4061	8.000	1.0	69.853	-70.598	98.100	1.0	-0.07	-0.02	-7.899	1.0	7.522	1.0	28-feb	13-oct	138.33	226.92	5.27	9-abr	4-sep	147.68	217.56	5.36	
Altar de los Reyes, Grupo Sureste, Estr. 1	TR	N	CTe	17.9851	89.4003	1.000	1.0	71.194	-72.340	91.000	1.0	-0.17	-0.17	-1.184	1.0	0.718	1.0	17-mar	26-sep	172.74	192.50	5.05	22-mar	21-sep	182.35	182.89	5.06	
Arrecife, Estr. C10-1-a y C10-1-b	T	W	PosTa	20.5747	86.7500	36.867	1.0	48.197	-48.807	126.986	1.0	0.00	0.00	-34.523	1.0	34.034	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Balakbal, Estr. VI y VIII	GE	EW	CTe	17.8822	89.5850	10.250	1.0	68.984	-69.957	100.250	1.0	-0.15	-0.15	-9.979	1.0	9.519	1.0	23-feb	19-oct	127.20	238.04	5.44	15-abr	29-ago	136.79	228.45	5.55	
Balamkú, Grupo Sur, Estr. 5 y 10	T	NS	CTe	18.5568	89.9456	14.976	2.0	65.872	-66.765	104.533	1.0	0.33	0.13	-13.816	1.0	13.630	1.0	12-feb	29-oct	105.39	259.85	5.99	27-abr	17-ago	112.82	252.43	6.19	
Becán, Estr. I	P	S	CTa	18.5161	89.4661	14.000	1.0	66.483	-67.384	104.517	0.2	0.00	-0.02	-13.931	0.2	13.561	0.2	11-feb	30-oct	104.50	260.74	1.21	26-abr	18-ago	113.12	252.13	1.24	
Becán, Estr. II	T/P	E	CTa	18.5164	89.4664	10.500	1.0	68.315	-69.291	100.617	0.3	-0.05	0.03	-10.259	0.3	9.895	0.3	22-feb	20-oct	125.52	239.72	1.81	16-abr	28-ago	134.65	230.59	1.85	
Becán, Estr. IV, parte superior	T/P	NS	CTa	18.5167	89.4661	NA	NA	NA	NA	100.017	0.2	-0.10	0.02	-9.711	0.2	9.320	0.2	23-feb	18-oct	128.52	236.73	1.09	14-abr	30-ago	137.85	227.39	1.11	
Becán, Estr. VIII	T/P	W	CTa	18.5181	89.4661	7.500	1.0	69.495	-70.587	99.617	0.2	-0.08	0.03	-9.325	0.2	8.948	0.2	24-feb	17-oct	130.60	234.64	1.08	13-abr	31-ago	139.90	225.34	1.10	
Becán, Estr. IX	T	S	CTa	18.5183	89.4667	12.460	1.0	67.249	-68.268	102.500	0.5	-0.10	-0.03	-12.062	0.5	11.649	0.5	17-feb	25-oct	115.45	249.80	2.85	21-abr	23-ago	124.62	240.63	2.92	
Becán, Estr. X	T/P	E	CTa	18.5181	89.4678	9.833	1.0	68.618	-69.608	100.950	0.2	-0.03	0.05	-10.569	0.2	10.216	0.2	21-feb	20-oct	123.82	241.42	1.10	17-abr	27-ago	132.84	232.40	1.13	
Bonampak, Acrópolis, Estr. 21	T/P	N	CTa	16.7029	91.0654	-23.284	2.0	62.245	-60.900	64.841	1.0	5.53	2.47	25.619	1.0	-23.317	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	13-dic	30-dic	17.15	348.10	19.20	
Bonampak, Edificio de las Pinturas	T/P	N	CTa	16.7036	91.0651	35.091	1.0	54.229	NA	124.341	1.0	1.83	2.17	-32.172	1.0	33.332	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Bonampak, Grupo Frey	T	S	CTa	16.7075	91.0622	44.297	1.5	47.796	-42.582	136.841	2.0	0.92	1.00	-44.111	2.0	44.562	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Buena Vista, Estr. C18-1-a	P	S	PosTa	20.3267	86.9403	29.500	2.0	54.354	-55.044	119.500	1.0	0.00	0.00	-27.724	1.0	27.275	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Buena Vista, Estr. C18-1-b	P	W	PosTa	20.3267	86.9403	23.417	1.0	58.979	-59.761	113.417	2.0	0.00	0.00	-22.094	2.0	21.664	2.0	9-ene	2-dic	38.25	326.99	38.25	29-may	15-jul	46.75	318.50	46.74	

TABLA 1 (P. 2 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

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 intr. este	fechas oeste	intervalos oeste	error intr. oeste
Calakmul, Complejo Chiik Nahb, Estr. 1	T/P	S	CTa	18.1088	89.8106	9.460	1.0	69.482	-70.140	100.308	1.0	0.33	0.00	-9.843	1.0	9.616	1.0	23-feb 18-oct	127.80 237.45	5.44	15-abr 29-ago	136.21 229.03	5.57
Calakmul, Estr. I	T	W	CTe	18.1032	89.8082	14.435	0.3	66.810	-67.500	104.317	0.3	0.20	-0.15	-13.694	0.3	13.357	0.3	12-feb 29-oct	106.12 259.12	1.79	26-abr 18-ago	114.50 250.75	1.84
Calakmul, Estr. II	T/P	N	PreTa	18.1047	89.8106	9.354	0.3	69.429	-70.297	98.704	0.2	0.22	-0.20	-8.363	0.2	8.019	0.2	27-feb 14-oct	136.07 229.17	1.06	10-abr 2-sep	144.96 220.28	1.08
Calakmul, Estr. III	P	W	CTe	18.1054	89.8091	15.793	1.0	66.103	-66.575	105.683	1.0	0.27	-0.13	-14.965	1.0	14.656	1.0	8-feb 2-nov	98.37 266.88	6.25	30-abr 14-ago	106.34 258.90	6.44
Calakmul, Estr. IV-B	GE	W	CTe	18.1067	89.8097	11.360	0.8	68.488	-69.271	101.806	0.2	0.20	0.00	-11.314	0.2	11.037	0.2	19-feb 22-oct	119.84 245.40	1.12	19-abr 25-ago	128.23 237.01	1.15
Calakmul, Estr. VI	GE	EW	CTa	18.1067	89.8106	6.460	0.5	70.284	-71.338	98.808	1.0	0.28	0.00	-8.437	1.0	8.194	1.0	27-feb 15-oct	135.35 229.89	5.32	11-abr 2-sep	144.03 221.22	5.43
Calakmul, Estr. VII	T/P	S	CTa	18.1073	89.8100	10.460	1.0	68.899	-69.715	99.183	1.2	0.25	-0.07	-8.806	1.2	8.524	1.2	26-feb 16-oct	133.39 231.85	6.42	12-abr 1-sep	142.23 223.01	6.55
Calakmul, Estr. XIII	P	S	CTe	18.1081	89.8125	9.085	2.0	69.524	-70.363	99.600	1.0	0.25	-0.08	-9.201	1.0	8.913	1.0	25-feb 16-oct	131.40 233.84	5.37	13-abr 31-ago	140.14 225.10	5.49
Calakmul, Estr. XIV	P	W	CTa	18.1073	89.8119	9.960	1.0	69.205	-69.959	100.183	1.0	0.28	-0.08	-9.743	1.0	9.466	1.0	23-feb 18-oct	128.34 236.90	5.43	14-abr 29-ago	137.04 228.20	5.56
Calakmul, Grupo Noreste, estr. norte	P	S	CTa	18.1089	89.8031	12.626	2.0	68.043	-68.508	101.183	1.0	0.33	-0.03	-10.673	1.0	10.433	1.0	21-feb 21-oct	123.24 242.00	5.53	17-abr 27-ago	131.62 233.63	5.67
Calica, Estr. P-I	T	E	PosTa	20.5803	87.1381	37.093	1.0	48.004	-48.611	128.567	2.0	0.00	0.00	-35.954	2.0	35.457	2.0	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA
Calica, Estr. P-III-sub	T	W	PreTa	20.5803	87.1375	39.000	1.0	46.385	-46.973	129.317	1.0	0.00	0.00	-36.631	1.0	36.130	1.0	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA
Calica, Templo de Kisim	T	E	PosTa	20.5806	87.1350	-20.032	1.0	61.161	-62.009	70.317	1.0	0.00	0.00	18.167	1.0	-18.592	1.0	12-may 1-ago	80.82 284.42	7.95	27-ene 15-nov	72.65 292.60	7.80
Castillo Real, Estr. C7-1-a	T	E	PosTa	20.5347	86.7497	16.750	1.5	63.274	-64.248	107.850	0.5	-0.07	0.13	-16.920	0.5	16.530	0.5	2-feb 9-nov	84.91 280.33	3.47	6-may 7-ago	93.11 272.13	3.56
Chacchoben, Estr. 1	T	W	CTe	19.0011	88.2303	10.454	0.8	67.808	-69.019	101.520	0.3	-0.13	-0.03	-11.128	0.3	10.681	0.3	19-feb 22-oct	120.88 244.36	1.67	18-abr 26-ago	130.27 234.98	1.88
Chacchoben, Grupo I-D, estr. este	P	W	CTe	19.0000	88.2344	13.495	1.0	66.363	-67.313	103.933	2.0	0.00	0.00	-13.351	2.0	12.968	2.0	13-feb 28-oct	108.15 257.09	11.81	25-abr 19-ago	116.87 248.37	12.11
Chacchoben, Grupo I-D, estr. oeste	P	E	CTe	19.0000	88.2344	10.960	1.5	67.663	-68.668	100.433	1.5	0.00	0.00	-10.048	1.5	9.669	1.5	22-feb 19-oct	126.83 238.42	8.17	15-abr 29-ago	135.96 229.28	8.35
Chakanbakán, Nohochbalam	T	S	PreTa	18.4520	89.0895	14.010	2.0	66.538	-67.404	104.483	1.0	-0.03	0.67	-13.920	1.0	13.796	1.0	11-feb 29-oct	105.02 260.23	6.00	27-abr 17-ago	111.83 253.41	6.21
Chakanbakán, Xibalbá y juego de pelota	P	N	CTe	18.4491	89.0908	20.385	1.0	62.337	-63.037	109.983	1.0	0.03	1.58	-19.091	1.0	19.330	1.0	25-ene 16-nov	69.58 295.66	8.02	17-may 28-jul	72.05 293.20	8.68
Champerico, Estr. 15-a	P	W	CTe-Ta	17.9142	89.4991	13.667	1.0	67.351	-68.081	103.667	1.0	1.17	-0.10	-12.740	1.0	12.778	1.0	15-feb 26-oct	111.73 253.51	5.80	24-abr 20-ago	118.01 247.23	6.02
Chen Ho, Estr. E-II-2	T?	?	CTe	20.9683	89.5839	8.460	1.0	66.924	-67.996	97.933	1.0	0.00	0.00	-7.612	1.0	7.197	1.0	1-mar 12-oct	139.83 225.41	5.25	8-abr 5-sep	149.42 215.83	5.34
Chen Ho, Estr. E-III-1	T	S	CTe	20.9683	89.5839	4.460	1.0	68.021	-69.146	93.283	1.5	0.00	0.00	-3.271	1.5	2.860	1.5	12-mar 1-oct	162.18 203.06	7.62	28-mar 16-sep	172.00 193.24	7.66
Chen Ho, Estr. E-III-2	P?	W	CTe	20.9683	89.5839	11.793	1.0	65.566	-66.579	101.683	1.0	0.00	0.00	-11.108	1.0	10.690	1.0	19-feb 22-oct	120.99 244.25	5.56	18-abr 26-ago	130.22 235.03	5.69
Cheyokolnah, Estr. 1-a	P	W	CTe-Ta	17.8808	89.8158	14.000	1.0	66.985	-67.875	104.000	1.0	0.00	-0.13	-13.486	1.0	13.083	1.0	13-feb 28-oct	107.36 257.88	5.93	25-abr 19-ago	116.17 249.08	6.08
Chicaanticaanal, Estr. 1	GE	E	CTe	17.8228	89.8103	14.000	1.0	67.032	-67.919	104.000	1.0	-0.15	-0.13	-13.546	1.0	13.089	1.0	12-feb 29-oct	107.00 258.24	5.94	25-abr 19-ago	116.13 249.11	6.08

TABLA 1 (P. 3 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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 intr. este	fechas oeste	intervalos oeste	error intr. oeste
Chicanná, Estr. I	T/P	E	CTa	18.5069	89.4867	10.000	1.0	68.553	-69.540	99.617	0.2	0.00	0.00	-9.293	0.2	8.936	0.2	24-feb 17-oct	130.77 234.47	1.08	13-abr 31-ago	139.97 225.27	1.10
Chicanná, Estr. II	T/P	W	CTa	18.5069	89.4861	0.400	1.0	70.933	-72.045	90.983	0.1	0.00	0.00	-1.109	0.2	0.756	0.2	18-mar 26-sep	173.06 192.18	1.01	22-mar 21-sep	182.50 182.74	1.01
Chicanná, Estr. XX	T/P	S	CTa	18.5096	89.4886	-0.350	1.0	70.911	-72.023	89.900	1.0	0.00	0.00	-0.082	1.0	-0.271	1.0	20-mar 23-sep	178.25 186.99	5.07	20-mar 24-sep	177.30 187.95	5.06
Chichén Itzá, Casa Colorada	P	W	CTer	20.6800	88.5714	11.955	0.5	65.742	-66.744	104.717	1.0	0.00	0.00	-13.956	1.0	13.541	1.0	11-feb 30-oct	104.23 261.01	6.04	26-abr 17-ago	113.16 252.08	6.21
Chichén Itzá, Castillo	T	N	CTer-PosTe	20.6830	88.5686	21.979	0.7	59.666	-60.678	111.720	0.2	-0.12	-0.12	-20.523	0.2	19.986	0.2	18-ene 23-nov	56.26 308.98	1.93	20-may 25-jul	65.35 299.90	1.90
Chichén Itzá, Monjas	P	N	CTer	20.6781	88.5714	10.268	1.0	66.440	-67.584	99.304	0.5	-0.03	-0.07	-8.918	0.5	8.466	0.5	25-feb 16-oct	132.71 232.53	2.68	12-abr 1-sep	142.51 222.73	2.73
Chichén Itzá, Osario	T	E	CTer-PosTe	20.6813	88.5707	18.393	0.5	62.106	-63.045	107.055	0.3	-0.03	-0.05	-16.150	0.3	15.693	0.3	4-feb 6-nov	90.39 274.85	1.99	3-may 11-ago	99.23 266.01	2.03
Chichén Itzá, Palacio de los Falos	P	S	CTer	20.6708	88.5722	19.643	1.0	61.355	-62.209	110.367	0.5	0.00	0.00	-19.216	0.5	18.789	0.5	24-ene 17-nov	68.03 297.21	4.10	15-may 30-jul	76.18 289.07	4.16
Chichén Itzá, Templo de la Serie Inicial	T	W	CTer	20.6711	88.5717	19.060	2.0	61.735	-62.599	108.398	2.0	0.00	0.00	-17.386	2.0	16.963	2.0	31-ene 10-nov	81.93 283.31	14.20	8-may 6-ago	90.32 274.92	14.54
Chichén Itzá, Templo de los Guerreros	T	W	CTer-PosTe	20.6831	88.5672	19.943	0.5	61.134	-62.012	109.902	0.1	-0.02	-0.03	-18.791	0.2	18.342	0.2	26-ene 16-nov	71.27 293.97	1.58	13-may 1-ago	79.64 285.60	1.61
Chichén Itzá, Templo Superior de los Jaguares	T	W	CTer-PosTe	20.6840	88.5700	17.518	1.0	62.664	-63.621	108.279	0.2	0.00	-0.03	-17.274	0.2	16.836	0.2	31-ene 10-nov	82.58 282.66	1.41	7-may 6-ago	91.09 274.15	1.45
Chinikihá, Estr. A-9	T	N	CTa	17.4181	91.6522	NA	NA	NA	NA	99.000	1.0	3.70	0.45	-7.511	1.0	8.576	1.0	1-mar 12-oct	140.25 224.99	5.25	12-abr 1-sep	141.95 223.30	5.46
Cobá, Grupo B (Cobá), La Iglesia	T	W	CTe-Ta	20.4900	87.7319	8.943	1.5	67.117	-68.340	97.667	1.0	-0.08	-0.08	-7.416	1.0	6.941	1.0	1-mar 12-oct	140.86 224.38	5.24	8-abr 5-sep	150.78 214.46	5.32
Cobá, Grupo D, Templo de los Frescos	T	W	PosTa	20.4900	87.7253	34.443	0.5	50.262	-50.894	123.792	1.0	0.00	0.00	-31.632	1.0	31.162	1.0	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA
Cobá, Nohoch Mul	T	S	CTa-PosTe	20.4948	87.7201	37.991	1.0	47.229	-47.937	130.499	0.4	-0.08	-0.10	-37.763	0.4	37.161	0.4	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA
Cobá, Xaibé	T	W	CTa	20.4933	87.7217	31.676	2.0	52.526	-53.191	122.317	2.0	0.00	0.00	-30.281	2.0	29.817	2.0	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA	NA NA
Comalcalco, Acrópolis, Estr. 3	T	W	CTa	18.2782	93.2003	24.192	1.0	59.588	-60.434	115.317	1.0	-0.08	-0.08	-24.187	1.0	23.724	1.0	21-dic 21-dic	0.00 365.24	20.65	22-jun 22-jun	0.00 365.24	32.08
Comalcalco, Templo I	T	E	CTa	18.2801	93.2018	14.567	1.0	66.275	-67.284	104.673	0.5	-0.05	-0.05	-14.122	0.5	13.712	0.5	11-feb 31-oct	103.35 261.89	3.03	27-abr 17-ago	112.18 253.06	3.12
Dzibanché, Estr. 3	P	S	CTa	18.6384	88.7577	7.810	2.0	69.318	-70.371	99.783	1.0	NA	0.38	NA NA	NA NA	9.230	1.0	NA NA	NA NA	NA NA	14-abr 30-ago	138.35 226.89	5.53
Dzibanché, Pequeña Acrópolis	P	W	CTa	18.6384	88.7577	13.060	0.5	66.902	-67.845	103.025	0.2	-0.05	0.38	-12.536	0.2	12.295	0.2	15-feb 26-oct	112.73 252.52	1.16	23-abr 21-ago	120.80 244.44	1.19
Dzibanche, Templo de los Cormoranes (Estr. 2)	T	W	CTa	18.6385	88.7592	19.685	0.5	62.744	-63.547	110.108	0.5	NA	0.35	NA NA	NA NA	18.961	0.5	NA NA	NA NA	NA NA	16-may 30-jul	74.92 290.33	4.21
Dzibanché, Templo de los Dinteles (Estr. 6)	T	W	CTa	18.6406	88.7593	18.107	0.4	63.818	-64.654	108.709	0.6	0.00	0.38	-17.884	0.6	17.657	0.6	29-ene 12-nov	78.51 286.73	4.39	10-may 4-ago	85.32 279.93	4.55
Dzibanche, Templo del Búho (Estr. 1)	T	W	CTe	18.6383	88.7586	14.893	0.5	65.855	-66.758	105.859	0.5	-0.05	0.38	-15.215	0.5	14.971	0.5	7-feb 3-nov	96.80 268.44	3.16	1-may 13-ago	104.30 260.94	3.26
Dzibanché, Kinichná, Templo del Jaguar	TR	S	CTe	18.6608	88.7672	9.810	1.0	68.491	-69.505	100.993	0.5	-0.12	0.47	-10.638	0.5	10.404	0.5	21-feb 20-oct	123.59 241.65	2.75	17-abr 27-ago	131.84 233.40	2.83
Dzibanché, Lamay	T/P	E	CTe-Ta	18.6431	88.7697	2.810	2.0	71.178	-71.578	93.033	0.8	0.08	0.52	-3.024	0.8	2.888	0.8	13-mar 1-oct	163.43 201.81	4.06	28-mar 16-sep	171.85 193.39	4.09

TABLA 1 (P. 4 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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
Dzibanché, Tutil, Estr. T1	T	S	CTe-Ta	18.6431	88.7806	11.310	2.0	67.806	-68.789	101.283	1.0	0.00	0.48	-10.869	1.0	10.686	1.0	20-feb 21-oct	122.32 242.92	5.54	18-abr 26-ago	130.23 235.01	5.69
Dzibanché, Tutil, Estr. T2	T	S	CTe-Ta	18.6431	88.7764	12.810	2.0	67.150	-67.934	101.819	0.8	0.20	0.55	-11.298	0.8	11.218	0.8	19-feb 22-oct	119.93 245.31	4.19	19-abr 25-ago	127.19 238.05	4.32
Dzibilchaltún, Estr. 36	T	S	CTa-Ter	21.0915	89.5967	26.201	1.0	56.459	-57.214	109.925	1.0	-0.05	-0.07	-18.779	1.0	18.290	1.0	26-ene 16-nov	71.54 293.70	7.87	13-may 1-ago	80.24 285.00	7.98
Dzibilchaltún, Estr. 37	P	S	CTa-Ter	21.0915	89.5975	16.576	1.0	62.947	-63.869	99.800	1.0	0.00	0.00	-9.346	1.0	8.928	1.0	24-feb 17-oct	130.40 234.84	5.40	13-abr 31-ago	139.97 225.27	5.51
Dzibilchaltún, Estr. 38-sub	T	W	CTa	21.0918	89.5972	11.926	1.0	65.397	-66.409	100.588	1.0	0.00	0.00	-10.081	1.0	9.662	1.0	22-feb 19-oct	126.50 238.74	5.47	15-abr 29-ago	135.95 229.29	5.58
Dzibilchaltún, Estr. 42	P	W	CTa-Ter	21.0907	89.5967	6.576	0.5	67.402	-68.502	95.800	1.0	0.00	0.00	-5.617	1.0	5.203	1.0	6-mar 7-oct	150.04 215.20	5.16	3-abr 10-sep	159.91 205.33	5.23
Dzibilchaltún, Estr. 44	P	N	CTa-Ter	21.0904	89.5972	NA	NA	NA	NA	97.800	1.0	0.00	0.00	-7.482	1.0	7.066	1.0	1-mar 12-oct	140.33 224.91	5.26	8-abr 5-sep	150.07 215.17	5.34
Dzibilchaltún, Estr. 45 Sur	T	E	CTa-Ter	21.0911	89.5978	16.076	1.0	63.237	-64.169	107.300	1.0	0.00	0.00	-16.323	1.0	15.893	1.0	4-feb 7-nov	89.24 276.00	6.68	4-may 10-ago	97.87 267.37	6.85
Dzibilchaltún, Templo de las Siete Muñecas	GE	NSEW	CTa	21.0911	89.5903	2.467	0.5	68.201	-69.342	91.133	0.5	0.00	0.00	-1.264	0.5	0.851	0.5	17-mar 26-sep	172.27 192.97	2.53	23-mar 21-sep	182.26 182.98	2.54
Dzibilnocac, Estr. A-1	T/P	NS	CTa	19.5781	89.5947	12.705	2.0	66.313	-67.074	103.492	0.5	0.17	0.13	-12.824	0.5	12.559	0.5	15-feb 27-oct	111.06 254.18	2.91	23-abr 21-ago	119.23 246.01	3.00
Edzná, Cinco Pisos, santuario superior	T	EW	CTa	19.5968	90.2292	11.493	0.5	67.160	-68.017	100.921	0.5	0.33	0.10	-10.340	0.5	10.128	0.5	22-feb 20-oct	125.08 240.17	2.75	16-abr 28-ago	133.34 231.90	2.82
Edzná, Templo de la Luna	T/P	N	CTe	19.5968	90.2292	16.243	1.0	64.663	-65.263	104.657	0.2	0.35	0.22	-13.844	0.2	13.683	0.2	11-feb 29-oct	105.23 260.02	1.20	27-abr 17-ago	112.49 252.75	1.24
Edzná, Templo de los Mascarones	T	N	CTe	19.5956	90.2306	21.493	2.0	61.301	-61.684	110.217	1.0	0.40	0.20	-19.033	1.0	18.881	1.0	25-ene 16-nov	70.05 295.20	7.98	15-may 30-jul	75.85 289.39	8.32
Edzná, Templo del Sur (Estr. 421)	T	S	CTe-Ta	19.5964	90.2306	21.993	2.0	60.980	-61.317	109.717	1.0	0.40	0.18	-18.565	1.0	18.407	1.0	27-ene 14-nov	73.70 291.54	7.67	13-may 1-ago	79.71 285.53	7.99
Edzná, Vieja Hechicera	T	E	PosTa	19.6016	90.2378	22.618	1.0	60.348	-60.892	110.342	1.0	0.38	0.18	-19.156	1.0	18.991	1.0	24-ene 17-nov	68.14 297.10	8.21	16-may 29-jul	74.05 291.20	8.54
Ek Balam, Acrópolis (Estr. 1), muros superiores	P	S	CTa	20.8925	88.1358	0.893	2.0	68.436	-69.763	92.367	1.0	-0.08	-0.08	-2.451	1.0	1.970	1.0	14-mar 29-sep	166.25 198.99	5.07	26-mar 18-sep	176.56 188.68	5.10
El Caracol, Estr. C1-2a y C1-1-a - fase temprana	T	NSEW	PosTa	20.2800	86.9792	11.633	1.0	66.237	-67.245	100.943	0.7	-0.05	0.00	-10.480	0.7	10.054	0.7	21-feb 20-oct	124.10 241.15	3.87	16-abr 28-ago	133.54 231.70	3.95
El Caracol, Estr. C1-1-a - fase tardía	T	NSEW	PosTa	20.2800	86.9792	NA	NA	NA	NA	104.800	0.7	-0.05	NA	-14.090	0.7	NA	NA	11-feb 31-oct	103.23 262.01	4.27	NA NA	NA NA	NA
El Cedral, Estr. C15-1-a	T	W	PosTe	20.3667	86.9936	19.500	1.0	61.664	-62.518	107.983	1.0	0.00	0.00	-17.032	1.0	16.615	1.0	1-feb 9-nov	84.27 280.97	6.96	7-may 7-ago	92.68 272.56	7.14
El Gallinero, Estr. A-1	T	W	CTe-Ta	17.8254	89.4851	14.667	1.0	67.671	-66.861	104.667	1.0	0.42	0.92	-13.968	1.0	14.109	1.0	11-feb 30-oct	104.48 260.76	6.02	28-abr 16-ago	109.82 255.42	6.30
El Gallinero, Estr. A-2 y A-3	T/P	NS	CTe-Ta	17.8254	89.4851	5.333	2.0	71.999	-71.239	95.333	1.0	0.00	0.87	-5.248	1.0	5.216	1.0	7-mar 6-oct	152.09 213.15	5.13	3-abr 10-sep	159.86 205.38	5.21
El Gallinero, Estr. B-1	T/P	W	CTe-Ta	17.8276	89.4833	14.267	1.0	67.642	-67.363	104.267	1.0	0.00	0.68	-13.744	1.0	13.645	1.0	12-feb 29-oct	105.83 259.42	5.98	27-abr 17-ago	112.72 252.52	6.19
El Gallinero, Estr. C-4	T	S	CTe-Ta	17.8278	89.4822	24.500	1.0	59.928	-60.007	114.500	1.0	0.00	0.23	-23.438	1.0	23.159	1.0	13-dic 28-dic	14.76 350.48	20.48	10-jun 4-jul	23.92 341.33	23.91
El Gallinero, Estr. C-9	T	W	CTe-Ta	17.8269	89.4811	7.500	2.0	71.180	-70.766	97.500	2.0	-0.30	0.50	-7.423	2.0	7.148	2.0	1-mar 12-oct	140.83 224.42	10.48	8-abr 5-sep	149.68 215.56	10.67
El Gallinero, Estr. D-1	T/P	W	CTe-Ta	17.8283	89.4811	14.117	1.0	67.734	-67.453	104.117	1.0	-0.27	0.63	-13.703	1.0	13.485	1.0	12-feb 29-oct	106.07 259.17	5.97	26-abr 18-ago	113.71 251.53	6.16

TABLA 1 (P. 5 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	período	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					
El Meco, Castillo	T	E	PosTa	21.2111	86.8042	6.449	1.0	67.322	-68.424	95.958	0.3	-0.03	0.03	-5.776	0.4	5.359	0.4	6-mar	8-oct	149.18	216.07	2.07	3-abr	9-sep	159.00	206.25	2.10	
El Mirador, Acrópolis Sur	TR	N	PreTa	17.7507	89.9158	NA	NA	NA	NA	97.633	1.0	1.82	-0.20	-6.802	1.0	7.022	1.0	3-mar	10-oct	144.25	220.99	5.19	8-abr	5-sep	150.29	214.95	5.31	
El Mirador, Grupo Chicharras	TR	W	PreTa	17.7564	89.9169	NA	NA	NA	NA	97.367	1.0	1.08	2.68	-6.798	1.0	7.756	1.0	3-mar	10-oct	144.27	220.97	5.19	10-abr	3-sep	146.37	218.87	5.37	
El Mirador, Grupo Tecolote	TR	NEW	PreTa	17.7539	89.9183	NA	NA	NA	NA	97.833	1.0	1.60	-0.20	-7.065	1.0	7.212	1.0	2-mar	11-oct	142.88	222.36	5.21	8-abr	5-sep	149.28	215.96	5.33	
El Mirador, Grupo Tres Micos	TR	W	PreTa	17.7517	89.9153	3.717	1.0	71.331	-72.419	93.833	1.0	3.15	2.92	-2.753	1.0	4.466	1.0	13-mar	30-sep	164.96	200.28	5.06	1-abr	12-sep	163.66	201.58	5.16	
El Mirador, pirámide El Tigre	TR	E	PreTa	17.7561	89.9211	11.200	1.0	68.417	-69.782	101.833	1.0	-0.10	-0.33	-11.471	1.0	10.961	1.0	18-feb	22-oct	119.19	246.05	5.60	19-abr	25-ago	128.66	236.58	5.71	
El Mirador, pirámide Monos	TR	N	PreTa	17.7521	89.9218	NA	NA	NA	NA	101.767	1.0	-0.03	-0.33	-11.383	1.0	10.898	1.0	19-feb	22-oct	119.68	245.57	5.59	19-abr	26-ago	129.02	236.22	5.70	
El Mirador, pirámide Pava	TR/GE	N	PreTa	17.7511	89.9060	NA	NA	NA	NA	104.500	1.0	0.00	-0.25	-13.969	1.0	13.524	1.0	11-feb	30-oct	104.73	260.52	6.01	26-abr	18-ago	113.51	251.73	6.15	
El Rey, Estr. 2	T	S	PosTa	21.0617	86.7811	13.977	2.0	64.411	-65.384	101.533	1.0	0.00	0.00	-10.963	1.0	10.543	1.0	20-feb	22-oct	121.42	243.83	5.59	17-abr	26-ago	130.76	234.48	5.71	
El Rey, Estr. 3A	T	W	PosTa	21.0617	86.7811	11.560	1.0	65.591	-66.610	103.544	0.5	0.50	0.00	-12.616	0.5	12.412	0.5	15-feb	26-oct	112.00	253.25	2.91	23-abr	21-ago	119.82	245.42	3.00	
El Rey, Estr. 19A	T	E	PosTa	21.0606	86.7817	13.976	2.0	64.413	-65.386	104.242	0.4	1.50	0.00	-12.845	0.4	13.060	0.4	15-feb	27-oct	110.66	254.58	2.34	25-abr	19-ago	115.90	249.35	2.45	
El Rey, Estr. 22	T/P	E	PosTa	21.0606	86.7814	13.560	1.0	64.628	-65.609	102.387	0.7	1.50	0.00	-11.123	0.7	11.337	0.7	19-feb	22-oct	120.52	244.73	3.92	20-abr	24-ago	126.18	239.06	4.08	
El Tigre, Estr. 1, edificio superior	T	N	PreTa	18.1206	90.8371	14.083	1.0	66.963	-67.749	103.341	0.3	0.20	0.62	-12.773	0.3	12.718	0.3	15-feb	26-oct	111.78	253.46	1.74	24-abr	20-ago	118.40	246.85	1.80	
El Tigre, Estr. 2	GE	E	PreTa	18.1230	90.8373	NA	NA	NA	NA	98.741	0.3	0.22	0.70	-8.402	0.3	8.384	0.3	27-feb	14-oct	135.87	229.38	1.59	11-abr	1-sep	142.98	222.26	1.63	
Hochob, Estr. 1	T/P	W	CTa	19.4089	89.7708	3.260	2.0	69.775	-70.884	93.983	1.0	-0.17	0.00	-4.011	1.0	3.569	1.0	10-mar	3-oct	158.33	206.91	5.10	30-mar	14-sep	168.38	196.87	5.15	
Hochob, Estr. 2	T/P	S	CTa	19.4089	89.7708	17.760	2.0	63.499	-64.348	107.858	1.0	-0.17	-0.17	-17.076	1.0	16.545	1.0	1-feb	9-nov	84.27	280.97	6.95	6-may	8-ago	93.45	271.79	7.07	
Hochob, Estr. 5 y 6	T/P	N	CTa	19.4089	89.7708	10.635	2.0	67.468	-68.464	99.733	2.0	-0.17	0.00	-9.432	2.0	8.986	2.0	24-feb	17-oct	130.03	235.22	10.81	13-abr	31-ago	139.70	225.54	11.01	
Hormiguero, Estr. II	T/P	S	CTa	18.4100	89.4928	15.000	1.0	65.978	-66.854	105.033	0.5	0.00	0.00	-14.427	0.5	14.066	0.5	10-feb	31-oct	101.49	263.75	3.07	28-abr	16-ago	109.96	255.28	3.16	
Hormiguero, Estr. V	T/P	N	CTa	18.4108	89.4928	8.683	2.0	69.202	-70.212	98.967	0.3	0.00	0.00	-8.681	0.3	8.327	0.3	26-feb	15-oct	134.05	231.19	1.60	11-abr	2-sep	143.30	221.94	1.63	
Ichkabal, Estr. 4	T	W	CTe	18.6867	88.6650	7.339	1.0	69.995	-70.580	97.522	0.5	0.12	0.42	-7.262	0.5	7.100	0.5	2-mar	11-oct	141.67	223.57	2.61	8-abr	5-sep	149.93	215.31	2.67	
Ichkabal, Estr. 5	T	W	CTe	18.6850	88.6653	8.401	1.0	NA	-70.097	100.372	0.5	0.18	0.72	-9.933	0.5	9.910	0.5	23-feb	18-oct	127.45	237.80	2.72	16-abr	28-ago	134.62	230.63	2.80	
Izamal, Chaltunhá	T	N	CTer-PosTe	20.9244	89.0253	30.226	2.0	53.461	-54.154	120.350	1.5	0.00	0.00	-28.392	1.5	27.928	1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Izamal, Habuc, parte poniente	P	E	CTe	20.9292	89.0181	6.626	1.0	67.542	-68.640	96.600	1.0	0.00	0.00	-6.368	1.0	5.957	1.0	4-mar	9-oct	146.31	218.93	5.18	5-abr	8-sep	155.99	209.25	5.25	
Izamal, Itzamatul, parte superior	T	W	PosTe	20.9337	89.0158	10.126	2.0	66.324	-67.364	100.600	1.0	-0.07	-0.07	-10.130	1.0	9.655	1.0	22-feb	19-oct	126.08	239.16	5.48	15-abr	29-ago	135.87	229.38	5.59	
Izamal, Kinich Kak Moo	T	S	PreTa-CTe	20.9373	89.0165	15.500	0.5	63.586	-64.692	104.833	0.5	-0.10	-0.10	-14.088	0.5	13.577	0.5	11-feb	30-oct	104.01	261.23	3.02	27-abr	18-ago	113.18	252.06	3.08	

TABLA 1 (P. 6 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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
Jaina, Zayosal, Estr. II	T/P	E	CTa	20.2086	90.4861	10.060	2.0	67.001	-68.165	100.783	2.0	0.00	-0.12	-10.313	2.0	9.860	2.0	22-feb 20-oct	125.23 240.02	10.98	16-abr 28-ago	134.84 230.40	11.20
Janán I, Estr. C8-2-a	T	E	PosTa	20.5542	86.7386	24.750	1.5	57.862	-58.628	116.500	1.5	-0.07	0.00	-24.947	1.5	24.472	1.5	21-dic 21-dic	0.00 365.24	8.29	22-jun 22-jun	0.00 365.24	25.16
Kabah, Codz Pop	P	W	CTa-Ter	20.2483	89.6469	13.326	1.0	65.430	-65.648	104.300	1.0	0.15	0.37	-13.537	1.0	13.353	1.0	12-feb 29-oct	106.74 258.50	5.96	26-abr 18-ago	114.33 250.92	6.17
Kabah, Gran Pirámide (Estr. 1B2)	T	S	CTa-Ter	20.2503	89.6489	11.576	1.0	66.294	-66.486	100.925	1.0	-0.03	0.35	-10.456	1.0	10.189	1.0	21-feb 20-oct	124.35 240.89	5.51	16-abr 27-ago	132.94 232.30	5.65
Kabah, Grupo Oeste, Estr. 2A1	T/P	E	CTa-Ter	20.2485	89.6544	14.843	1.5	64.610	-65.397	105.567	1.5	0.17	0.23	-14.714	1.5	14.479	1.5	9-feb 2-nov	99.59 265.65	9.32	29-abr 15-ago	107.24 258.00	9.64
Kohunlich, Edificio de los Mascarones	T	W	CTe	18.4191	88.7890	0.610	1.0	71.005	-72.137	90.428	0.2	-0.18	0.90	-0.655	0.2	0.560	0.2	19-mar 25-sep	175.42 189.83	1.01	22-mar 22-sep	181.55 183.69	1.01
Kohunlich, El Rey (Estr. VI)	T/P	E	CTa	18.4193	88.7917	10.860	0.5	68.219	-67.862	99.611	0.2	0.00	0.00	-9.296	0.2	8.933	0.2	24-feb 17-oct	130.76 234.48	1.08	13-abr 31-ago	139.99 225.25	1.10
Kohunlich, Yaxná, Estr. E1	T	S	CTe	18.4250	88.7947	2.360	1.0	70.867	-71.992	88.583	1.0	0.00	0.00	1.165	1.0	-1.523	1.0	23-mar 20-sep	180.63 184.62	5.07	17-mar 27-sep	171.03 194.21	5.05
Kohunlich, Yaxná, Estr. E2 y E3	T	W	CTe	18.4250	88.7947	-5.890	3.0	70.145	-71.228	84.083	2.0	0.00	0.00	5.432	2.0	-5.792	2.0	4-abr 9-sep	158.73 206.51	10.44	6-mar 8-oct	149.30 215.95	10.31
Kohunlich, Pixá'an, Estr. E-1	P	S	CTa	18.4178	88.7906	9.610	1.0	68.796	-69.279	100.333	0.5	-0.20	0.83	-10.058	0.5	9.930	0.5	22-feb 19-oct	126.63 238.62	2.73	16-abr 28-ago	134.45 230.79	2.80
La Blanca, Estr. 6J2, ala oeste	P	EW	CTa	16.9109	89.4354	-18.303	0.2	69.187	-65.230	73.431	0.5	0.27	4.67	15.760	0.5	-14.430	0.7	4-may 10-ago	98.89 266.35	3.39	10-feb 31-oct	101.47 263.77	4.29
La Blanca, Estr. 6J2, ala sur	P	ES	CTa	16.9109	89.4354	NA	NA	NA	NA	70.880	0.5	0.23	4.25	18.177	0.5	-16.975	0.7	12-may 2-ago	81.30 283.94	3.94	1-feb 9-nov	84.97 280.27	4.83
La Expedición, grupo C25-1	T	WNE	PosTa	20.5539	86.7450	31.339	1.0	52.767	-53.438	121.375	1.0	0.00	0.00	-29.405	1.0	28.944	1.0	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
La Palma, Estr. C5-1-a	T	E	PosTa	20.4700	86.7925	16.250	1.5	63.621	-64.605	107.000	1.5	-0.07	0.10	-16.135	1.5	15.732	1.5	4-feb 6-nov	90.24 275.00	9.97	3-may 10-ago	98.67 266.57	10.24
Labná, El Mirador	T	S	CTa-Ter	20.1711	89.5782	15.060	1.0	65.037	-63.612	104.283	1.0	0.58	0.63	-13.347	1.0	13.454	1.0	13-feb 28-oct	107.87 257.37	5.92	26-abr 18-ago	113.70 251.55	6.19
Labná, Palacio, edificios superiores	P	S	CTa-Ter	20.1731	89.5786	24.560	2.0	58.701	-57.473	115.283	1.0	0.52	0.13	-23.617	1.0	23.480	1.0	21-dic 21-dic	0.00 365.24	31.29	17-jun 27-jun	10.62 354.62	25.20
Lacanhá, Edificio de las Columnas	T	N	CTa	16.7337	91.1128	41.610	2.0	46.895	-44.797	133.360	1.0	0.45	1.37	-41.117	1.0	41.493	1.5	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Lacanhá, Edificio Noroeste	T	E	CTa	16.7379	91.1144	43.360	1.0	45.270	-41.543	131.985	2.0	0.60	4.12	-39.778	2.0	41.211	3.0	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Las Delicias, Estr. 2	TR	W	CTe	18.0517	89.5794	14.500	1.0	66.558	-67.434	104.333	1.0	-0.12	-0.13	-13.834	1.0	13.385	1.0	11-feb 29-oct	105.28 259.96	6.00	26-abr 18-ago	114.32 250.92	6.14
Limonas, estr. principal	T	W	CTe-Ta	19.0214	88.1103	16.191	1.0	64.768	-65.660	106.100	1.0	0.00	0.00	-15.392	1.0	15.004	1.0	7-feb 3-nov	95.68 269.57	6.36	1-may 13-ago	104.08 261.16	6.53
Mayapán, Estr. Q-58	T	E	PosTa	20.6293	89.4608	-3.324	2.0	68.550	-69.682	85.983	2.0	0.00	0.00	3.556	2.0	-3.961	2.0	30-mar 14-sep	168.38 196.87	10.33	10-mar 3-oct	158.52 206.72	10.24
Mayapán, Estr. Q-80 (T. de los Nichos Pintados)	T	N	PosTa	20.6293	89.4608	4.760	1.0	68.292	-69.411	92.775	1.0	0.00	0.00	-2.799	1.0	2.395	1.0	13-mar 30-sep	164.45 200.79	5.09	27-mar 17-sep	174.35 190.89	5.13
Mayapán, Estr. Q-152 (Templo Redondo)	T	W	PosTa	20.6293	89.4608	14.551	1.0	64.461	-65.414	103.650	1.0	0.00	0.00	-12.966	1.0	12.552	1.0	14-feb 27-oct	109.95 255.29	5.88	23-abr 20-ago	118.98 246.26	6.03
Mayapán, Estr. Q-162 (Castillo)	T	N	PosTa	20.6293	89.4608	3.926	1.5	68.332	-69.580	95.275	0.5	-0.08	-0.08	-5.174	0.5	4.697	0.5	7-mar 6-oct	152.29 212.95	2.58	2-abr 11-sep	162.46 202.78	2.61
Muyil, Castillo, etapa tardía	T	W	PosTe	20.0789	87.6114	14.085	0.8	65.162	-66.185	100.683	1.5	-0.10	0.00	-10.269	1.5	9.826	1.5	22-feb 20-oct	125.32 239.93	8.25	15-abr 28-ago	134.91 230.33	8.42

TABLA 1 (P. 7 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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
Muyil, Castillo, etapa temprana	T	E	PosTe	20.0789	87.6114	14.960	0.5	64.676	-65.696	104.178	0.7	-0.10	0.05	-13.545	0.7	13.119	0.7	12-feb 29-oct	106.61 258.63	4.18	25-abr 19-ago	115.66 249.58	4.29
Muyil, Estr. 9K-1 (Templo 8)	T	N	CTa-PosTe	20.0806	87.6111	19.960	0.5	61.560	-62.398	106.412	0.3	0.00	0.00	-15.593	0.4	15.184	0.4	6-feb 4-nov	94.03 271.21	2.58	2-may 12-ago	102.64 262.60	2.65
Nadzcaan, Grupo Ahkin	T	N	CTe	18.6064	89.8458	10.410	1.5	68.452	-69.263	98.800	1.0	0.20	0.00	-8.440	1.0	8.155	1.0	27-feb 14-oct	135.46 229.78	5.31	11-abr 2-sep	144.27 220.98	5.42
Nakbé, Estr. 1	T	E	PreM	17.6817	89.8351	1.000	2.0	71.395	-72.943	91.000	2.0	-0.05	-0.30	-1.139	2.0	0.674	2.0	18-mar 26-sep	173.29 191.95	10.07	22-mar 21-sep	182.42 182.82	10.09
Nakbé, Estr. 47 y 51	GE	EW	PreM	17.6833	89.8292	8.583	2.0	69.717	-70.940	100.600	2.0	0.00	-0.13	-10.264	2.0	9.872	2.0	22-feb 19-oct	126.13 239.11	10.90	16-abr 28-ago	134.76 230.48	11.11
Nakbé, Estr. 59	TR	W	PreTa	17.6828	89.8272	7.000	2.0	70.316	-71.538	97.000	2.0	0.03	-0.25	-6.824	2.0	6.405	2.0	3-mar 10-oct	144.14 221.10	10.4	6-abr 7-sep	153.56 211.68	10.5
Nuevo Chetumal, Edificio 1	T	N	CTa	16.8694	91.3246	-37.030	2.0	51.407	-49.634	57.970	2.0	10.47	2.87	33.473	2.5	-29.580	2.0	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	
Oxkintok, Estr. CA-14	T	W	CTa	20.5611	89.9528	2.710	2.0	69.861	-69.835	90.911	0.2	1.00	0.25	-0.643	0.2	0.758	0.2	19-mar 25-sep	175.41 189.83	1.01	22-mar 21-sep	182.51 182.73	1.01
Oxkintok, Estr. DZ-8 (Castillo)	T	W	CTa	20.5619	89.9544	10.726	1.0	67.666	-67.427	100.222	0.6	0.78	0.20	-9.440	0.6	9.447	0.6	24-feb 17-oct	129.98 235.26	3.24	14-abr 29-ago	137.15 228.10	3.33
Oxkintok, Estr. MA-1	T	N	CTa	20.5603	89.9539	-3.274	1.0	69.215	-69.756	86.575	1.0	0.78	-0.10	3.330	1.0	-3.450	1.0	29-mar 15-sep	169.61 195.63	5.14	12-mar 2-oct	161.18 204.06	5.09
Oxtankah, Plaza Abejas, Estr. I	T	W	CTe	18.6072	88.2344	21.776	1.0	61.266	-62.036	111.375	1.0	-0.12	0.00	-20.449	1.0	20.012	1.0	19-ene 22-nov	57.85 307.39	9.36	20-may 25-jul	65.90 299.34	9.36
Oxtankah, Plaza Abejas, Estr. III	P	N	CTe	18.6069	88.2353	17.776	1.3	64.059	-64.908	107.750	1.0	-0.12	0.00	-17.031	1.0	16.602	1.0	1-feb 9-nov	84.83 280.41	6.90	7-may 8-ago	93.24 272.00	7.07
Oxtankah, Plaza Abejas, Estr. IV	T/P	E	CTe-Ta	18.6072	88.2358	21.526	0.6	61.448	-62.223	111.125	1.0	-0.12	0.00	-20.214	1.0	19.777	1.0	20-ene 21-nov	60.03 305.21	9.07	19-may 26-jul	68.07 297.18	9.11
Oxtankah, Plaza Columnas, Estr. VI	T	W	CTe-Ta	18.6053	88.2358	25.026	1.0	58.818	-59.532	117.058	1.0	-0.12	0.00	-25.790	1.0	25.335	1.0	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	
Oxtankah, Plaza Columnas, Estr. X	P	S	CTa	18.6053	88.2361	21.510	0.2	61.461	-62.237	111.473	0.2	0.00	0.00	-20.493	0.2	20.103	0.2	18-ene 23-nov	57.04 308.20	1.90	21-may 24-jul	64.70 300.54	1.91
Palenque, Templo de la Cruz	T	S	CTa	17.4828	92.0453	29.825	1.0	55.311	-46.950	120.115	1.0	12.00	-0.37	-23.963	2.0	28.240	1.0	21-dic 21-dic	0.00 365.24	41.10	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA
Palenque, Templo de la Cruz Foliada	T	W	CTa	17.4819	92.0453	42.105	1.0	44.624	NA	131.105	1.0	NA	-0.40	NA	NA	38.421	1.0	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	
Palenque, Templo de las Inscripciones	T	N	CTa	17.4836	92.0468	22.105	1.0	61.458	NA	112.821	0.1	8.00	1.00	-18.977	1.0	21.905	0.2	25-ene 16-nov	70.18 295.07	7.99	31-may 14-jul	44.70 320.54	2.67
Palenque, Templo del Conde	T	E	CTa	17.4856	92.0456	16.355	1.0	65.515	-55.120	107.011	0.5	2.58	2.00	-15.463	0.5	16.729	0.5	6-feb 4-nov	95.00 270.24	3.20	7-may 7-ago	92.15 273.10	3.57
Palenque, Templo del Sol	T	E	CTa	17.4825	92.0456	30.599	0.5	54.686	NA	121.537	0.3	NA	-0.15	NA	NA	29.665	0.3	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	
Plan de Ayutla, Acrópolis Oeste	T	NE	CTe	16.7836	91.2815	44.273	1.0	43.112	-41.378	134.398	1.0	0.48	1.27	-42.040	1.5	42.407	1.5	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	
Pomoná, Estr. 1	T	S	CTe	17.4853	91.5701	9.765	1.0	69.758	-68.925	99.390	0.5	-0.15	0.12	-9.180	0.5	8.822	0.5	25-feb 16-oct	131.51 233.73	2.68	13-abr 31-ago	140.64 224.60	2.74
Pomoná, Estr. 4	T	E	CTa	17.4849	91.5706	14.526	1.0	66.967	-66.486	104.309	0.5	-0.18	-0.08	-13.879	0.5	13.427	0.5	11-feb 30-oct	104.82 260.42	3.01	26-abr 18-ago	113.95 251.29	3.08
Poxilá, Estr. 1	T/P	W	PreM	20.8181	89.8067	0.776	1.5	68.595	-69.741	91.417	2.0	0.00	0.00	-1.528	2.0	1.120	2.0	17-mar 26-sep	171.33 193.91	10.07	23-mar 20-sep	180.57 184.67	10.10
Rio Bec, Grupo A, Estr. 1	T/P	N	CTa	18.3806	89.3581	8.926	2.0	69.926	-69.904	100.858	0.5	0.38	0.53	-10.331	0.5	10.322	0.5	22-feb 20-oct	125.13 240.11	2.75	17-abr 27-ago	132.25 233.00	2.83

TABLA 1 (P. 8 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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					
Río Bec, Grupo B, Estr. 1	T/P	E	CTa	18.3751	89.3589	6.051	0.5	70.534	-70.746	96.822	0.3	0.33	1.92	-6.523	0.3	6.982	0.3	4-mar	10-oct	145.41	219.83	1.56	8-abr	5-sep	150.54	214.70	1.60	
Río Bec, Grupo D, estr. principal	P	N	CTa	18.3731	89.3594	3.176	2.0	70.814	-71.913	94.004	0.7	0.20	1.42	-3.900	0.7	4.137	0.7	11-mar	3-oct	158.90	206.35	3.57	31-mar	13-sep	165.45	199.79	3.62	
Sabana Piletas, Grupo Columnitas, ed. superior	P	N	CTa	20.1064	89.6169	NA	NA	NA	NA	120.175	0.5	0.72	0.20	-28.057	1.0	28.037	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Claudio, Estr. 1	T	N	CTe	17.3360	91.1588	16.834	1.0	65.521	-61.292	106.287	2.0	0.05	1.23	-15.685	2.0	15.792	2.0	6-feb	4-nov	93.80	271.44	12.89	4-may	11-ago	98.85	266.40	13.55	
San Claudio, Estr. 12	T/P	?	CTe	17.3375	91.1611	27.787	1.0	57.228	-53.639	117.537	1.0	0.58	0.13	-26.147	1.0	26.051	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Gervasio, Estr. 4-a y 4-b (El Álamo y Los Murales)	T/P	E	PosTa	20.5000	86.8467	32.767	1.0	51.636	-52.288	119.217	0.5	0.00	0.00	-27.431	0.5	26.979	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Gervasio, Estr. 5-a (Palacio)	P	E	PosTa	20.5000	86.8467	21.000	2.0	60.564	-61.393	115.000	1.0	0.00	0.00	-23.537	1.0	23.099	1.0	21-dic	21-dic	0.00	365.24	31.64	11-jun	3-jul	22.01	343.23	22.00	
San Gervasio, Estr. 6-b	P	W	PosTa	20.4997	86.8464	39.333	1.0	46.133	-46.716	127.583	2.0	0.00	0.00	-35.084	2.0	34.594	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Gervasio, Estr. 25-a (Manitas)	P	S	PosTa	20.4995	86.8450	26.267	1.0	56.763	-57.503	117.182	0.5	0.00	0.00	-25.555	0.5	25.110	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Gervasio, Estr. 32-a (Nohoch Nah)	T	EW	PosTa	20.5025	86.8433	-17.858	1.5	62.620	-63.507	71.288	0.3	0.00	0.00	17.276	0.3	-17.697	0.3	9-may	5-ago	87.68	277.56	2.24	30-ene	12-nov	79.38	285.86	2.19	
San Gervasio, Murciélagos, Estr. 34-a	P	W	CTa	20.5039	86.8464	42.750	1.5	43.177	-43.731	134.167	1.0	0.00	0.00	-41.002	1.0	40.471	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Gervasio, Murciélagos, Estr. 34-d	T/P	E	PosTa	20.5039	86.8464	14.267	1.0	64.717	-65.675	104.000	2.0	0.00	0.00	-13.303	2.0	12.890	2.0	13-feb	28-oct	107.96	257.28	11.88	24-abr	19-ago	116.94	248.30	12.19	
San Gervasio, Murciélagos, Estr. 34-e	P	N	PosTa	20.5039	86.8464	37.667	1.5	47.552	-48.151	126.617	1.0	0.00	0.00	-34.205	1.0	33.720	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Gervasio, El Ramonal, Acrópolis	T/P	S	CTe	20.5031	86.8525	NA	NA	NA	NA	120.038	0.5	-0.10	-0.08	-28.235	0.5	27.691	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Gervasio, El Ramonal, Estr. 38-a	T	E	PosTa	20.5014	86.8522	24.667	1.0	57.956	-58.722	114.600	0.8	0.00	0.00	-23.167	0.8	22.730	0.8	12-dic	31-dic	18.82	346.42	18.81	7-jun	7-jul	30.30	334.95	18.06	
San Gervasio, El Ramonal, Estr. 41-a (Ka'na Nah)	T	W	PosTa	20.5021	86.8517	24.583	2.0	57.935	-58.824	114.433	1.0	-0.10	-0.07	-23.058	1.0	22.545	1.0	11-dic	1-ene	21.58	343.67	21.57	5-jun	9-jul	33.71	331.53	33.70	
San Gervasio, El Ramonal, Estr. 48a (VI-2a)	P	W	CTa	20.5031	86.8525	25.662	0.2	NA	-57.966	114.828	0.7	0.00	0.00	-23.378	0.7	22.941	0.7	13-dic	29-dic	15.25	349.99	15.54	8-jun	6-jul	27.85	337.40	27.84	
Santa Rosa Xtampak, El Palacio	T/P	E	CTa	19.7722	89.5989	28.626	1.0	55.350	-56.028	117.850	0.5	-0.17	0.00	-26.367	0.5	25.865	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sayil, El Mirador	T	S	CTa	20.1744	89.6519	12.593	2.0	67.803	-66.589	104.317	1.0	1.50	0.50	-13.010	1.0	13.430	1.0	14-feb	27-oct	109.98	255.27	5.85	26-abr	18-ago	113.93	251.31	6.17	
Sayil, Palacio Norte, piso superior	P	S	CTa-Ter	20.1781	89.6519	14.093	2.0	66.406	-65.699	104.650	0.7	0.75	1.33	-13.621	0.7	14.076	0.7	12-feb	29-oct	106.24	259.00	4.18	28-abr	16-ago	109.81	255.43	4.43	
Sayil, Palacio Sur	P	E	CTa-Ter	20.1690	89.6533	17.343	2.0	63.954	-63.816	108.067	1.0	0.50	1.00	-16.915	1.0	17.139	1.0	2-feb	9-nov	85.22	280.02	6.90	8-may	5-ago	89.04	276.20	7.35	
Tabasqueño, Estr. 1	T/P	NS	CTa-Ter	19.5004	89.7836	14.760	1.0	65.011	-65.691	104.851	0.4	-0.18	-0.25	-14.250	0.5	13.683	0.5	10-feb	31-oct	102.45	262.80	3.05	27-abr	17-ago	112.28	252.96	3.12	
Tabasqueño, Estr. 3	T/P	N	CTa-Ter	19.5000	89.7839	12.010	1.0	66.472	-67.361	101.483	0.5	-0.22	-0.23	-11.096	0.5	10.528	0.5	19-feb	22-oct	120.80	244.44	2.79	17-abr	26-ago	131.02	234.22	2.85	
Tancah, Estr. 1	T	W	PosTa	20.2467	87.4125	13.185	1.5	65.501	-66.614	104.158	1.0	-0.13	0.00	-13.528	1.0	13.062	1.0	13-feb	29-oct	106.62	258.63	5.98	25-abr	19-ago	115.88	249.36	6.13	
Tancah, Estr. 6	T	S	PosTe	20.2467	87.4125	24.310	1.0	58.566	-58.957	114.283	1.0	-0.12	0.07	-22.963	1.0	22.510	1.0	9-dic	3-ene	24.40	340.84	24.40	4-jun	9-jul	34.85	330.40	21.23	

TABLA 1 (P 9 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

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
Tancah, Estr. 10	T	S	PosTa	20.2464	87.4131	9.810	1.0	67.344	-68.222	100.908	1.0	-0.12	0.08	-10.478	1.0	10.060	1.0	21-feb 20-oct	124.11 241.13	5.53	16-abr 27-ago	133.50 231.74	5.65
Tancah, Estr. 12	T	E	PosTe	20.2461	87.4142	28.310	2.0	55.336	-56.089	119.533	1.0	-0.13	0.00	-27.832	1.0	27.322	1.0	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Tikal, Acrópolis Central, Estr. 5D-46	P	EW	CTe	17.2212	89.6223	6.000	1.0	71.153	-72.072	94.350	1.0	0.00	0.27	-4.319	1.0	4.085	1.0	9-mar 4-oct	156.85 208.40	5.10	31-mar 13-sep	165.72 199.53	5.15
Tikal, Acrópolis Central, Estr. 5D-52	P	S	CTa	17.2210	89.6229	15.000	1.0	66.664	-67.507	106.000	1.0	0.02	0.17	-15.428	1.0	15.156	1.0	7-feb 4-nov	95.23 270.01	6.38	2-may 12-ago	102.93 262.31	6.60
Tikal, Acrópolis Central, Estr. 5D-54	P	E	CTa	17.2212	89.6228	10.250	1.0	69.380	-70.174	100.000	1.0	0.02	0.10	-9.707	1.0	9.417	1.0	23-feb 18-oct	128.53 236.71	5.43	14-abr 30-ago	137.31 227.93	5.55
Tikal, Acrópolis Norte, Estr. 5D-22	TR	S	CTe-Ta	17.2231	89.6234	11.379	1.0	68.812	-69.634	100.217	0.4	0.00	0.05	-9.920	0.4	9.606	0.4	23-feb 19-oct	127.38 237.86	2.18	15-abr 29-ago	136.27 228.98	2.23
Tikal, Acrópolis Norte, Estr. 5D-33	T	S	CTa	17.2226	89.6235	8.250	1.0	70.307	-71.224	97.600	1.0	-0.02	0.15	-7.428	1.0	7.146	1.0	1-mar 12-oct	140.69 224.55	5.25	8-abr 5-sep	149.66 215.58	5.34
Tikal, Complejo O	T	EWNS	CTa	17.2253	89.6233	NA	NA	NA	NA	97.000	1.0	0.07	1.15	-6.826	1.0	6.916	1.0	3-mar 10-oct	143.84 221.40	5.21	7-abr 5-sep	150.90 214.35	5.32
Tikal, Complejo P	T	EWNS	CTa	17.2296	89.6226	NA	NA	NA	NA	91.000	1.0	-0.08	0.08	-1.149	1.0	0.821	1.0	18-mar 26-sep	172.85 192.39	5.06	23-mar 21-sep	182.41 182.83	5.08
Tikal, Complejo Q	T	EWNS	CTa	17.2252	89.6194	NA	NA	NA	NA	96.850	1.0	0.08	2.63	-6.677	1.0	7.246	1.0	3-mar 10-oct	144.61 220.63	5.21	8-abr 4-sep	149.13 216.11	5.35
Tikal, Estr. 5C-13 (Palacio de las Ventanas)	P	E	CTa	17.2220	89.6276	13.250	1.0	67.732	-68.645	101.350	1.0	-0.03	0.12	-11.013	1.0	10.710	1.0	20-feb 22-oct	121.35 243.89	5.57	18-abr 26-ago	130.04 235.20	5.71
Tikal, Grupo H, Estr. 3D-40	T	W	CTa	17.2291	89.6216	4.515	0.2	71.610	-72.511	93.815	0.2	0.00	0.22	-3.808	0.2	3.556	0.2	11-mar 3-oct	159.37 205.88	1.02	30-mar 14-sep	168.45 196.80	1.03
Tikal, Grupo H, Estr. 3D-43	T	S	CTa	17.2297	89.6218	8.778	0.5	70.098	-70.864	97.703	0.2	0.03	0.13	-7.508	0.2	7.238	0.2	1-mar 12-oct	140.26 224.98	1.05	8-abr 4-sep	149.18 216.07	1.07
Tikal, Mundo Perdido, Estr. 5C-49	T	S	CTe-Ta	17.2206	89.6281	3.000	1.0	71.803	-72.875	93.500	0.7	-0.03	0.03	-3.519	0.7	3.191	0.7	12-mar 2-oct	160.92 204.32	3.56	29-mar 15-sep	170.31 194.93	3.58
Tikal, Mundo Perdido, Estr. 5C-54 y 5D-86	GE	EW	PreM-Ta-CTe	17.2199	89.6271	4.000	1.0	71.697	-72.699	94.500	0.7	-0.03	0.05	-4.474	0.7	4.152	0.7	9-mar 4-oct	156.23 209.02	3.57	31-mar 12-sep	165.28 199.96	3.60
Tikal, Templo II	T	E	CTa	17.2222	89.6241	10.780	0.5	69.118	-69.869	100.680	0.2	-0.03	0.23	-10.374	0.3	10.114	0.3	21-feb 20-oct	124.89 240.35	1.65	16-abr 28-ago	133.42 231.83	1.69
Tikal, Templo III	T	E	CTa	17.2220	89.6260	18.731	1.0	64.121	-65.119	103.651	0.5	-0.05	0.08	-13.214	0.5	12.891	0.5	13-feb 28-oct	108.78 256.47	2.94	24-abr 20-ago	117.23 248.01	3.03
Tikal, Templo IV	T	E	CTa	17.2237	89.6299	10.875	1.0	69.036	-70.188	101.791	0.5	-0.08	0.07	-11.451	0.5	11.112	0.5	18-feb 23-oct	118.90 246.34	2.81	19-abr 25-ago	127.73 237.51	2.88
Tikal, Templo V	T	N	CTa	17.2197	89.6237	11.500	1.0	68.718	-69.702	101.611	0.5	-0.05	0.00	-11.268	0.5	10.917	0.5	19-feb 22-oct	119.93 245.31	2.80	19-abr 25-ago	128.85 236.39	2.87
Tikal, Templo VI	T	W	CTa	17.2145	89.6145	9.375	0.5	70.044	-70.263	98.263	0.2	0.15	1.28	-8.002	0.3	8.165	0.4	28-feb 13-oct	137.66 227.58	1.59	11-abr 2-sep	144.18 221.06	2.17
Tipikal, Estr. 6	T	E/N	PreM-CTe	20.4097	89.3494	21.705	1.5	60.140	-60.602	111.692	1.5	0.25	0.00	-20.369	1.5	20.054	1.5	19-ene 21-nov	59.50 305.74	13.71	20-may 26-jul	66.10 299.14	13.89
Toniná, Templo de la Guerra	T	N	CTa	16.8987	92.0103	23.077	1.0	65.275	-60.171	114.327	0.7	0.80	1.70	-23.084	0.7	23.651	0.7	10-dic 2-ene	23.07 342.18	23.06	22-jun 22-jun	0.00 365.24	27.63
Toniná, Templo I (Estr. D5-2)	T	S	CTa	16.9021	92.0094	20.327	1.0	67.679	-62.702	109.163	0.5	0.90	0.58	-18.144	0.5	18.356	0.5	28-ene 13-nov	76.60 288.65	3.73	13-may 1-ago	79.88 285.36	4.00
Tulum, Estr. 1 (Castillo)	T	W	PosTa	20.2147	87.4289	21.326	1.0	60.533	-61.350	111.574	0.2	-0.13	0.03	-20.455	0.2	19.988	0.2	19-ene 23-nov	56.65 308.59	1.92	20-may 24-jul	65.06 300.18	1.91
Tulum, Estr. 21	P	NS	PosTa	20.2150	87.4294	22.993	2.0	59.355	-60.143	115.050	1.0	NA	1.50	NA	NA	23.841	1.0	NA NA	NA NA	NA	22-jun 22-jun	0.00 365.24	28.06

TABLA 1 (P. 11 DE 11). DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES ARQUITECTÓNICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	período	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
Xelhá, Casa de los Pájaros	P	NS	CTe	20.3183	87.3661	11.688	2.0	66.179	-67.185	99.483	1.0	-0.12	0.00	-9.139	1.0	8.686	1.0	25-feb 16-oct	131.73 233.51	5.36	12-abr 1-sep	141.38 223.86	5.47
Xelhá, Casa del Jaguar	T	S	PosTe-Ta	20.3231	87.3700	39.676	1.0	45.909	-46.485	129.983	3.0	0.00	0.00	-37.302	3.0	36.802	3.0	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Xelhá, El Palacio, parte norte	P	N	CTe-Ta	20.3189	87.3672	29.260	1.0	54.549	-55.242	120.452	0.3	-0.13	0.00	-28.666	0.5	28.150	0.5	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Xelhá, El Palacio, parte sur	P	EW	CTe-Ta	20.3189	87.3672	26.510	1.0	56.684	-57.417	116.093	1.0	-0.13	0.00	-24.638	1.0	24.140	1.0	21-dic 21-dic	0.00 365.24	3.88	22-jun 22-jun	0.00 365.24	24.38
Xelhá, Estr. de las Pilastras	P	S	CTe-Ta	20.3194	87.3669	32.760	2.0	51.730	-52.378	121.983	1.0	-0.13	0.00	-30.075	1.0	29.552	1.0	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Xlapak, Edificio B (suroeste)	P	EW	CTa-Ter	20.1744	89.6092	16.076	1.0	64.890	-62.672	108.717	2.0	1.80	0.88	-16.988	2.0	17.698	2.0	1-feb 9-nov	84.72 280.53	13.85	11-may 3-ago	84.85 280.39	15.26
Xlapak, Edificio C (noroeste)	T/P	EW	CTa-Ter	20.1753	89.6086	19.076	1.0	63.758	-61.221	111.613	0.5	1.17	1.22	-19.936	0.5	20.533	0.5	21-ene 20-nov	61.90 303.34	4.43	23-may 22-jul	60.22 305.02	5.09
Xlapak, Palacio	P	NS	CTa-Ter	20.1742	89.6061	18.076	1.0	63.036	-62.926	110.550	1.0	1.63	0.97	-18.758	1.0	19.442	1.0	26-ene 15-nov	71.70 293.54	7.86	18-may 27-jul	70.57 294.68	8.87
Xpuhil-I, Estr. I	T/P	E	CTa	18.5106	89.4064	6.550	1.5	70.197	-70.834	97.483	0.2	0.08	0.22	-7.240	0.3	6.999	0.3	2-mar 11-oct	141.68 223.57	1.57	8-abr 5-sep	150.45 214.79	1.60
Xpuhil-I, Estr. IV	T/P	E	CTa	18.5103	89.4047	3.583	1.0	71.040	-71.450	95.550	0.3	0.17	0.10	-5.376	0.3	5.123	0.3	7-mar 7-oct	151.35 213.90	1.29	3-abr 10-sep	160.34 204.90	1.30
Yaxchilán, Estr. 33	T	E	CTa	16.8987	90.9648	-35.317	0.5	52.377	NA	55.261	1.0	1.45	NA	33.417	1.5	NA	NA	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Yaxchilán, Estr. 39	T	N	CTa	16.8969	90.9667	23.899	1.0	61.488	-59.630	116.199	1.0	0.13	0.68	-25.116	1.0	25.066	1.0	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Yaxchilán, Estr. 40	T	E	CTa	16.8967	90.9666	-32.162	0.5	54.083	-53.245	55.949	1.0	0.67	3.00	32.473	1.0	-31.407	2.0	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Yaxchilán, Estr. 42	T/P	E	CTa	16.8996	90.9669	16.949	1.0	68.007	NA	107.199	1.0	0.73	1.65	-16.343	1.0	16.831	1.0	4-feb 7-nov	89.25 275.99	6.67	7-may 7-ago	91.41 273.83	7.19
Yaxchilán, Estr. 51	T/P	N	CTa	16.8995	90.9672	33.199	2.0	53.630	-51.221	121.794	0.4	0.33	1.07	-30.329	0.5	30.499	0.5	NA NA	NA NA	NA	NA NA	NA NA	NA NA
Yaxnohcah, Estr. A-1	TR	S	PreTa-CTe	17.9302	89.7413	13.000	1.0	67.521	-68.433	103.833	1.0	-0.17	-0.17	-13.388	1.0	12.908	1.0	13-feb 28-oct	108.18 257.06	5.90	24-abr 20-ago	117.26 247.98	6.02
Yaxnohcah, Estr. B-1 y B-3	GE	EW	CTe	17.9267	89.7444	11.000	2.0	68.582	-69.539	100.667	1.0	0.00	-0.08	-10.317	1.0	9.937	1.0	22-feb 19-oct	125.36 239.88	5.47	16-abr 28-ago	134.46 230.78	5.60
Yaxnohcah, Estr. C-1	TR	N	PreTa-CTe	17.9247	89.7480	14.667	1.0	66.553	-67.428	104.583	1.0	-0.03	-0.13	-14.049	1.0	13.632	1.0	11-feb 30-oct	104.24 261.00	6.03	27-abr 18-ago	112.85 252.40	6.17
Yaxnohcah, Estr. E-1	TR	N	PreTa-CTe	17.9223	89.7380	13.000	1.0	67.527	-68.439	103.500	1.0	-0.07	-0.12	-13.034	1.0	12.612	1.0	14-feb 27-oct	110.26 254.98	5.83	24-abr 21-ago	119.03 246.21	5.97
Yaxnohcah, Estr. E-6	T	N	PreTa-CTe	17.9198	89.7371	12.000	1.0	68.074	-69.009	103.167	1.0	-0.10	-0.15	-12.730	1.0	12.284	1.0	15-feb 26-oct	112.03 253.22	5.78	23-abr 22-ago	120.98 244.26	5.91
Yaxnohcah, Grupo F	T/P	S	PreM-Ta	17.9385	89.7281	24.000	2.0	60.009	-60.702	114.000	1.0	-0.07	2.25	-22.977	1.0	23.412	1.0	3-ene 6-dic	28.04 337.20	28.04	13-jun 2-jul	19.70 345.55	19.72

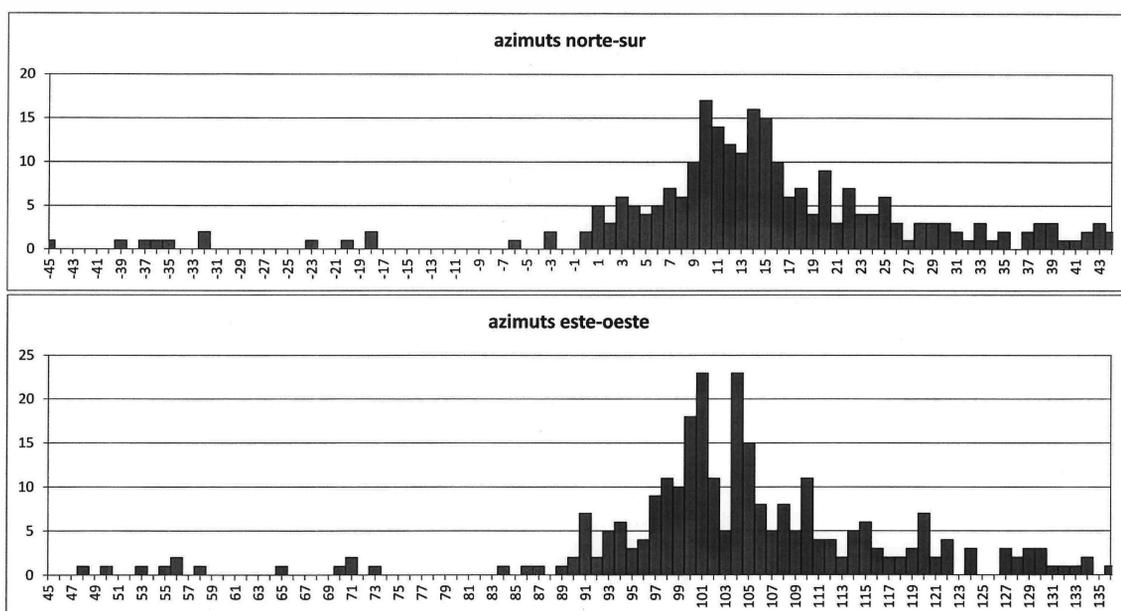


Figura 1. Distribución de frecuencias de los azimuts norte-sur y este-oeste de todas las orientaciones medidas.

Evidentemente, la distribución de los azimuts no es uniforme, como esperaríamos si fueran aleatorios, adecuados a la geomorfología local, o motivados por consideraciones de defensa o factores similares. En la falta de uniformidad en su distribución podemos ver un primer indicio de que las orientaciones en las tierras bajas mayas fueron destinadas, en su mayoría, a marcar los fenómenos astronómicos sobre el horizonte. No se observan concentraciones separadas por intervalos iguales, por lo que no es posible suponer que las orientaciones obedecieran a algún esquema geométrico, como el que fue propuesto por Tichy (1991).⁴

Los histogramas de los azimuts norte-sur y este-oeste (figura 1) no son iguales, debido a que las líneas norte-sur frecuentemente no son exactamente perpendiculares a las líneas este-oeste. La distribución de frecuencias de los azimuts norte-sur manifiesta concentraciones menos pronunciadas que la de los azimuts este-oeste, indicando la preponderante importancia astronómica de los ejes este-oeste de los edificios. En los dos histogramas también es patente la predominante desviación en el sentido de las manecillas de reloj con respecto a los rumbos cardinales, tendencia que prevalece también en otras partes del área mesoamericana y que, según la argumentación presentada en otros estudios (Šprajc 2001a: 88ss; 2004b), deriva de una combinación de consideraciones astronómicas y el simbolismo relacionado con los rumbos del mundo o partes del universo.

⁴ Según Tichy (1991), las orientaciones en la arquitectura mesoamericana reproducen la división del plano horizontal en secciones angulares de 4.5°. Para una evaluación más exhaustiva de esta y otras hipótesis del autor citado, v. Šprajc 2001a: 62ss.

Es significativo que la distribución de los azimuts en nuestra área de estudio, es decir, en las tierras bajas mayas, es bastante similar a la que manifiestan las orientaciones arquitectónicas en el centro de México (Šprajc 2001a: 57ss, figs. 4-7). En ambas regiones, aunque tan distantes, aparecen —además de la característica desviación en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales— las concentraciones más acentuadas cerca de los mismos valores (p. ej. 101° y 105°); como afirman Aveni y Hartung (1986: 7s), “if we find alignments that are confined to a narrow azimuthal range in a sample of buildings spread far apart in space [...] there can be no conceivable way of actually laying out the chosen direction other than by the use of astronomical bodies at the horizon as reference objects.”

3.2. DECLINACIONES

La distribución de frecuencias de las declinaciones que corresponden a los azimuts se presenta en las figuras 2 a 5. Los valores de declinación en la escala horizontal 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 14° incluye las declinaciones mayores de 13.5° y menores de o iguales a 14.5°.

Las figuras 2 y 3 presentan las distribuciones de frecuencias de las declinaciones que corresponden a los azimuts norte-sur y este-oeste, respectivamente. De manera abreviada, designaremos las declinaciones registradas en los horizontes norte, sur, este y oeste como declinaciones norte, sur, este y oeste. El hecho de que entre las declinaciones este y oeste predominan los valores negativos y positivos, respectivamente, se debe a que, como ya mencionamos, las orientaciones están mayormente desviadas de los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas de reloj (*cf.* figura 1). Así como en el caso de los azimuts, podemos notar que las declinaciones norte y sur manifiestan concentraciones menos pronunciadas que las este y oeste, sugiriendo la prevaleciente importancia astronómica de estas últimas.

Si bien es cierto que varios núcleos urbanos de los asentamientos mayas 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 visibilidad 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, debido a 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, 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. Por la misma razón, las declinaciones

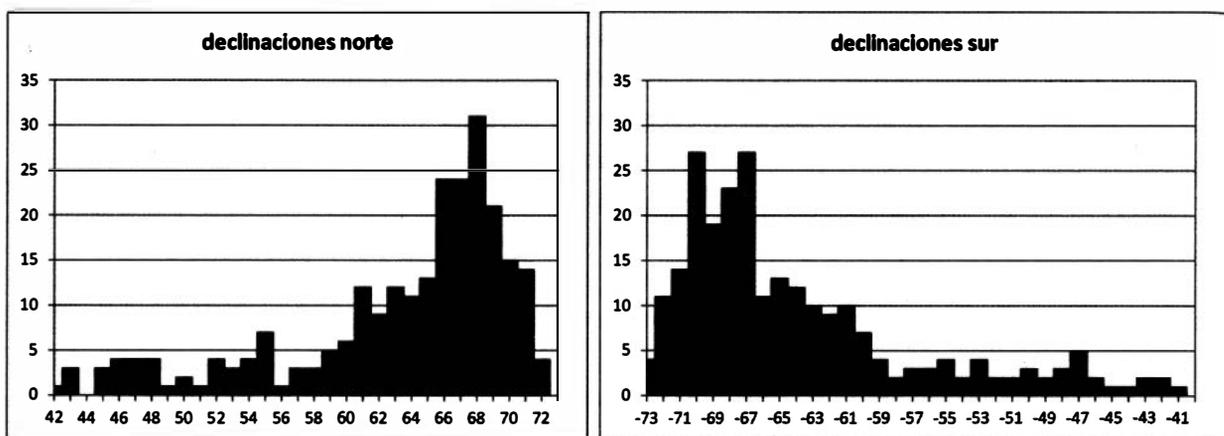


Figura 2. Distribución de frecuencias de las declinaciones norte y sur.

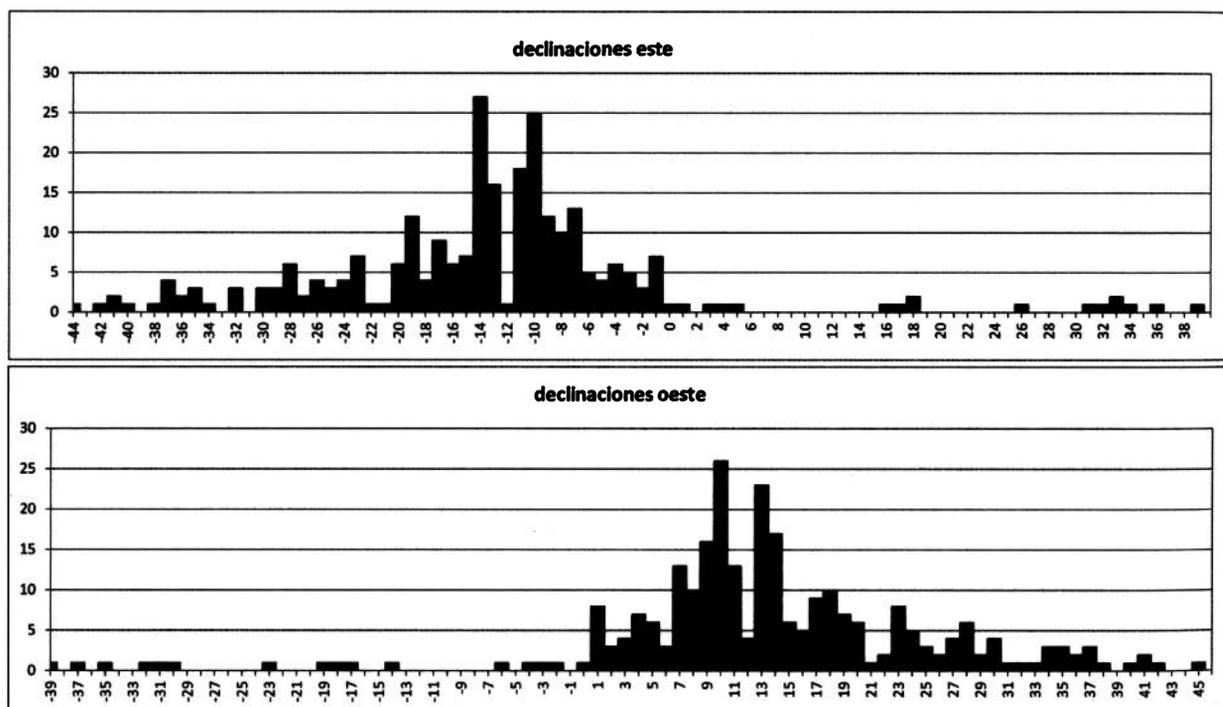


Figura 3. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste.

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, si es que tienen alguna base astronómica, 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 1; en promedio, el error que debemos considerar para las declinaciones norte y sur es de unos dos grados.

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, es particularmente relevante la notable discrepancia en la distribución de los azimuts norte-sur y este-oeste, así como de las declinaciones correspondientes: la falta de concentraciones evidentes en la distribución de los azimuts norte-sur y de las declinaciones respectivas, por una parte, y la presencia de grupos suficientemente pronunciados en la distribución de los azimuts este-oeste y de las declinaciones que éstos registran, por la otra, sugieren que las orientaciones analizadas, en su mayoría, no eran astronómicamente funcionales hacia el norte y el sur sino hacia el oriente y el poniente.

Tal conclusión concuerda, además, con el hecho de que las declinaciones este y oeste se encuentran, en su mayoría, dentro de los valores que alcanza el Sol, lo que también es un patrón que predomina en Mesoamérica. Si definimos el sector este/oeste del horizonte como el ángulo de 90° , entre los azimuts $45^\circ/225^\circ$ y $135^\circ/315^\circ$, y consideramos que el Sol en su desplazamiento anual por el horizonte se mueve, en las latitudes cerca de 20° , a lo largo del ángulo de unos 50° delimitado por los azimuts $65^\circ/245^\circ$ y $115^\circ/295^\circ$, esperaríamos encontrar dentro de este ángulo unos 151 azimuts este-oeste, o 56 por ciento de todos los listados en la tabla 1, si su distribución fuera uniforme, es decir, si las orientaciones fueran fortuitas; en realidad tenemos 217 casos, que constituyen el 80 por ciento de la muestra, de lo que podemos inferir que las orientaciones se refieren, en su mayoría, a ciertas fechas marcadas por las salidas y puestas del Sol.

La figura 4 incluye todas las declinaciones registradas en ambos horizontes, mientras que la figura 5 presenta la distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste por periodos principales. Las estructuras del Preclásico son relativamente pocas, pero podemos observar que ya en este periodo aparecen las orientaciones que son frecuentes en épocas posteriores. La distribución de las declinaciones en el Posclásico es más variada, aunque permanecen algunos grupos comunes en el Clásico, al que pertenece la mayor parte de los edificios medidos.

Para los fines de análisis son aún más ilustrativas las gráficas en la figura 6, que presentan las frecuencias relativas de las declinaciones. Para obtener las curvas se tomaron en cuenta los posibles errores derivados de las incertidumbres de los azimuts y alturas del horizonte (tabla 1), empleando el método conocido como estimación de la densidad del núcleo (*Kernel Density Estimation*, KDE), por lo que



Figura 4. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste: todas.

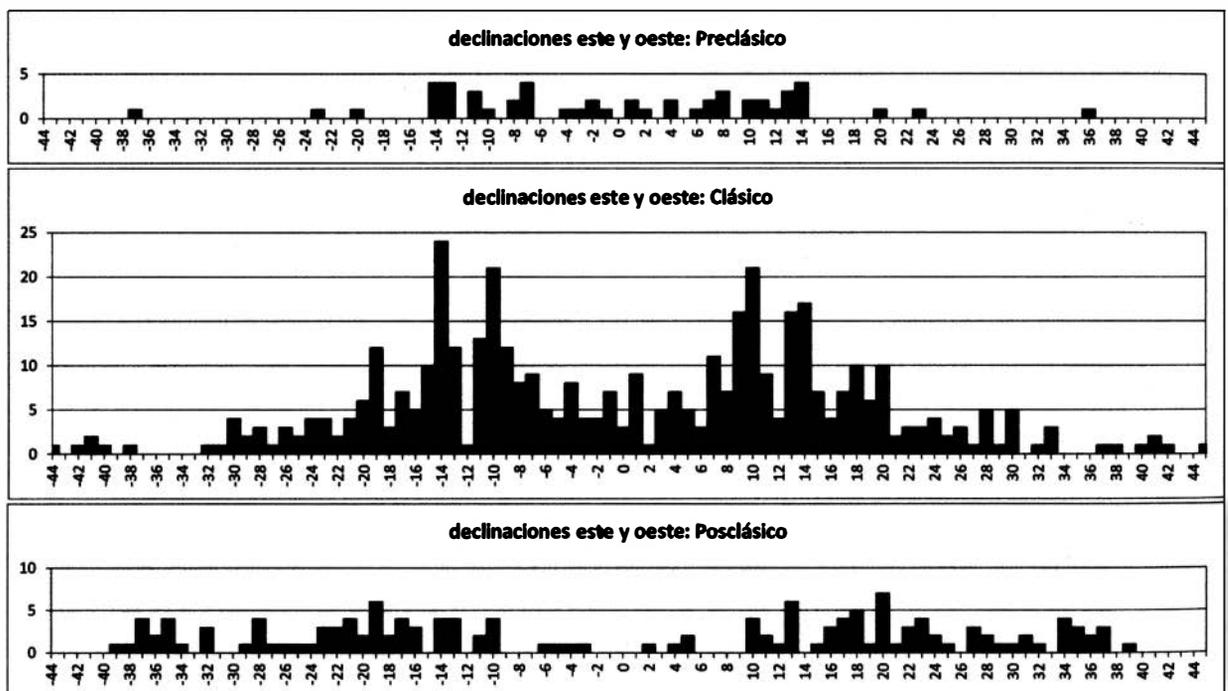


Figura 5. Distribución de frecuencias de las declinaciones este y oeste por periodos principales.

los picos más pronunciados de cada curva representan los valores que posiblemente fueron logrados a propósito.⁵ Hay que advertir, sin embargo, que una concentración de declinaciones, marcadas por un grupo de orientaciones en un horizonte, necesariamente implica la existencia de otro grupo de declinaciones

⁵ A cada valor de declinación se le asignó el error estimado (tabla 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, tanto en esta como en las demás gráficas que siguen y que presentan distribuciones de frecuencias relativas de distintos valores.

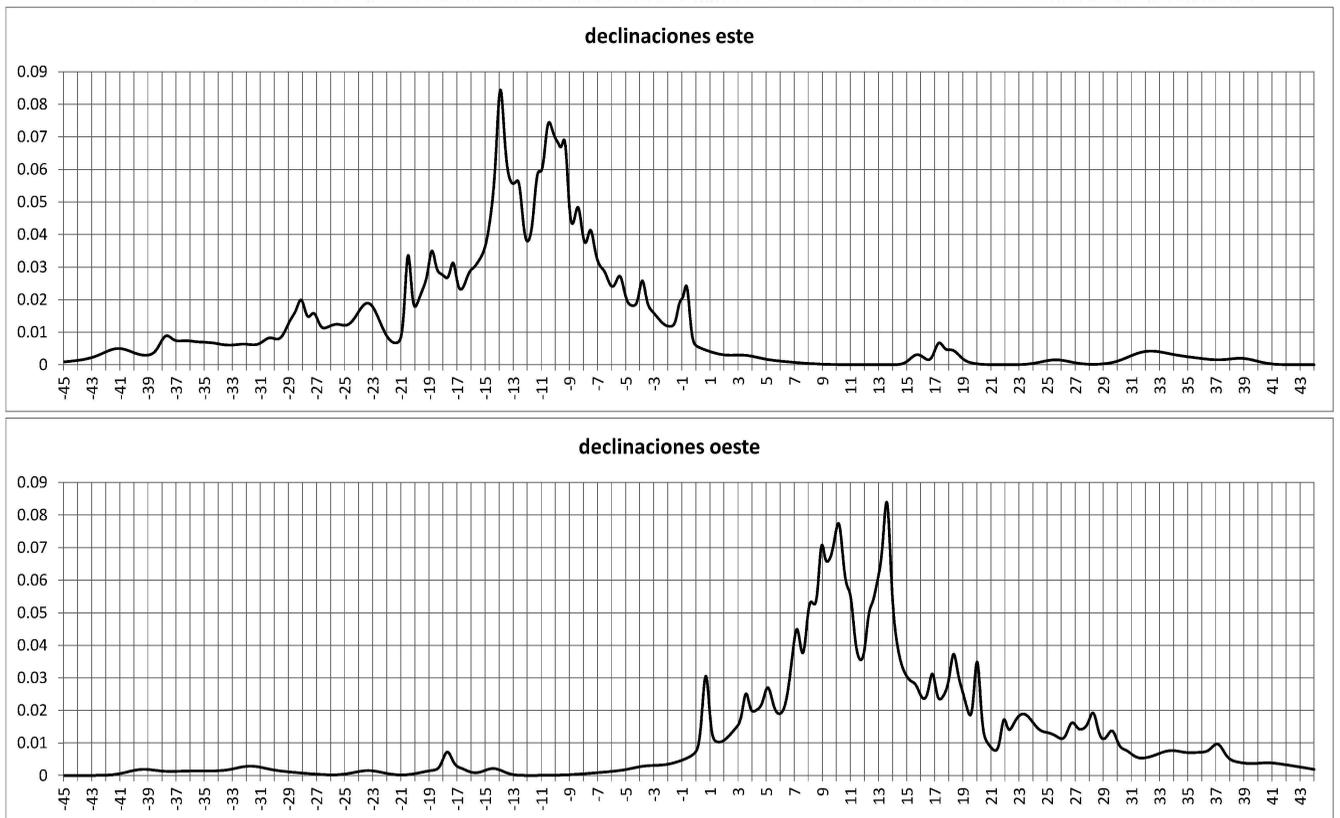


Figura 6. Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones este y oeste.

en el horizonte opuesto, aunque no necesariamente los dos grupos fueron logrados intencionalmente; es decir, un grupo de orientaciones pudo ser funcional sólo en una dirección. Como veremos a continuación, los datos que nos pueden indicar la direccionalidad de uno u otro grupo de orientaciones son de distintos tipos.

Al analizar la distribución de las declinaciones conviene, en primer lugar, verificar la validez de algunas ideas frecuentemente repetidas acerca de la función astronómica de las orientaciones en la arquitectura maya; las más populares son, indudablemente, las que relacionan los alineamientos con los solsticios, los equinoccios y los días del paso del Sol por el cenit y el nadir. Acto seguido, examinaremos algunos grupos de orientaciones que probablemente se vinculan con los extremos de Venus y de la Luna y las que podrían ser estelares.

3.2.1. Solsticios

En la figura 4 podemos observar que, entre las declinaciones potencialmente solares, existen concentraciones cerca de los valores de 23° y -23° ; por otra parte, dos picos que manifiestan las curvas en la figura 6 corresponden a los valores -23.4° (declinaciones este) y 23.3° (declinaciones oeste), por lo que resulta muy probable que los alineamientos correspondientes se refieran a las salidas y/o puestas del Sol en los solsticios, cuando el Sol alcanza sus declinacio-

nes 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) (Ruggles 2015a: 479s). Entre mediados del primer milenio a.C. y mediados del segundo milenio d.C., el valor de ϵ cambió de 23.76° a 23.50° .⁶ Tomando en cuenta los valores de ϵ en los periodos de construcción de los edificios y los errores asignados a las declinaciones (tabla 1), resulta que las orientaciones solsticiales son las que aparecen en la tabla 2; las declinaciones en negritas son las que, considerando los errores estimados, pueden relacionarse con los solsticios (las abreviaturas en esta tabla y las siguientes son las que se emplean en la tabla 1). Podemos ver que, en atención a los criterios mencionados, algunas orientaciones sólo eran funcionales en una dirección, mientras que en la mayoría de los casos los posibles errores en las declinaciones no permiten determinar su direccionalidad; no obstante, las declinaciones negativas tienden a ser más cercanas a las declinaciones solsticiales, sugiriendo que el solsticio de diciembre fue el referente preferido de estas orientaciones. Los edificios son de distintos tipos y tienen accesos de varios lados, sin que sea evidente alguna preferencia.

Debido a la característica desviación de los alineamientos en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales, los solsticios de diciembre y de junio eran registrados mayormente en los horizontes oriente y poniente, respectivamente. La única excepción en nuestra muestra es la Estructura 21 de la Acrópolis de Bonampak, desviada en el sentido contrario al de las manecillas de reloj y marcando las puestas del Sol en el solsticio de diciembre (tabla 2).

Parece que, al menos en algunas regiones mesoamericanas, las orientaciones solsticiales eran particularmente comunes en épocas tempranas (Aveni y Hartung 1986: 12, fig. 2d; 2000; Aveni *et al.* 2003: 163; Tichy 1991: 55s; Šprajc 2001a: 74s), seguramente porque los solsticios son fenómenos solares que atraen la atención por sí mismos: siendo momentos fácilmente perceptibles por las “paradas” del Sol en los extremos de su desplazamiento anual por el horizonte, fueron indudablemente las referencias más elementales para ubicarse en el año de las estaciones. La importancia que deben haber tenido los solsticios desde épocas remotas parece reflejarse no sólo en las orientaciones sino también en la concepción, aparentemente panmesoamericana, de que las esquinas y los portadores del cielo se encuentran en los cuatro puntos solsticiales sobre el horizonte (v. argumentación y bibliografía en Šprajc 2001b: 281). En nuestra muestra, sin embargo, sólo tenemos una construcción preclásica orientada solsticialmente (el Grupo F de Yaxnohcah); las demás pertenecen tanto al Clásico como al Posclásico. Llama la atención que más de la mitad de los edifi-

⁶ 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). Los valores de oblicuidad de la eclíptica en ciertas épocas del pasado pueden encontrarse, por ejemplo, en Aveni (2001: 103) y Ruggles (2015a: tabla 31.3).

TABLA 2
ORIENTACIONES QUE PROBABLEMENTE REGISTRABAN LAS SALIDAS
Y PUESTAS DEL SOL EN LOS SOLSTICIOS

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	A_E	δ_E	error δ_E	δ_W	error δ_W
Bonampak, Acrópolis, Estructura 21	T/P	N	CTa	64.841	25.619	1.0	-23.317	1.0
Buena Vista, Estr. C18-1-b	P	W	PosTa	113.417	-22.094	2.0	21.664	2.0
Comalcalco, Acrópolis, Estr. 3	T	W	CTa	115.317	-24.187	1.0	23.724	1.0
El Gallinero, Estructura C-4	T	S	CTe/Ta	114.500	-23.438	1.0	23.159	1.0
Janán I, Estr. C8-2-a	T	E	PosTa	116.500	-24.947	1.5	24.472	1.5
Labná, Palacio, edificios superiores	P	S	CTa/Ter	115.283	-23.617	1.0	23.480	1.0
Palenque, Templo de la Cruz	T	S	CTa	120.115	-23.963	2.0	28.240	1.0
San Gervasio, Grupo I (Central), Estr. C22-5-a (El Palacio)	P	E	PosTa	115.000	-23.537	1.0	23.099	1.0
San Gervasio, Grupo VI (El Ramonal), Estr. C22-38-a	T	E	PosTa	114.600	-23.167	0.7	22.730	0.7
San Gervasio, Gpo. VI (El Ramonal), Estr. C22-41a (Ka'na Nah)	T	W	PosTa	114.433	-23.058	1.0	22.545	1.0
San Gervasio, Grupo VI (El Ramonal), Estr. C22-48a (VI-2a)	P	W	CTa	114.828	-23.378	0.7	22.941	0.7
Tancah, Estructura 6	T	S	PosTe	114.283	-22.963	1.0	22.510	1.0
Toniná, Templo de la Guerra	T	N	CTa	114.327	-23.084	0.7	23.651	0.7
Tulum, Estructura 21	P	NS	PosTa	115.050	NA	NA	23.841	1.0
Xelhá, Palacio, parte sur	P	EW	CTe/Ta	116.093	-24.638	1.0	24.140	1.0
Yaxnohcah, Grupo F	T/P	S	PreM/Ta	114.000	-22.977	1.0	23.412	1.0

cios, casi todos posclásicos, se localizan en la costa nororiental de la península de Yucatán (tabla 2), probablemente por su asociación con las orientaciones lunares, también comunes en esta región (*v. infra*: capítulo 3.2.5).

3.2.2. Equinoccios

Otros momentos del año trópico que han sido relacionados con mucha frecuencia con las orientaciones, formando casi un tándem con los solsticios, son los equinoccios, cuando el Sol se encuentra en una de las intersecciones de la eclíptica con el ecuador celeste, teniendo la declinación de 0°. Sin embargo, mientras que los solsticios son marcados por los extremos fácilmente perceptibles de la trayectoria anual del Sol a lo largo del horizonte, los equinoccios no son directamente observables y sólo pueden determinarse con métodos relativamente sofisticados (*cf.* Ruggles 1999: 148s, 150s). La búsqueda de orientaciones equinocciales y solsticiales, basada predominantemente en ideas preconcebidas (Ruggles 2007: 314ss), fue una tendencia general en épocas tempranas de la investigación arqueoastronómica, pero en los estudios mesoamericanos sigue siendo algo común, pese a los datos disponibles desde hace varias décadas. Como hemos mencionado, los solsticios fueron marcados por diversas orientaciones; en cambio, desde que los primeros estudios serios revelaron la prevaeciente desviación de las orientaciones en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales (Marquina y Ruiz 1932; Macgowan 1945; Fuson 1969), ha sido evidente que el propósito de registrar las salidas o puestas del Sol en los equinoccios no pudo ser un motivo preponderante de los constructores. Las orientaciones de varios edificios mesoamericanos han sido relacionadas con los

equinoccios, pero los datos disponibles, como mostramos en otro estudio (Šprajc y Sánchez 2013a), en la gran mayoría de los casos no sostienen tales hipótesis.

También en nuestra muestra de datos de las tierras bajas mayas son prácticamente inexistentes las declinaciones cerca de 0° . Particularmente indicativas son, de nuevo, las curvas en la figura 6: entre las declinaciones este y oeste observamos picos cerca de los valores de -1° y 1° , respectivamente (que corresponden a los azimuts cerca de 91° en el histograma inferior de la figura 1); el pico entre las declinaciones oeste es notablemente más prominente, sugiriendo que las orientaciones de este grupo eran funcionales hacia el poniente. Es muy probable que marcaran las puestas del Sol en los llamados días de cuarto del año: se trata de las fechas que ocurren dos días después del equinoccio de primavera y dos días antes del de otoño (23 de marzo y 21 de septiembre, ± 1 día) y que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro partes de aproximadamente igual duración. La ausencia de orientaciones equinocciales y la presencia de las que corresponden a los días de cuarto del año, predominantemente a las puestas del Sol en estas fechas, coincide con la situación en el centro de México (Šprajc 2001a: 75ss).

Cabe subrayar que ni siquiera el Grupo E de Uaxactún, en Guatemala, que en innumerables ocasiones ha sido designado como observatorio equinoccial y solsticial, ofrece evidencias convincentes sobre la existencia de un alineamiento que hubiera permitido la observación del Sol equinoccial. Los principales componentes del grupo son los templos E-I, E-II y E-III, erigidos sobre una plataforma alargada en el costado oriente de una plaza, y la Estructura E-VII-sub, una pirámide en el lado poniente de la plaza. Nosotros no realizamos mediciones en este sitio, por lo que no lo incluimos en nuestros análisis. Sin embargo, Aveni y Hartung (1989), habiendo medido diversos alineamientos que pudieron haber sido observacionalmente funcionales (las diferencias entre ellos se deben a distintos puntos de observación posibles), establecieron que el observador, para que el conjunto funcionara como observatorio solar, debió estar situado en el extremo superior de la escalinata oriente de la primera etapa constructiva de la Estructura E-VII-sub, porque en este caso el Sol naciente en los solsticios habría aparecido justo a la izquierda y a la derecha de las Estructuras E-I y E-III, respectivamente, mientras que en los equinoccios se habría alineado con el punto medio superior de las terrazas centrales sobre la plataforma oriental, construidas para sostener la Estructura E-II. Al ser erigido, sin embargo, el templo E-II obstruyó la vista hacia el Sol equinoccial a lo largo del alineamiento, por lo que Aveni y Hartung (1989: 445) concluyen que el Grupo E pudo haber funcionado como un observatorio solsticial (aunque no preciso), pero no como equinoccial (cf. Iwaniszewski 2010). Es indicativo que el grupo manifiesta la desviación de casi 1° respecto a los rumbos cardinales, característica de los edificios que señalan las puestas del Sol en los días de cuarto del año, por lo que es probable que también este conjunto marcara los eventos referidos (Šprajc y Sánchez 2013a: 322s).

Después de haberse investigado el Grupo E de Uaxactún, durante los trabajos arqueológicos en el tercero y cuarto decenio del siglo pasado (Ricketson 1928a, 1928b), se hallaron configuraciones arquitectónicas similares en muchos sitios más, siendo comúnmente designadas como complejos del tipo Grupo E, pero sólo el grupo epónimo de Uaxactún manifiesta la orientación aproximadamente cardinal. Todos los demás arreglos conocidos presentan orientaciones notablemente diferentes (Ruppert 1940; Aveni y Hartung 1989; Aveni, Dowd y Vining 2003), por lo que resulta realmente sorprendente que en varias publicaciones siguen apareciendo las afirmaciones de que todos los conjuntos de este tipo comparten los alineamientos equinocciales y solsticiales. Entre los edificios considerados en nuestro estudio y listados en la tabla 1, varios forman parte de los conjuntos del tipo Grupo E (las Estructuras VI y VIII de Balakbal, IV-B y VI de Calakmul, 1 de Chicaanticaanal, 2 de El Tigre, 47 y 51 de Nakbé, 5C-54 y 5D-86 de Mundo Perdido en Tikal, XI de Uxul, B-1 y B-3 de Yaxnohcah, el Templo de las Siete Muñecas en Dzibilchaltún y la Pirámide Pava de El Mirador). Sus orientaciones se relacionan con los puntos de salida y puesta del Sol en diferentes fechas y pertenecen a los grupos discutidos en el capítulo 3.3.

3.2.3. *Tránsitos del Sol por el cenit y el nadir*

Hablando con precisión, podríamos decir que el Sol pasa por el cenit cuando su declinación es, a mediodía local, igual a la latitud del lugar, y por el nadir cuando su declinación es, a medianoche local, igual al valor de la latitud con signo opuesto, pero estas coincidencias sólo excepcionalmente ocurren con exactitud. Por lo tanto, la fecha del tránsito del Sol por el cenit o el nadir puede definirse como el día en el que la diferencia entre el valor absoluto de la declinación del Sol y la latitud del lugar llega a ser más cercana a 0°. Al comparar las declinaciones y las latitudes en la tabla 1, podríamos deducir que algunas de nuestras orientaciones marcaban las fechas del paso del Sol por el cenit y/o nadir. No obstante, la idea resulta poco probable a la luz de los datos que presentamos a continuación.

En primer lugar, hay que advertir que los pasos del Sol por el cenit pueden ser observados mediante diferentes dispositivos (cf. Aveni 2001: 262ss), mientras que sus tránsitos por el nadir o anticenit no son visibles, por lo que las fechas correspondientes sólo podrían haberse inferido, asumiendo que el Sol sale en estos días en el punto directamente opuesto al de su ocaso en los días de su tránsito cenital, o que el primer paso cenital anual está separado del siguiente primer paso por el nadir por un intervalo de aproximadamente 182 días (cf. Milbrath 1988a: 61); sin embargo, las fechas determinadas bajo una u otra suposición no habrían coincidido (o sólo por casualidad).⁷ Tratándose de un fenómeno que no es observable, y al no tener ningún dato sobre los posibles

⁷ Partiendo del intervalo de 182 días, las fechas del paso del Sol por el nadir podrían haberse determinado con cierta precisión, en tanto que el alineamiento que señala las puestas del Sol en los días

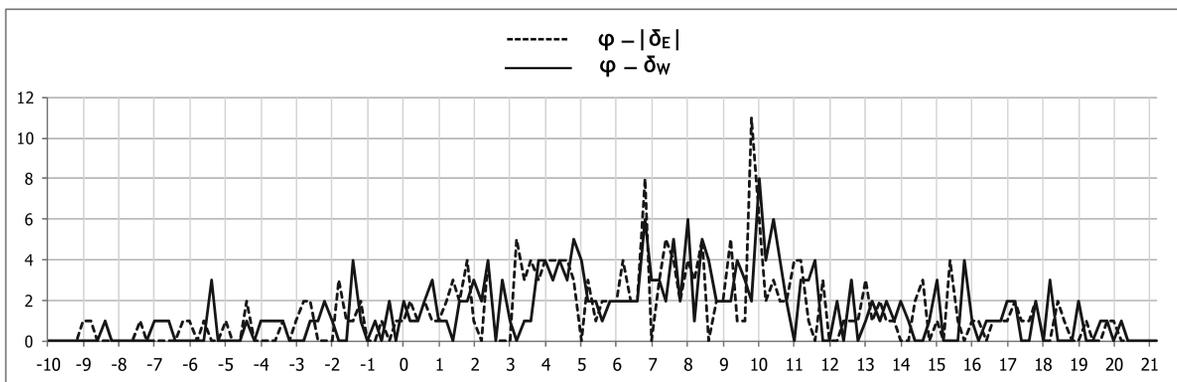


Figura 7. Distribución de frecuencias de las diferencias (en grados anotados en la escala horizontal) entre las latitudes geográficas y los valores absolutos de las declinaciones este (δ_E) y oeste (δ_W) registradas por las orientaciones analizadas (sólo se consideraron las declinaciones dentro del ángulo solar).

procedimientos empleados para determinar las fechas correspondientes, cualquier intento de relacionar los alineamientos con las posiciones del Sol en los días de su paso por el nadir resulta enteramente especulativo.

Es importante agregar que no sólo la hipótesis sobre la importancia del Sol anticenital, sino también la idea de que muchos edificios mesoamericanos registraban las puestas del Sol en los días de su paso por el cenit (muy arraigada y popular desde épocas incipientes del estudio de orientaciones) carece de sustento en nuestros datos. Debido al hecho bien conocido de que las orientaciones mesoamericanas están desviadas, en su mayoría, en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales, los días del paso del Sol por el nadir habrían sido señalados predominantemente en el horizonte oriente y los de su tránsito por el cenit en el horizonte poniente. En la figura 7 se encuentran graficadas las diferencias entre las latitudes de los lugares en los que se midieron las orientaciones y las declinaciones (valores absolutos) que les corresponden en los horizontes oriente (línea punteada) y poniente (línea continua). En ninguna de las dos líneas observamos alguna concentración notable alrededor de 0° , como sucedería si la práctica de orientar edificios hacia las salidas/puestas del Sol en las fechas de su paso por el nadir/cenit hubiera sido común. Desde luego, no podemos descartar la posibilidad de que *algunos* edificios fueran intencionalmente orientados hacia estos eventos; sin embargo, las pocas correspondencias entre las declinaciones y latitudes sugieren que se trata de casos fortuitos, sobre todo porque para las orientaciones que manifiestan dicha concordancia existen explicaciones más convincentes, aplicables a la mayoría de las orientaciones solares (*v. infra*: capítulo 3.3).

de su tránsito cenital no necesariamente coincide con la dirección hacia su salida en las fechas de su paso por el nadir, porque ésta varía en función de la altura del horizonte y la refracción.

En relación con los pasos del Sol por el cenit hay que subrayar que nuestra conclusión de ninguna manera implica que podamos negar la importancia de estos fenómenos en la época prehispánica; a la luz de los datos etnográficos y etnohistóricos resulta muy probable que los pasos cenitales del Sol fueran observados (Aveni 2001: 40ss), pero es de imaginar que los días en los que sucedían se determinaban mediante los dispositivos que permitían la observación del Sol vertical (cf. Aveni 2001: 262ss). Los datos que hemos analizado tan sólo indican que las orientaciones no marcaban las posiciones del Sol *en el horizonte* en esas fechas.

3.2.4. *Extremos de Venus*

Entre las declinaciones que rebasan los valores solsticiales del Sol llaman la atención las que se concentran alrededor de -28° y 28° (figuras 3 a 6), ya que podrían referirse a los extremos de Venus o de la Luna. Cuando es visible como estrella de la tarde, Venus puede alcanzar las declinaciones de hasta $\pm 27.5^\circ$, mientras que las declinaciones más extremas de la Luna son de aproximadamente $\pm 28.5^\circ$.

Los puntos de salida y puesta del planeta Venus se desplazan a lo largo del horizonte, llegando a los extremos norte y sur. Al alcanzar sus extremas declinaciones, Venus en el horizonte alcanza sus extremas distancias angulares de la línea este-oeste, medidas hacia el norte y hacia el sur. Como ya fue explicado con detalle en otras partes (Šprajc 1993a: 18ss, 1996a: 23ss, 1996b: 32ss, 2015a), los extremos del planeta exhiben (así como los demás fenómenos venusinos) patrones de ocho años.⁸ Aunque sus fechas y magnitudes varían considerablemente, todos los extremos son fenómenos estacionales, siendo particularmente interesantes los de Venus vespertino: cuando el planeta es visible como estrella de la tarde, siempre alcanza sus declinaciones extremas algún tiempo antes de los solsticios: entre abril y junio (extremos norte) y entre octubre y diciembre (extremos sur). Es decir, los extremos de Venus vespertino aproximadamente delimitan la época de lluvias y, por lo tanto, el ciclo agrícola en Mesoamérica, y fue precisamente esta coincidencia la que pudo haber sido la base observacional de la ampliamente documentada asociación conceptual entre Venus, lluvia y maíz en la cosmovisión mesoamericana (Šprajc 1993a, 1993b, 1996a). Además, los extremos de la estrella de la tarde son notablemente más grandes que los de la estrella de la mañana: durante los periodos Clásico y Posclásico las declinaciones de Venus, cuando era visible como lucero matutino, nunca excedieron los valores de $\pm 24.2^\circ$, mientras que la estrella de la tarde alcanzaba declinaciones de hasta $\pm 27.8^\circ$, lo que significa que los extremos mayores *visibles* en el este eran hasta más de 3° (unos seis diámetros del disco solar) menores que los

⁸ El hecho se debe a que el período de cinco revoluciones sinódicas de Venus es casi igual a ocho años trópicos (5×583.92 días = 2919.6 días; 8×365.2422 días = 2921.9376 días). La estructura de las tablas de Venus en diversos códices (sobre todo en el de Dresden) muestra que los mesoamericanos estaban conscientes de esta conmensurabilidad.

extremos máximos visibles en el oeste (Šprajc 2015a); esto quiere decir, además, que el punto de salida de la estrella de la mañana, desplazándose hacia el sur y hacia el norte a lo largo del horizonte oriente, nunca rebasó considerablemente los puntos de los extremos solsticiales del Sol. Por lo tanto, las declinaciones cerca de $\pm 28^\circ$ en la tabla 1 y en las figuras 3 a 6 no pueden relacionarse con los extremos de Venus matutino, sino únicamente con los de Venus vespertino.

Aquí cabe agregar que en cada ciclo de ocho años pueden observarse, en la mayoría de los casos, cinco extremos norte y cinco extremos sur de la estrella de la tarde, pero sus fechas y magnitudes no siempre son las mismas. Los extremos mínimos/máximos ocurren una vez cada ocho años, casi siempre entre el 30 de abril y el 7 de mayo (norte) y entre el 29 de octubre y el 6 de noviembre (sur), pero los valores de declinación en estos momentos también varían ligeramente, manifestando patrones cíclicos de 251 años (cf. McCluskey 1983; Flores G. 1991; Šprajc 1993a: 18ss, 1996a: 23ss, 139ss; 2015a). Durante los periodos Clásico y Posclásico, las declinaciones máximas de Venus variaban entre los valores de 26.3° y 27.6° , y las declinaciones mínimas entre -26.3° y -27.8° (Šprajc 2015a). Por consiguiente, las declinaciones oeste dentro de estos rangos en la tabla 1 podrían relacionarse con los extremos máximos de Venus vespertino.

Como hemos mencionado, las declinaciones cerca de $\pm 28^\circ$ podrían referirse tanto a los extremos de Venus como a los de la Luna. Sin embargo, en la curva de declinaciones oeste en la figura 6 podemos observar dos picos alrededor del valor de 28° : uno corresponde a la declinación de 26.8° y el otro a 28.25° . Mientras que el valor de 28.25° , que nunca pudo ser alcanzado por Venus, probablemente está relacionado con los extremos mayores norte de la Luna (*v. infra*: capítulo 3.2.5), el de 26.8° es perfectamente compatible con los extremos mayores norte de Venus como estrella de la tarde: como acabamos de señalar, las declinaciones máximas de Venus en los periodos Clásico y Posclásico variaban entre 26.3° y 27.6° , siendo su promedio 26.95° . Desde luego, dos picos se observan también en la curva de declinaciones este (figura 6), cerca del valor de -28° : uno corresponde a la declinación de -27.2° y el otro a -28.1° . Es probable que este último se relacione con los extremos lunares sur (*v. infra*), pero ninguno de los dos puede referirse a los extremos de Venus, ya que se trata de declinaciones en el horizonte oriente: cuando Venus era visible como estrella matutina, nunca alcanzaba declinaciones menores de -24.2° . Es decir, en este caso el pico sobre el valor de -27.2° en la curva de declinaciones *este* no puede interpretarse como resultante de la intención por parte de los constructores, sino simplemente como correspondiente al grupo de orientaciones que marcaban los extremos máximos norte de Venus en el horizonte oeste. La direccionalidad oeste de este grupo de orientaciones se ve apoyada por el hecho de que el pico sobre la declinación oeste de 26.8° es ligeramente más alto que el que corresponde a la declinación este de -27.2° (figura 6), indicando que las declinaciones oeste que resultan en el pico de 26.8° están más concentradas que las declinaciones este que producen el pico de -27.2° : si un grupo de orientaciones fue destinado a

marcar los fenómenos en el horizonte poniente, es de esperar que las declinaciones que le corresponden en el horizonte opuesto estén más dispersas, debido a las variaciones en las alturas del horizonte.

En la tabla 3 se encuentran los datos sobre las estructuras cuyas orientaciones, tomando en cuenta los errores estimados de las declinaciones, pueden relacionarse con los extremos máximos de Venus vespertino, casi todas con los extremos norte, siendo la única excepción el Edificio 1 de Nuevo Chetumal, quizá orientado hacia los extremos sur.⁹ Considerando los errores de las declinaciones, es probable que algunos de estos edificios fueran orientados hacia los extremos lunares (*v. infra*); sin embargo, al menos en los casos de la Estructura 12 de Tancah y el Palacio del Gobernador de Uxmal (discutidos con detalle en los apartados correspondientes del capítulo 5) tenemos datos contextuales que favorecen su relación con Venus.

3.2.5. Extremos (*paradas*) de la Luna

Si la observamos en los momentos de su salida o puesta, la Luna cada mes recorre el horizonte entre los puntos extremos, que varían en un ciclo de 18.6 años, abarcando ángulos distintos. Las variaciones se deben a que la órbita de la Luna está inclinada respecto a la de la Tierra (eclíptica) por el ángulo de 5.145° (*i*) y que las intersecciones de las dos órbitas (los nodos) se van desplazando a lo largo de la eclíptica. Por consiguiente, las diferencias entre las declinaciones extremas de la Luna y las que alcanza el Sol en los solsticios pueden ser de hasta aproximadamente $\pm 5.145^\circ$. Una vez en cada ciclo de 18.6 años, las declinaciones extremas de la Luna son de aproximadamente $\pm 28.5^\circ$; se trata de sus extremos o paradas mayores, cuando el ángulo entre los extremos lunares visibles sobre el horizonte es el más ancho. En los meses y años siguientes este ángulo va disminuyendo hasta volverse el más angosto después de 9.3 años, cuando las declinaciones extremas llegan a ser apenas unos $\pm 18.5^\circ$. A partir de este momento, denominado extremo o parada menor, la distancia entre los puntos extremos vuelve a crecer y, al transcurrir otro periodo de 9.3 años, pueden observarse nuevamente los extremos mayores (*cf.* Thom 1971:

⁹ Es posible que también la Estructura 2 de Nocuchich fuera orientada hacia los extremos mayores sur de Venus como estrella de la tarde, ya que su eje parece estar desviado aproximadamente 28.5° al sur del oeste (Šprajc 1993a: 47s, 1996a: 79). Por ser bastante cortas las paredes medibles de esta torre, ubicada en la región Chenes del estado de Campeche (Pollock 1970: 45s, fig. 54), su orientación no se puede determinar de manera confiable, por lo que optamos por no incluirla en los análisis. No obstante, notemos que el nombre del sitio quizá aluda a Venus: *Nocuchich* evidentemente deriva de *Nohoch Ich* o “gran ojo”, uno de los nombres de Venus entre los mayas de Belice (Thompson 1930: 63), aunque también es posible, o aún más probable, que el nombre se deba a los ojos bulbosos de la figura modelada en la Estructura 1 de este sitio (Pollock 1970: 44, fig. 53), actualmente derruida. Tampoco incluimos en el presente estudio la orientación de la estructura oeste de la plaza sur del Grupo 17 de Uxmal (Pollock 1980: 262ss), desviada aproximadamente 30° al sur del este. Se trata de un edificio menor, cuya orientación no puede establecerse con precisión; de ser intencional, podría referirse a los extremos máximos norte de Venus vespertino o a los extremos lunares mayores (Šprajc 1993a: 47, 1996a: 77s).

TABLA 3
ORIENTACIONES POSIBLEMENTE RELACIONADAS CON LOS EXTREMOS MÁXIMOS
DE VENUS

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	A_E	δ_E	error δ_E	δ_w	error δ_w
Buena Vista, Estructura C18-1-a	P	S	PosTa	119.500	-27.724	1.0	27.275	1.0
Izamal, Chaltunhá	T	N	CTer/PosTe	120.350	-28.392	1.5	27.928	1.5
Nuevo Chetumal, Edificio 1	T	N	CTa	57.970	33.473	2.5	-29.580	2.0
Oxtankah, Plaza Columnas, Estructura VI	T	W	CTe/Ta	117.058	-25.790	1.0	25.335	1.0
Sabana Piletas, Grupo Columnitas, edif. superior	P	N	CTa	120.175	-28.057	1.0	28.037	1.0
San Claudio, Estructura 12	T/P	?	CTe	117.537	-26.147	1.0	26.051	1.0
San Gervasio, Gpo. I, Estr. C22-4-a y C22-4-b	T/P	E	PosTa	119.217	-27.431	0.5	26.979	0.5
San Gervasio, Gpo. VI (El Ramonal), Acrópolis	T/P	S	CTe	120.038	-28.235	0.5	27.691	0.5
Tancah, Estructura 12	T	E	PosTe	119.533	-27.832	1.0	27.322	1.0
Uxmal, Palacio del Gobernador	P	E	CTer	118.951	-27.180	0.3	26.741	0.3

15ss; Morrison 1980; Ruggles 1999: 36s, 60s; Aparicio *et al.* 2000: 32ss; González-García 2015).

Cabe notar que, si queremos obtener las declinaciones de la Luna correspondientes a los alineamientos, hay que tomar en cuenta la paralaje (Hawkins 1968: 51s; Thom 1971: 34; Ruggles 1999: 36s), por lo que, en este caso, las declinaciones que corresponden a los valores acimutales citados en la tabla 1 aumentan unos 20' en promedio (en cada caso particular las diferencias varían en función de la altura del horizonte). Las frecuencias relativas de las declinaciones calculadas de esta forma se presentan en la figura 8, pero antes de examinarlas cabe hacer algunas advertencias adicionales.

El movimiento aparente de la Luna es extremadamente complicado. Los valores de las declinaciones que alcanza la Luna en sus extremos mayores y menores son sujetos a una serie de parámetros que varían en el tiempo. Como ya mencionamos, las diferencias entre las declinaciones extremas de la Luna y las que alcanza el Sol en los solsticios pueden ser de hasta aproximadamente $\pm 5.145^\circ$, pero debido a las variaciones seculares en la oblicuidad de la eclíptica, también los valores exactos de las declinaciones lunares extremas varían a través del tiempo. Además, la inclinación de la órbita lunar respecto a la eclíptica es 5.145° en promedio, pero este valor presenta variaciones periódicas de hasta 9 minutos de arco. También la paralaje de la Luna, que depende de su cambiante distancia de la Tierra, manifiesta variaciones periódicas de unos minutos de arco. Otro factor a considerar es que, estrictamente hablando, el extremo o parada lunar corresponde al instante en que los nodos de la órbita lunar coinciden con los puntos equinociales en la eclíptica, pero este momento rara vez coincide con la declinación extrema alcanzada por la Luna en cada mes. Además, si asumimos que las relevantes fueron las llegadas de la Luna a los puntos del horizonte más alejados hacia el norte o el sur, es importante tener en cuenta que los momentos en que la Luna alcanza sus declinaciones extremas son variables

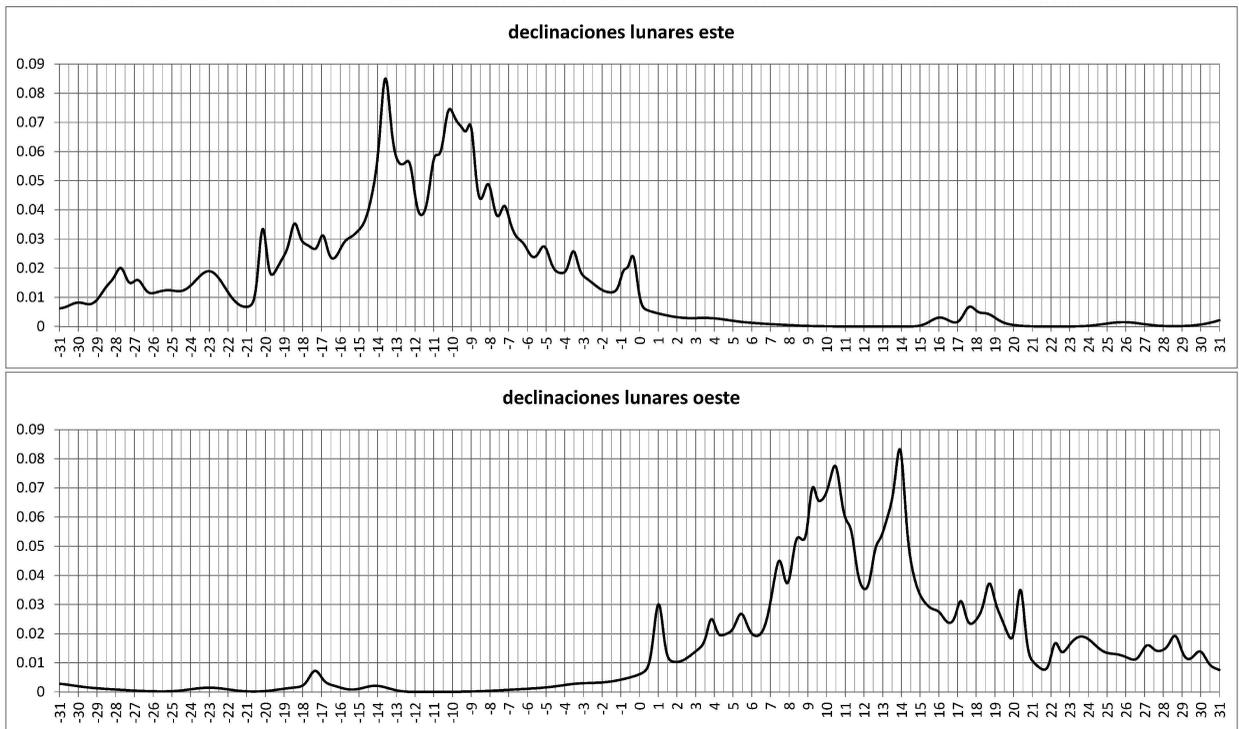


Figura 8. Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones lunares este y oeste.

y sólo excepcionalmente coinciden con el instante de su salida o puesta; debido a la velocidad con la que se desplaza (aproximadamente 13° al día), su declinación en el momento de observación (salida o puesta) puede discrepar unos minutos de arco de la máxima/mínima que alcanzó en este mes. Asimismo, la necesidad de posponer las observaciones por mal tiempo puede adicionalmente contribuir al error en la determinación del máximo alejamiento de la Luna del este y el oeste. Finalmente, hay que advertir que los extremos mayores/menores de la Luna ocurren en intervalos de 18.6 años, pero en estos momentos la Luna no siempre está en la misma fase. Es posible que las más llamativas fueran las salidas y puestas de la Luna llena, cuando se encuentra cerca de sus extremos. Debido a la mecánica celeste, las salidas y puestas extremas de la Luna llena siempre ocurren cerca de los solsticios, pero en estos periodos los valores absolutos de su declinación tienden a ser considerablemente menores de los valores extremos.

A causa de estas y otras variables, discutidas por Ruggles (1999: 36s, 60s) y con mayor detalle por Morrison (1980), los extremos máximos de la Luna, determinados mediante las observaciones de sus salidas y puestas, tenderán a ser menores de los que resultan de los cálculos basados en parámetros medios o “ideales”. En otras palabras, es de esperar que las declinaciones correspondientes a las direcciones determinadas de esta manera sean más grandes para los extremos sur (declinaciones negativas) y más pequeñas para los extremos norte (declinaciones positivas), lo cual es precisamente lo que observamos en nuestros datos.

Si volvemos ahora a las gráficas en la figura 8 y examinamos, en primer lugar, los picos que posiblemente se refieren a los extremos *mayores* de la Luna, observamos que corresponden a los valores -27.74° (declinaciones este) y 28.61° (declinaciones oeste). Revisando la tabla 1, podemos notar que las estructuras que marcan declinaciones cerca de $\pm 28^\circ$ pertenecen a los periodos Clásico y Posclásico. El fechamiento de los edificios es relevante, porque los valores de las máximas/mínimas declinaciones de la Luna varían a través del tiempo a consecuencia de las variaciones en la oblicuidad de la eclíptica ε . Los valores de ε alrededor del inicio de nuestra era y cerca del año 1500 d.C. fueron 23.695° y 23.504° , respectivamente. Si les sumamos el valor i (inclinación de la órbita lunar, 5.145°) obtenemos los valores 28.84° y 28.65° , cuyo promedio, 28.745° , es muy cercano al pico entre las declinaciones oeste de la figura 8 (28.61°), mientras que el pico entre las declinaciones este (-27.74°) difiere por 1° del valor negativo de este promedio. En ambos casos los valores absolutos de las declinaciones pico son menores del promedio “ideal”, como era de esperar en vista de las complicaciones observacionales referidas arriba, pero la mejor correspondencia del pico en las declinaciones oeste sugiere que las orientaciones de este grupo fueron destinadas para marcar las puestas de la Luna en su extremo máximo norte.

Para encontrar los edificios que pudieron haber sido orientados hacia los extremos lunares mayores, consideramos prudente, en vista de las variables e incertidumbres referidas, aumentar los errores estimados de declinación por un valor arbitrario de 0.5° . Al seleccionar las declinaciones lunares que, tomando en cuenta estos errores aumentados, están dentro del rango de los valores extremos referidos arriba y válidos para los periodos en que fueron construidas las estructuras, obtuvimos las orientaciones listadas en la tabla 4, marcándose en negritas las declinaciones que, bajo estas consideraciones, podrían referirse a los extremos mayores de la Luna; podemos ver que, en varios casos, una misma orientación puede relacionarse tanto con el extremo norte en el horizonte poniente como con el extremo sur en el horizonte oriente, pero las correspondencias son mejores en el horizonte poniente. Cabe recordar, no obstante, que algunas de las orientaciones registradas en la tabla 4 probablemente se refieren a los extremos máximos de Venus vespertino (*v. supra*: capítulo 3.2.4). Los edificios son de distintos tipos y con accesos en lados diferentes, sin que se observe alguna preferencia.

Parece significativo que varias orientaciones potencialmente lunares se encuentran en la costa nororiental de la península de Yucatán. Los edificios orientados de esta manera se localizan en la isla de Cozumel (en los sitios de San Gervasio, Buena Vista y La Expedición), que durante el Posclásico fue un importante foco del culto a la diosa Ixchel, cuya naturaleza lunar es evidente (Thompson 1939; Milbrath 1999; Cruz Cortés 2005; Šprajc 2009); otros se encuentran en los sitios de Cobá, Xelhá, Tanchah y Tulum y, según Aveni y Hartung (1978), también en Paalmul. La popularidad del culto a Ixchel en Isla Mujeres y Cozumel, así como las representaciones de la diosa O, identificada con

TABLA 4
ORIENTACIONES POSIBLEMENTE RELACIONADAS
CON LOS EXTREMOS LUNARES MAYORES

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	A _ε	δ _ε lunar	error δ _ε lunar	δ _w lunar	error δ _w lunar
Buena Vista, Estructura C18-1-a	P	S	PosTa	119.500	-27.353	1.5	27.647	1.5
Cobá, Xaibé	T	W	CTa	122.317	-29.898	2.5	30.202	2.5
Izamal, Chaltunhá	T	N	CTe/PosTe	120.350	-28.009	2.0	28.313	2.0
La Expedición, Grupo C25-1	T	WNE	PosTa	121.375	-29.025	1.5	29.326	1.5
Nuevo Chetumal, Edificio 1	T	N	CTa	57.970	33.685	3.0	-29.235	2.5
Palenque, Templo de la Cruz	T	S	CTa	120.115	-23.561	2.5	28.569	1.5
Sabana Piletas, Gpo. Columnitas, edif. superior	P	N	CTa	120.175	-27.681	1.5	28.405	1.5
San Gervasio, Grupo VI (El Ramonal), Acrópolis	T/P	S	CTe	120.038	-27.860	1.0	28.069	1.0
Tancah, Estructura 12	T	E	PosTe	119.533	-27.464	1.5	27.693	1.5
Tulum, Estructura 25	P	NS	PosTa	119.809	-27.700	0.8	28.658	0.8
Xcalumkín, Colina Noroeste, edificio sur	P	S	CTa/Te	121.400	-28.429	1.0	29.621	1.0
Xelhá, El Palacio, parte norte	P	N	CTe/Ta	120.452	-28.294	1.0	28.525	1.0
Xelhá, Estructura de las Pilastras	P	S	CTe/Ta	121.983	-29.697	1.5	29.932	1.5
Yaxchilán, Estructura 40	T	E	CTa	55.949	32.793	1.5	-31.052	2.5

Ixchel, en los murales de Tulum, reflejan la importancia del culto lunar a lo largo de la costa noreste de la península durante el periodo Posclásico (Miller 1974, 1982: 85s; Freidel 1975; Freidel y Sabloff 1984; Milbrath 1999: 147s). Por lo tanto, no sería sorprendente que la práctica de orientar ciertos edificios hacia los extremos lunares fuera común en la costa nororiental, representando uno de los elementos culturales que reflejan “un desarrollo homogéneo” en esta parte del área maya durante el Posclásico (cf. Robles 1986a: 11s). Además, la arquitectura del grupo El Ramonal de San Gervasio sugiere que los alineamientos lunares estaban en uso desde el Clásico (Šprajc 2009), periodo en que aparentemente existían orientaciones de este tipo también en otras partes del área maya (tabla 4). Para las orientaciones lunares en San Gervasio, Tulum y Xcalumkín existen datos contextuales concretos que refuerzan su intencionalidad y que se discuten detalladamente en los apartados correspondientes del capítulo 5.

Asimismo, llama la atención que, en varios sitios, los edificios con estas orientaciones se encuentran asociados a los que manifiestan orientaciones solsticiales. Recordemos que son particularmente impactantes los extremos de la Luna llena, porque aproximadamente coinciden con 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 ilumina 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; González-García 2015).

El hecho de que las orientaciones solsticiales se encuentran en varios sitios asociadas con las que corresponden a los extremos mayores de la Luna sugiere que estos fenómenos se observaban, efectivamente, durante el plenilunio. Los alineamientos lunares y solsticiales se encuentran juntos en San Gervasio (varias estructuras del grupo El Ramonal) y Buena Vista (Estructuras C18-1-a y C18-1-b) en la isla de Cozumel,¹⁰ en Xelhá (partes norte y sur del Palacio y la Estructura de las Pilastras), Tancah (Estructuras 6 y 12) y Tulum (Estructuras 21 y 25), en tanto que en Palenque un mismo edificio —el Templo de la Cruz— quizá fuera orientado al mismo tiempo hacia las salidas del Sol en el solsticio de invierno y hacia los extremos mayores norte de la Luna en el horizonte poniente (tablas 1, 2 y 4).

En el contexto de la prehistoria europea, Sims (2006) argumenta que la asociación de los alineamientos solsticiales y lunares se debe a que los extremos de la Luna se observaban en su fase oscura (cerca del novilunio) alrededor de los solsticios; en tal caso la Luna se encuentra muy cerca del Sol, por lo que los extremos de ambos astros se observan en el mismo horizonte. Tal escenario no se puede descartar en nuestro caso, pero los datos disponibles favorecen la idea de que los extremos lunares y solsticiales se observaban en horizontes opuestos, implicando la importancia de la Luna llena. Ya mencionamos que la distribución de las declinaciones en la figura 8 sugiere que las orientaciones lunares eran funcionales predominantemente hacia el poniente, marcando los extremos máximos norte. Por otra parte, al examinar los datos sobre las orientaciones solsticiales asociadas a las lunares, constatamos que las declinaciones este que les corresponden manifiestan una mejor concordancia con la declinación del Sol en el solsticio de diciembre que las declinaciones oeste con la declinación del Sol en el solsticio de junio, sugiriendo que estas orientaciones eran funcionales hacia el oriente. Tal es el caso de la Estructura C18-1-b de Buena Vista, las Estructuras C22-5-a, C22-38-a, C22-41a y C22-48a de San Gervasio y la Estructura 6 de Tancah; las excepciones son la parte sur del Palacio de Xelhá, que exhibe mejor correspondencia con el solsticio de junio, y la Estructura 21 de Tulum, cuya

¹⁰ En la nomenclatura establecida por el proyecto Harvard-Arizona, llevado a cabo en los años 1970, los edificios en la isla de Cozumel se designan con un código con letra y número, que corresponde al sitio (C18 en el caso de Buena Vista) y es seguido por el número de la estructura (Gregory 1975: 91; Freidel y Sabloff 1984: 5ss).

orientación parece haber sido funcional sólo hacia el poniente (tablas 1 y 2). Finalmente, la orientación del Templo de la Cruz de Palenque podría haber marcado ambos fenómenos, el solsticio de diciembre en el horizonte oriente y el mayor extremo norte de la Luna en el poniente (tablas 2 y 4). Aunque estas circunstancias apoyan la idea de que los importantes fueron los extremos mayores norte de la Luna en el horizonte poniente, observados en relación con los extremos solsticiales del Sol en el horizonte oriente, cabe subrayar que la disposición de algunos edificios en San Gervasio sugiere un esquema observacional diferente y que también para las Estructuras 21 y 25 de Tulum podemos ofrecer interpretaciones alternativas; ambos casos se discuten detalladamente en los apartados correspondientes del capítulo 5. En vista de la escasez y poca precisión de los datos disponibles, es evidente que sólo investigaciones futuras podrán arrojar mayor luz sobre el uso y el significado de estas orientaciones.¹¹

Mientras que la existencia de orientaciones hacia los extremos mayores de la Luna es, en vista de la argumentación anterior, sumamente probable, veamos ahora si es verosímil que existan también las orientaciones hacia los extremos lunares *menores*. Entre los años 500 a.C. y 1500 d.C. los valores medios de las declinaciones de la Luna en sus paradas menores variaron de $\pm 18.61^\circ$ a $\pm 18.36^\circ$, por lo que con estos fenómenos podrían relacionarse los picos que se observan en las gráficas de la figura 8 en los valores -18.42° y 17.69° (declinaciones este) y -17.33° y 18.71° (declinaciones oeste); los dos picos pequeños —el valor positivo en las declinaciones este y el negativo en las declinaciones oeste— se relacionan con algunas de las relativamente pocas orientaciones desviadas en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales. Para encontrar los edificios que pudieron haber sido orientados hacia los extremos lunares menores, aumentamos nuevamente —como en el caso de los extremos mayores— los errores estimados de las declinaciones lunares por un valor arbitrario de 0.5° y, al seleccionar las que, tomando en cuenta estos errores, están dentro del rango de los valores extremos que corresponden al fechamiento de las estructuras, obtuvimos las orientaciones listadas en la tabla 5, marcándose en negritas las declinaciones que, bajo estos criterios, podrían referirse a los extremos menores.

Hay que advertir, sin embargo, que la relación de estas orientaciones con la Luna es menos evidente que la de aquellas que han de referirse a los extremos

¹¹ Podemos agregar que la asociación de las orientaciones lunares y solsticiales se ha documentado también en dos sitios de las tierras altas. En Iglesia Vieja, Chiapas, las Estructuras B-1 y B-3 manifiestan la orientación que puede relacionarse con los extremos mayores de la Luna, mientras que el Grupo D está orientado solsticialmente. En Lagartero, Chiapas, donde los edificios principales, llamados Montículos 1, 2, 3 y 4, delimitan una plaza por sus lados sur, este, norte y oeste, respectivamente, el eje este-oeste del Montículo 2, prolongado hacia el poniente, pasa por el Montículo 4 y corresponde con bastante precisión a las paradas mayores norte de la Luna en el horizonte poniente. La intencionalidad de esta correspondencia es apoyada por el hecho de que la misma orientación la manifiesta el juego de pelota, situado inmediatamente al sur del Montículo 1 y dispuesto con su eje longitudinal en dirección este-oeste, mientras que la orientación del Montículo 1 corresponde a las salidas del Sol en el solsticio de diciembre (Sánchez y Šprajc 2011b).

TABLA 5
ORIENTACIONES POSIBLEMENTE RELACIONADAS
CON LOS EXTREMOS LUNARES MENORES

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	A _E	δ _E lunar	error δ _E lunar	δ _W lunar	error luna
Acanmul, El Palacio	P	S	CTa	109.171	-17.814	2.0	18.068	2.0
Calica, Templo de Kisim	T	E	PosTa	70.317	-18.519	1.5	-18.241	1.5
Chakanbakán, Xibalbá y juego de pelota	P	N	CTe	109.983	-18.774	1.5	19.638	1.5
Chichén Itzá, Palacio de los Falos	P	S	CTe	110.367	-18.862	1.0	19.144	1.0
Chichén Itzá, Templo de la Serie Inicial	T	W	CTe	108.398	-17.036	2.5	17.314	2.5
Chichén Itzá, Templo de los Guerreros	T	W	CTe/PosTe	109.902	-18.437	0.7	18.696	0.7
Dzibanché, Templo de los Cormoranes	T	W	CTa	110.108	NA	NA	19.281	1.0
Dzibanché, Templo de los Dinteles	T	W	CTa	108.709	-17.566	1.1	17.974	1.1
Dzibilchaltún, Estructura 36	T	S	CTa/Te	109.925	-18.420	1.5	18.651	1.5
Edzná, Templo de los Mascarones	T	N	CTe	110.217	-18.694	1.5	19.217	1.5
Edzná, Templo del Sur (Estr. 421)	T	S	CTe/Ta	109.717	-18.227	1.5	18.742	1.5
Edzná, Vieja Hechicera	T	E	PosTa	110.342	-18.817	1.5	19.327	1.5
El Cedral, Estructura C15-1-a	T	W	PosTe	107.983	-16.688	1.5	16.960	1.5
La Blanca, Estr. 6J2, ala sur	P	ES	CTa	70.880	18.467	1.0	-16.664	1.2
Oxtankah, Plaza Abejas, Estructura IV	T/P	E	CTe/Ta	111.125	-19.893	1.5	20.099	1.5
Palenque, Templo de las Inscripciones	T	N	CTa	112.821	-18.628	1.5	22.206	0.7
San Claudio, Estructura 1	T	N	CTe	106.287	-15.392	2.5	16.080	2.5
San Gervasio, Estr. C22-32-a (Nohoch Nah)	T	EW	PosTa	71.288	17.625	0.8	-17.349	0.8
Sayil, Palacio Sur	P	E	CTa/Te	108.067	-16.571	1.5	17.476	1.5
Tipikal, Estructura 6	T	E/N	PreM/CTe	111.692	-20.015	2.0	20.407	2.0
Toniná, Templo I (Estr. D5-2)	T	S	CTa	109.163	-17.848	1.0	18.643	1.0
Tulum, Estructura 35 (Casa del Cenote)	T/P	E	PosTa	108.844	-17.545	1.0	18.198	1.0
Tulum, Estructura 45	T	N	PosTa	109.925	-18.558	2.0	18.787	2.0
Uxmal, Casa de las Tortugas	P	NSEW	CTa/Te	109.694	-18.279	1.0	18.556	1.0
Uxmal, Gran Pirámide	T	N	CTa/Te	110.183	-18.733	1.0	19.012	1.0
Xlapak, edificio B (suroeste)	P	EW	CTa/Te	108.717	-16.637	2.5	18.037	2.5
Xlapak, Palacio	P	NS	CTa/Te	110.550	-18.403	1.5	19.783	1.5
Yaxchilán, Estructura 42	T/P	E	CTa	107.199	-16.052	1.5	17.110	1.5

mayores, ya que su otro referente astronómico podría ser el Sol; como veremos más adelante, varias de ellas pertenecen a uno de los grupos que marcan intervalos significativos (Grupo 10). Pero también es cierto que otras no registran fechas que, tomando en cuenta los errores estimados, delimiten intervalos significativos, por lo que bien podrían referirse a la Luna en sus paradas menores. Desafortunadamente casi no hay datos contextuales que nos ayuden a resolver el dilema. Sólo podemos notar que la Estructura C15-1-a de El Cedral, la Estructura C22-32-a (llamada también Nohna o Nohoch Nah) de San Gervasio, el Templo de Kisim de Calica y las Estructuras 35 (Casa del Cenote) y 45 de Tulum se localizan en la región donde son relativamente comunes las orientaciones hacia los extremos lunares mayores; recordemos, concretamente, que hacia estos últimos está orientada la Estructura 25 de Tulum y la Acrópolis del Grupo VI (El Ramonal) de San Gervasio (tabla 4). También para el edificio de la Vieja Hechicera en Edzná hay algunos indicios —discutidos en el apartado correspondiente del capítulo 5— de que fue orientado hacia las paradas menores de la Luna.

3.2.6. Estrellas

La distribución de las declinaciones permite relacionar la mayoría de las orientaciones con el Sol, Venus y la Luna, pero es posible que algunos edificios fueran orientados hacia los puntos de salida o puesta de ciertas estrellas. Cabe mencionar, sin embargo, varios factores que hacen difícil establecer el referente estelar de una orientación: puesto que, debido a la precesión, las declinaciones de las estrellas cambian paulatinamente a través del tiempo, necesitamos el fechamiento relativamente exacto de la orientación; para determinar la declinación correspondiente a un azimut, hay que tomar en cuenta el ángulo de extinción, pero éste depende de la magnitud (intensidad del brillo) de la estrella, por lo que no lo podemos determinar si no sabemos de qué estrella se trata; además, el ángulo de extinción varía en función de las condiciones atmosféricas concretas. Tomando en consideración estas variables, así como las incertidumbres en cuanto a la temporalidad del edificio en cuestión, casi siempre podremos encontrar alguna estrella (incluso si sólo consideramos estrellas brillantes) como posible referente de su orientación. Pero el problema principal consiste en demostrar la intencionalidad de la correspondencia encontrada. Al no contar con datos contextuales que nos indiquen la importancia especial de tal o cual estrella, el referente estelar de un grupo de orientaciones puede proponerse sólo si tenemos un número relativamente grande de casos que corresponden a declinaciones parecidas; al buscar el posible candidato estelar, hay que considerar la temporalidad de las orientaciones y verificar si las diferencias entre las declinaciones que les corresponden manifiestan cierta concordancia con las variaciones precesionales en la declinación de la estrella en cuestión (cf. Ruggles 2015b). A manera de hipótesis, a continuación presentamos el intento de relacionar un grupo de orientaciones en nuestra muestra con una estrella relativamente brillante.

En la figura 6 llama la atención un pico en el lado izquierdo de la gráfica que presenta las frecuencias relativas de las declinaciones este; el pico corresponde al valor -37.64° . Se trata de orientaciones que podrían relacionarse con Fomalhaut, estrella α de la constelación *Piscis Austrinus*. Desde los inicios de nuestra era hasta el año 1500 d.C., la declinación de Fomalhaut cambió (por efectos de la precesión) de -39.09° a -32.23° (Hawkins 1968: 88; cf. Ruggles 2015a: tabla 31.1). Considerando la magnitud de la estrella (1.16) y los coeficientes de extinción que para lugares a la altura del nivel del mar y con el clima húmedo presenta Schaefer (1986: S33ss, fig. 3; 2000: 123s, fig. 2), el ángulo de extinción de Fomalhaut puede variar entre 2° y 6° aproximadamente. Es decir, si la altura del horizonte real es menor, hay que reemplazarla con un valor dentro de este rango si queremos calcular las declinaciones que nos pueden indicar la posible relación de las orientaciones con esta estrella. Para hacerlo, empleamos el valor arbitrario de 4° ; asignando, en consideración al variable ángulo de extinción, a las declinaciones así calculadas los errores incrementados por 1° respecto a los que aparecen en la tabla 1, seleccionamos las que se encuentran dentro del rango de las declinaciones que alcanzaba Fomalhaut. Los datos sobre las orien-

TABLA 6

ORIENTACIONES QUE PODRÍAN REFERIRSE A LA SALIDA O PUESTA DE LA ESTRELLA FOMALHAUT (α PsA). EN EL CÁLCULO DE LAS DECLINACIONES LISTADAS EN ESTA TABLA SE CONSIDERÓ EL ÁNGULO DE EXTINCIÓN DE 4°

sitio, estructura	acceso hacia	período	A_ϵ	δ_ϵ	δ_w	error δ
Akumal, estructura principal	S	PosTa	124.450	-30.392	-	2.0
Arrecife, Estr. C10-1-a, C10-1-b	W	PosTa	126.986	-32.594	-	2.0
Calica, Estr. P-I	E	PosTa	128.567	-33.989	-	3.0
Calica, Estr. P-III-sub	W	PreTa	129.317	-34.648	-	2.0
Cobá, Nohoch Mul	S	CTa/PosTe	130.499	-35.714	-	1.4
Lacanhá, Edificio de las Columnas	N	CTa	133.360	-39.562	-	2.0
Lacanhá, Edificio Noroeste	E	CTa	131.985	-38.318	-	3.0
Plan de Ayutla, Acrópolis Oeste	NE	CTe	134.398	-40.475	-	2.5
San Gervasio, Grupo I (Central), Estr. C22-6-b	W	PosTa	127.583	-33.147	-	3.0
San Gervasio, Grupo IV (Murciélagos), Estr. C22-34-a	W	CTa	134.167	-38.897	-	2.0
San Gervasio, Grupo IV (Murciélagos), Estr. C22-34-e	N	PosTa	126.617	-32.290	-	2.0
Xcaret, Estructura C-IV	S	PosTa	129.300	-34.634	-	2.0
Xcaret, Estructura D-1	E	PosTa	50.467	-	-34.838	3.0
Xcaret, Estructura E-III	W	PosTa	126.925	-32.538	-	3.0
Xcaret, Estructura F-I	N	PosTa	52.550	-	-33.002	3.0
Xcaret, Estructura H-I	E	PosTa	129.925	-35.182	-	2.5
Xcaret, Templo de la Caleta	E	PosTa	128.300	-33.754	-	3.0
Xelhá, Casa del Jaguar	S	PosTe/Ta	129.983	-35.323	-	4.0

taciones correspondientes están listados en la tabla 6. Podemos ver que, en su mayoría, pueden relacionarse con la salida de la estrella —son las que producen el pequeño pico en las declinaciones este en la figura 6—, pero también encontramos dos que podrían referirse a su puesta. La ubicación del acceso varía, sin que se observe alguna correlación con las supuestas direccionalidades.

De ser cierto que el referente astronómico de estas orientaciones fue Fomalhaut, las diferencias entre las declinaciones podrían deberse no sólo a la variabilidad del ángulo de extinción (así como a los posibles errores en nuestra determinación de los azimuts), sino también a que los edificios que las señalan fueron construidos en épocas diferentes. Es interesante que, al ordenarlos cronológicamente, observamos que las declinaciones correspondientes tienden a crecer, es decir, las declinaciones marcadas por los edificios tardíos son, en promedio, más grandes que las que corresponden a los edificios tempranos, lo que concuerda con el crecimiento precesional de la declinación de Fomalhaut a través del tiempo (tabla 6); el único caso aberrante es la Estructura P-III-sub de Calica, fechada en el Preclásico Tardío, pero quizá el azimut que determinamos refleje las modificaciones posteriores del edificio (cf. Martos 2003: 149ss).

Aunque, en vista de la escasez de los datos y las incertidumbres mencionadas, el motivo propuesto de las orientaciones de este grupo queda hipotético, podemos mencionar que, según Judith Remington (1980: 117s, fig. 6.8), Fomalhaut tal vez forma parte de una cruz que ven en el cielo los quichés y los cakchiquiles en los altos de Guatemala; además, supone la autora, Fomalhaut podría ser

una de las cuatro estrellas brillantes que, de acuerdo con lo que le contaron sus informantes cakchiqueles, son visibles en el cielo nocturno meridional durante todas las temporadas del año (*ibid.*: 119). Aunque la autora no pudo confirmar estas identificaciones, cabe mencionar los diseños cruciformes, elaborados con puntos y líneas, en el incensario encontrado en la Estructura C22-34-e de San Gervasio (v. capítulo 5), una de las que posiblemente fueron orientadas hacia las salidas de la estrella Fomalhaut (tabla 6).

Aparte de esta información poco confiable, no parece haber datos independientes que sugieran alguna importancia de Fomalhaut entre los mayas. Tan sólo podríamos especular sobre el posible significado de sus fenómenos helíacos, que durante el Posclásico (periodo al que pertenece la mayoría de los edificios listados en la tabla 6) ocurrían a finales de enero o principios de febrero (última puesta visible en la noche después de ponerse el Sol), finales de marzo (primera salida visible en la mañana antes de salir el Sol), mediados de agosto (última salida visible en la noche después de la puesta del Sol) y finales de agosto (primera puesta visible en la mañana antes de salir el Sol) (*cf.* Aveni 2001: 115).

Independientemente de estas dudas, resulta interesante que las orientaciones que tentativamente asociamos con Fomalhaut se encuentran únicamente en dos regiones relativamente reducidas: en la costa noreste de la península de Yucatán y en la cuenca del río Usumacinta (tabla 6). Si bien en ambas regiones hay algunas orientaciones que discrepan notablemente de las listadas en la tabla 6, por lo que no pueden relacionarse con el mismo cuerpo celeste y ni siquiera podemos tener la certeza de que tuvieran alguna base astronómica, llama la atención el hecho de que son precisamente estas dos regiones donde se concentran las orientaciones que no pueden relacionarse con el Sol, Venus o la Luna (*cf.* tabla 1). Agreguemos que esta tendencia en la orientación de los edificios en la cuenca del río Usumacinta se observa también en los planos de diversos sitios presentados por Golden y Scherer (2011); para verificar la validez de la hipótesis estelar que hemos propuesto, sería importante realizar un estudio más sistemático de orientaciones en la región.

3.3. ORIENTACIONES SOLARES: FECHAS E INTERVALOS

Para las declinaciones que pueden relacionarse con el Sol (y que, como ya fue mencionado en el apartado anterior, predominan en nuestra muestra) aparecen en la tabla 1 también las fechas correspondientes, cuyas frecuencias relativas están graficadas en la figura 9. Como en las gráficas anteriores, los picos más pronunciados de las curvas representan los valores que posiblemente fueron logrados a propósito, ya que para cada fecha se tomó en cuenta el posible error en días, calculado con base en el error estimado de la declinación. Estos errores, aunque no se incluyen en la tabla 1, fueron calculados con fracciones del día para lograr mayor precisión en el cálculo y la evaluación de los intervalos (*v. infra*). Debido a la prevalente desviación de los alineamientos en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales (al sur del este o,

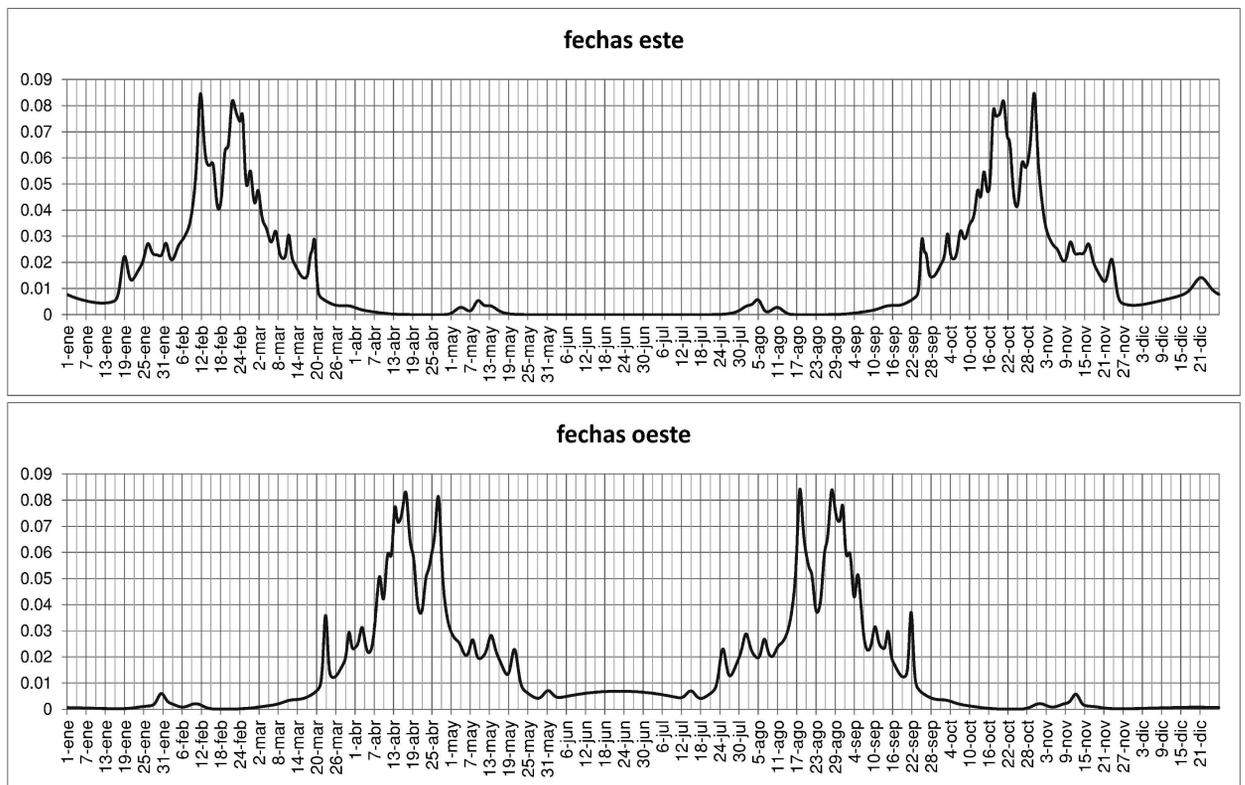


Figura 9. Distribución de frecuencias relativas de las fechas registradas por las orientaciones en los horizontes este y oeste.

visto de otra manera, al norte del oeste), las fechas de salida del Sol caen predominantemente en otoño e invierno, y las de su puesta en primavera y verano.

Las concentraciones más pronunciadas de fechas se observan en febrero, abril, agosto y octubre, como también ocurre en el centro de México (Šprajc 2001a: 64ss, fig. 8). La explicación más probable de estas concentraciones es que se trata de cuatro épocas del año importantes en el ciclo agrícola, ya que corresponden a 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 (*cf. ibid.*: 79ss). Asimismo notamos pequeñas concentraciones alrededor de las fechas solsticiales. Aunque la existencia de orientaciones solsticiales fue mostrada con el análisis de las declinaciones (*v. supra*), los picos correspondientes en la figura 9 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. Por otra parte, también en la figura 9 podemos advertir, de acuerdo con lo que comentamos en la

discusión de las declinaciones, que no existe ningún pico que corresponda a los equinoccios. Los picos más cercanos corresponden a las fechas 19 de marzo y 25 de septiembre, marcadas en el horizonte oriente, y 23 de marzo y 21 de septiembre, registradas en el horizonte poniente. Tal como en el caso de las declinaciones (figura 6), el pico que corresponde a este último par de fechas es mucho más alto y pronunciado, sugiriendo, de nuevo, que estas orientaciones eran funcionales hacia el poniente, registrando los días de cuarto del año, es decir, las fechas que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro partes de aproximadamente igual duración.

Aquí hay que advertir que a cada alineamiento, salvo 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 otro grupo de fechas en el horizonte opuesto, aunque no necesariamente los dos grupos fueron logrados intencionalmente. Algunos indicios sobre la direccionalidad de las orientaciones solares, es decir, sobre cuáles eran las direcciones observacionalmente funcionales de los alineamientos, los encontraremos al analizar los intervalos que separan las fechas más frecuentemente registradas. Este análisis, presentado a continuación, lo emprendimos con el objetivo de verificar las hipótesis que fueron expresadas con anterioridad y según las cuales las fechas señaladas por orientaciones tienden a estar separadas por ciertos intervalos significativos en términos del sistema calendárico formal (Aveni y Hartung 1986: 54ss; Broda 1993: 261ss; Galindo 1994: 125ss, 2000, 2001a, 2007a; Šprajc 1990, 1995; Tichy 1991), tendencia que se ha confirmado en el centro de México (Šprajc 2001a).

En la tabla 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 5— pudo ser funcional únicamente 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 1 en las columnas con el encabezado *intervalos este*, en tanto que en las siguientes columnas, con el encabezado *intervalos oeste*, aparecen los que separan las fechas marcadas en el horizonte opuesto. Para referirnos a ambos tipos de intervalos, a continuación emplearemos estas designaciones abreviadas. 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 2.3). Sus posibles errores, calculados con base en los errores de las fechas, se consideraron en los cálculos resultantes en las gráficas de la figura 10, que presentan las distribuciones de frecuencias relativas de los intervalos. 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

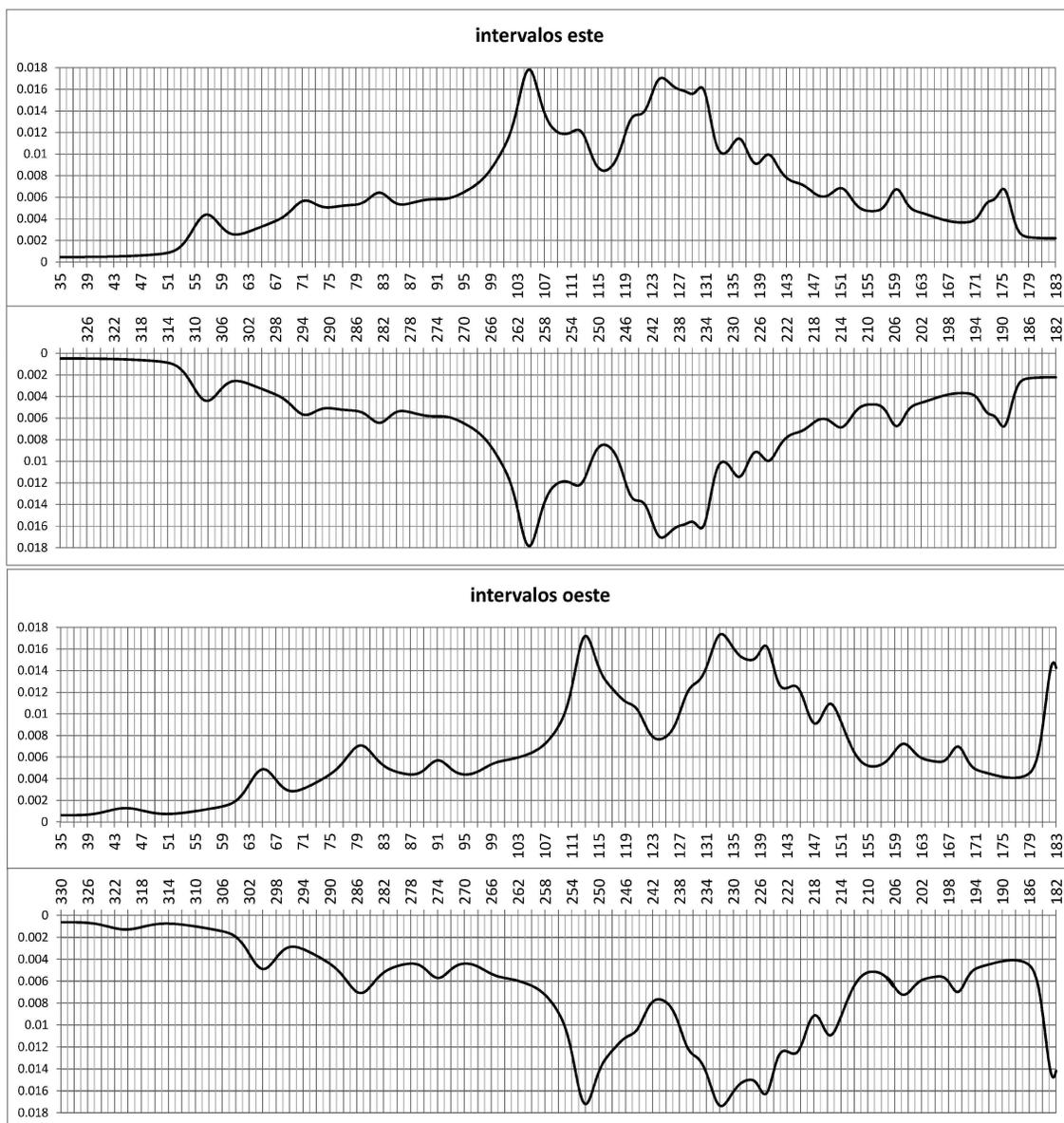


Figura 10. Distribución de frecuencias relativas de los intervalos que separan las fechas este y oeste.

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.

La distribución de los intervalos, que manifiesta concentraciones alrededor de algunos valores, sugiere que las orientaciones fueron diseñadas para registrar fechas separadas por ciertos intervalos. Analizando los intervalos que corresponden a los picos prominentes en las curvas de la figura 10, podemos tratar de clasificar las orientaciones en ciertos grupos. En aras de la precisión, que nos permitirá llegar a conclusiones más contundentes, relacionaremos estos picos con valores exactos que incluirán fracciones decimales del día. Tal precisión es

relevante, porque —como ya mencionamos en el capítulo 2.3— al determinar las fechas que corresponden a las declinaciones asumimos que el equinoccio vernal correspondía en todos los casos a marzo 21.0 del calendario gregoriano. Tal fecha, escrita en la forma que usaremos a continuación, significa que se trata del 21 de marzo a las 0:00 horas del Tiempo Universal, por lo que, por ejemplo, la fecha marzo 21.5 corresponde al mismo día a las 12:00 horas.

Los dos picos más altos en la gráfica de intervalos este en la figura 10 corresponden a los valores complementarios 104.77 y 260.48. Consultando la tabla 1, encontramos que los intervalos cerca de 105 y 260 días separan las fechas cercanas al 12 de febrero y al 30 de octubre. Como era de esperar, a estas fechas corresponden también los picos más altos en la gráfica de fechas este en la figura 9; los valores exactos son febrero 11.74 y octubre 30.21. Al revisar nuevamente la tabla 1, detectamos que las orientaciones que en el horizonte oriente registran las fechas cerca del 12 de febrero y el 30 de octubre, en el horizonte opuesto marcan las fechas cerca del 27 de abril y el 18 de agosto, separadas por los intervalos alrededor de 113 y 252 días. Examinando ahora las gráficas de fechas e intervalos oeste en las figuras 9 y 10, encontramos los picos prominentes que corresponden precisamente a estas fechas e intervalos (los valores exactos son abril 27.0 y agosto 18.06, y 113.06 y 252.18). Por consiguiente, los picos mencionados en las gráficas de fechas e intervalos corresponden a un mismo grupo de orientaciones. Los datos sobre este y otros grupos que identificamos de la misma manera, designándolos arbitrariamente con números consecutivos, se resumen en la tabla 7.

Lo que llama la atención es que en cada grupo encontramos al menos un intervalo que es cercano a un múltiplo de 13 o de 20 días; éstos están marcados en negritas. Se trata de los valores cerca de 260 (= 13×20 ; Grupo 1), 240 (= 12×20 ; Grupo 2), 130 (= 10×13 ; Grupo 3), 140 (= 7×20 ; Grupos 3 y 5), 221 (= 17×13 ; Grupo 4), 160 (= 8×20 ; Grupos 6 y 7), 169 (= 13×13 ; Grupo 7), 182 (= 14×13 ; Grupo 8), 91 (= 7×13 ; Grupo 9), 80 (= 4×20 ; Grupo 10), 65 (= 5×13 , Grupo 11) y 300 (= 15×20 ; Grupo 11). En algunos grupos (3, 7 y 11) encontramos hasta dos intervalos con estas características. Esto parece significativo, considerando que los periodos de 13 y de 20 días eran elementos básicos del sistema calendárico mesoamericano: como se ha argumentado en relación con el centro de México, donde un estudio sistemático reveló la misma tendencia (Šprajc 2001a), las orientaciones arquitectónicas que marcaban tales intervalos pudieron haber permitido el uso de calendarios observacionales fácilmente manejables mediante el calendario formal. Los alineamientos que registraban las salidas y puestas del Sol separadas por múltiplos de periodos básicos del sistema calendárico mesoamericano no sólo permitían la determinación de ciertas fechas con base en observaciones directas, sino también facilitaban su predicción, cuando las observaciones directas, por condiciones climáticas adversas, no eran posibles: 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

TABLA 7
DATOS SOBRE LOS GRUPOS DE ORIENTACIONES INDICADOS
POR LOS INTERVALOS

grupo	fechas este		intervalos este		fechas oeste		intervalos oeste	
Grupo 1	feb 11.74	oct 30.21	104.77	260.48	abr 27.00	ago 18.06	113.06	252.18
Grupo 2	feb 21.81	oct 20.54	124.49	240.73	abr 16.79	ago 28.06	133.27	231.98
Grupo 3	feb 24.71	oct 17.64	130.32	234.93	abr 13.55	ago 31.30	139.75	225.51
Grupo 4	feb 27.25	oct 14.55	135.93	229.31	abr 11.44	sep 2.46	144.03	221.21
Grupo 5	mar 1.72	oct 12.68	140.30	224.95	abr 8.69	sep 5.11	149.43	215.82
Grupo 6	mar 7.13	oct 7.32	151.04	214.19	abr 3.17	sep 10.53	160.36	204.86
Grupo 7	mar 11.27	oct 3.13	159.38	205.86	mar 30.14	sep 14.51	168.37	196.87
Grupo 8	mar 19.24	sep 25.25	175.23	190.01	mar 22.96	sep 21.59	182.62	182.62
Grupo 9	ene 31.88	nov 10.62	82.50	282.75	may 7.77	ago 6.93	91.14	274.09
Grupo 10	ene 26.41	nov 16.09	71.56	293.68	may 13.55	ago 1.20	79.64	285.61
Grupo 11	ene 19.01	nov 23.39	56.88	308.36	may 20.80	jul 24.95	65.16	300.08

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).

En vista de lo expuesto resulta sumamente probable que las orientaciones solares en las tierras bajas mayas registraran, en su mayoría, las fechas separadas por intervalos calendáricamente significativos. La intencionalidad de las orientaciones con tales características se ve reforzada por el hecho de que las más comunes (a las que corresponden los picos más prominentes en las figuras 9 y 10) son las del Grupo 1, que tienden a marcar el intervalo de 260 días; se trata, obviamente, del intervalo que, siendo múltiplo tanto de 20 como de 13 días, es igual a la duración del ciclo calendárico sagrado (*tzolkin*). Por lo tanto, los fenómenos separados por este intervalo ocurrían en las mismas fechas de este ciclo calendárico. Aparte del evidente significado del intervalo de 260 días, que separa las fechas de *salida* del Sol, también la diferencia entre los picos que corresponden al Grupo 1 en las figuras 9 y 10 sugiere la direccionalidad *oriente* de estas orientaciones: los picos en las gráficas de las fechas e intervalos este son ligeramente más altos que los que corresponden a este grupo en el horizonte opuesto. Tal diferencia se observa en el mismo par de figuras también entre los picos del Grupo 8, pero en este caso son más altos y pronunciados los picos que corresponden a las fechas y los intervalos oeste, lo que coincide con el hecho de que el intervalo significativo separa las fechas marcadas en el horizonte oeste; se trata de las orientaciones que, como ya mencionamos, marcaban los días de cuarto del año. Si nuestra interpretación es correcta, los intervalos significativos (marcados en negritas en la tabla 7) pueden tomarse como indicios de la direccionalidad de las orientaciones también en otros casos. La determinación de la direccionalidad es más difícil cuando en un solo grupo encontramos un intervalo significativo tanto entre los intervalos este como entre los oeste;

aunque algunas orientaciones pudieron ser funcionales en ambas direcciones, los datos disponibles, debido a los posibles errores, mayormente no permiten asegurarlo.

Aquí hay que agregar algunas precisiones. No cabe duda de que los picos más prominentes de las curvas en las figuras 9 y 10, resultantes de un número relativamente grande de datos, representan los valores intencionados con bastante fidelidad, pero la situación no es tan inequívoca en el caso de otros picos, que posiblemente representan la fusión de valores cercanos y con errores relativamente grandes, pero basados en propósitos diferentes.¹² A esta opinión nos inducen los histogramas en la figura 11, que presentan la distribución de los intervalos sin considerar sus posibles errores (cada columna representa el número de intervalos cuyos valores se encuentran en el rango de un día centrado en el valor indicado en la escala horizontal; los intervalos complementarios están graficados hacia arriba y abajo). En general, su distribución, obviamente, concuerda con la distribución de frecuencias relativas en la figura 10, pero podemos notar que en esta última dos picos de la curva de intervalos este corresponden a los valores 82.5 y 282.75 (Grupo 9 en la tabla 7), mientras que en la figura 11 observamos que, entre los intervalos que contribuyeron a estos picos, predominan los centrados en los valores 85 y 280. Este último es múltiplo de 20, por lo que es probable que haya motivado algunas orientaciones. Por consiguiente, en nuestro Grupo 9 (tabla 7) quizá estén fusionadas las orientaciones que marcaban el intervalo de 91 días en el horizonte poniente con las que registraban el de 280 o incluso el de 80 días en el horizonte oriente (cf. figura 11).

Otro ejemplo lo representa, en la figura 11, la concentración de intervalos este cerca de los valores 120 y 245. La gráfica de los intervalos este en la figura 10 no presenta picos en estos valores (tan sólo pequeñas “jorobas”), pero la existencia de un grupo de orientaciones que registraban las fechas 22 de octubre y 19 de febrero, separadas por el intervalo de 120 (= 6×20) días, es muy probable, ya que las marcaban, entre otros, algunos edificios importantes cuyas orientaciones pudieron medirse con precisión (p. ej. las Estructuras IV-B de Calakmul y 3 de Tabasqueño y los Templos IV y V de Tikal; los errores estimados en declinación no rebasan 0.5° : tabla 1).

Si aceptamos que los picos más pronunciados en la figura 10 reflejan la intención de lograr los intervalos significativos, la práctica debe haber sido común, por lo que es probable que las orientaciones solares mayormente registraran fechas separadas por múltiplos de 13 o de 20 días, aunque no todas pueden asignarse a alguno de los grupos que hemos identificado. Desde luego, en muchos casos, sobre todo cuando los errores que debemos considerar son relativamente grandes, es muy difícil o imposible asegurar que una orientación particular fue-

¹² Cabe recordar que cada uno de los valores que resultaron en las gráficas de la distribución de frecuencias relativas es, en realidad, una distribución normal (gaussiana) centrada en el valor nominal y con la desviación estándar del error.

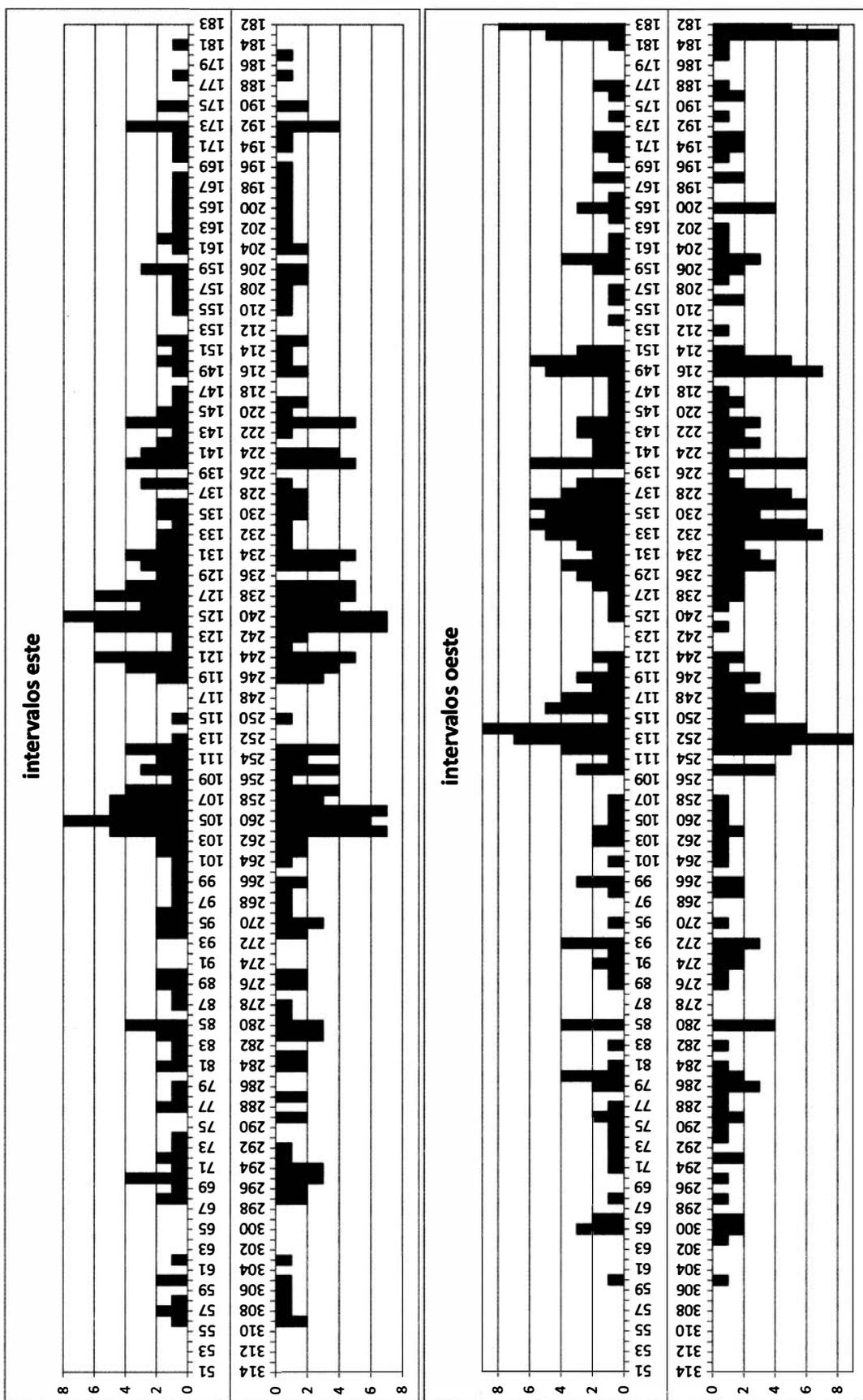


Figura 11. Distribución de frecuencias de los intervalos este y oeste.

ra destinada a marcar uno u otro intervalo y, por ende, uno u otro par de fechas. Por ello, no todas las orientaciones concretas que han servido como base para estos análisis pueden clasificarse, con certeza, como pertenecientes a uno u otro grupo. Las posibles interpretaciones de las orientaciones particulares se presentan en el capítulo 5. En las tablas que siguen sólo presentaremos los datos sobre las orientaciones que pertenecen a los grupos más evidentes. Para asignar una orientación a un grupo, consideramos como relevante la cercanía de uno de los múltiplos de 13 o de 20 días (cuyo significado es indicado por el análisis resumido en la tabla 7) a uno de los intervalos marcados por la orientación, tomando en cuenta su error. Por razones de espacio, en estas tablas omitimos las fracciones del día en las fechas, así como sus errores, pero estos datos están implícitos en los intervalos y sus errores.

Los datos sobre el Grupo 1 aparecen en la tabla 8, que incluye sólo las orientaciones que, de acuerdo con los criterios mencionados arriba, claramente forman parte de este grupo; sin embargo, tomando en cuenta los errores de los datos, es posible que le pertenezcan otras más (mencionadas en el capítulo 5). Si las orientaciones de este grupo eran funcionales únicamente hacia el oriente (*v. supra*), la concentración de intervalos oeste cerca de 113 y 252 días (figura 10) es, en lugar de haber sido lograda a propósito, simplemente la consecuencia de la concentración de intervalos alrededor de 105/260 días, marcados en el horizonte oriente: recordemos que cualquier grupo de orientaciones similares necesariamente marca un grupo de fechas e intervalos en el horizonte oriente y otro en el poniente. Los edificios de este grupo son de distintos tipos y sus accesos se encuentran en lados diferentes, sin que se observe la preferencia por el lado oriente, lo que coincide con la situación en el centro de México donde, según se ha argumentado (Šprajc 2001a: 69ss), la ubicación del acceso no necesariamente indica la dirección astronómicamente funcional de la estructura.

Las orientaciones de este grupo pertenecen a la llamada familia de los 17°, uno de los grupos de alineamientos más difundidos en Mesoamérica (Aveni 2001: 234; Šprajc 2001a: 27, 2008b). Aunque esta designación, cuyos orígenes se remontan a la etapa pionera de los estudios arqueoastronómicos de Mesoamérica (*cf.* Marquina y Ruiz 1932: 11; Šprajc 2001a: 27), se refiere a la desviación al este del norte (o al sur del este) de estas orientaciones, sus azimuts en realidad manifiestan variaciones considerables, que dependen tanto de las fechas registradas como de la latitud geográfica y la altura del horizonte concretas. Para el centro de México se ha mostrado que esta “familia” de orientaciones en realidad incluye dos grupos ligeramente diferentes, aunque funcionalmente relacionados (Šprajc 2001a: 107ss), de los que uno no se destaca en nuestra muestra de datos del área maya, mientras que el otro corresponde al Grupo 1.

Al consultar los datos sobre las orientaciones del Grupo 1 en la tabla 1, podemos verificar que, en las tierras bajas mayas, sus azimuts se concentran alrededor de 104°/284°. La alta frecuencia de estos azimuts es evidente también en la figura 1. Recordando que se trata, según lo indican nuestros datos, del

TABLA 8
DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES DEL GRUPO 1

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	fechas este		intervalos este		error intervalo	fechas oeste		intervalos oeste		error intervalo
Aké, Estr. 1, recinto central superior	T	S	PosTa	12-feb	30-oct	105.20	260.04	3.01	26-abr	18-ago	114.35	250.89	3.09
Balamkú, Grupo Sur, Estr. 5 y 10	T	NS	CTe	12-feb	29-oct	105.39	259.85	5.99	27-abr	17-ago	112.82	252.43	6.19
Becán, Estructura I	P	S	CTa	11-feb	30-oct	104.50	260.74	1.21	26-abr	18-ago	113.12	252.13	1.24
Calakmul, Estructura I	T	W	CTe	12-feb	29-oct	106.12	259.12	1.79	26-abr	18-ago	114.50	250.75	1.84
Chacchoben, Grupo I-D, estr. este	P	W	CTe	13-feb	28-oct	108.15	257.09	11.81	25-abr	19-ago	116.87	248.37	12.11
Chakanbakán, Nohochbalam	T	S	PreTa	11-feb	29-oct	105.02	260.23	6.00	27-abr	17-ago	111.83	253.41	6.21
Cheyokoinah, Estr. 1-a	P	W	CTe/Ta	13-feb	28-oct	107.36	257.88	5.93	25-abr	19-ago	116.17	249.08	6.08
Chicaanticanal, Estr. 1	GE	E	CTe	12-feb	29-oct	107.00	258.24	5.94	25-abr	19-ago	116.13	249.11	6.08
Chichén Itzá, Casa Colorada	P	W	CTer	11-feb	30-oct	104.23	261.01	6.04	26-abr	17-ago	113.16	252.08	6.21
Cornalcalco, Templo I	T	E	CTa	11-feb	31-oct	103.35	261.89	3.03	27-abr	17-ago	112.18	253.06	3.12
Edzná, Templo de la Luna	T/P	N	CTe	11-feb	29-oct	105.23	260.02	1.20	27-abr	17-ago	112.49	252.75	1.24
El Caracol, Estr. C1-1-a - fase tardía	T	NSEW	PosTa	11-feb	31-oct	103.23	262.01	4.27	NA	NA	NA	NA	NA
El Gallinero, Estructura A-1	T	W	CTe/Ta	11-feb	30-oct	104.48	260.76	6.02	28-abr	16-ago	109.82	255.42	6.30
El Gallinero, Estructura B-1	T/P	W	CTe/Ta	12-feb	29-oct	105.83	259.42	5.98	27-abr	17-ago	112.72	252.52	6.19
El Gallinero, Estructura D-1	T/P	W	CTe/Ta	12-feb	29-oct	106.07	259.17	5.97	26-abr	18-ago	113.71	251.53	6.16
El Mirador, Pirámide Pava	TR/GE	N	PreTa	11-feb	30-oct	104.73	260.52	6.01	26-abr	18-ago	113.51	251.73	6.15
Izamal, Kinich Kak Moo	T	S	PreTa/CTe	11-feb	30-oct	104.01	261.23	3.02	27-abr	18-ago	113.18	252.06	3.08
Kabah, Codz Pop	P	W	CTa/Ter	12-feb	29-oct	106.74	258.50	5.96	26-abr	18-ago	114.33	250.92	6.17
Labná, El Mirador	T	S	CTa/Ter	13-feb	28-oct	107.87	257.37	5.92	26-abr	18-ago	113.70	251.55	6.19
Las Delicias, Estructura 2	TR	W	CTe	11-feb	29-oct	105.28	259.96	6.00	26-abr	18-ago	114.32	250.92	6.14
Mayapán, Estr. Q-152 (T. Redondo)	T	W	PosTa	14-feb	27-oct	109.95	255.29	5.88	23-abr	20-ago	118.98	246.26	6.03
Muyil, Castillo, etapa temprana	T	E	PosTe	12-feb	29-oct	106.61	258.63	4.18	25-abr	19-ago	115.66	249.58	4.29
Pomoná, Estructura 4	T	E	CTa	11-feb	30-oct	104.82	260.42	3.01	26-abr	18-ago	113.95	251.29	3.08
San Gervasio, Gpo. IV, Estr. C22-34-d	T/P	E	PosTa	13-feb	28-oct	107.96	257.28	11.88	24-abr	19-ago	116.94	248.30	12.19
Sayil, El Mirador	T	S	CTa	14-feb	27-oct	109.98	255.27	5.85	26-abr	18-ago	113.93	251.31	6.17
Sayil, Palacio Norte, piso superior	P	S	CTa/Ter	12-feb	29-oct	106.24	259.00	4.18	28-abr	16-ago	109.81	255.43	4.43
Tabasqueño, Estructura 1	T/P	NS	CTa/Ter	10-feb	31-oct	102.45	262.80	3.05	27-abr	17-ago	112.28	252.96	3.12
Tancah, Estructura 1	T	W	PosTa	13-feb	29-oct	106.62	258.63	5.98	25-abr	19-ago	115.88	249.36	6.13
Uitzilná, Estructura 6	T	W	CTe	10-feb	31-oct	102.33	262.91	6.10	28-abr	16-ago	110.63	254.62	6.27
Xcambó, estr. extrema oriente	P	EW	CTe/Ta	11-feb	30-oct	104.23	261.01	1.21	27-abr	17-ago	112.85	252.39	1.24
Xcambó, Pirámide de la Cruz	T	S	CTe/Ta	12-feb	29-oct	106.03	259.22	5.97	25-abr	19-ago	115.19	250.05	6.11
Yaxnohcah, Estructura A-1	TR	S	PreTa/CTe	13-feb	28-oct	108.18	257.06	5.90	24-abr	20-ago	117.26	247.98	6.02
Yaxnohcah, Estructura C-1	TR	N	PreTa/CTe	11-feb	30-oct	104.24	261.00	6.03	27-abr	18-ago	112.85	252.40	6.17
Yaxnohcah, Estructura E-1	TR	N	PreTa/CTe	14-feb	27-oct	110.26	254.98	5.83	24-abr	21-ago	119.03	246.21	5.97

grupo más prominente de orientaciones, no es sorprendente que ya Aveni y Hartung (1986: 17, 54s, 2000: 55), al graficar la distribución de los azimuts en el área maya, notaron un pico prominente centrado en la desviación de 14° con respecto a los rumbos cardinales.

Como se observa en la tabla 8, los alineamientos de este grupo aparecen a más tardar en el Preclásico Tardío y permanecen en uso hasta el Posclásico Tardío. La opinión de que el lugar de su origen fuera Teotihuacan, donde rigen la gran parte de la traza urbana (cf. Aveni 2001: 234), ha sido recientemente refutada, ya que en El Mirador, Petén, Guatemala, están incorporados en edificios claramente más tempranos (Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009). En relación con su posible origen en la Cuenca de El Mirador, podemos observar que las estructuras tempranas de este grupo predominan en los sitios en la parte sur de nuestra área de estudio. Es probable, por lo tanto, que este grupo de orientaciones fuera difundido al cen-

tro de México desde las regiones centrales de la península de Yucatán. Tal opinión es al menos congruente con el hecho de que los tiestos cerámicos mayas, encontrados en diversas localidades de Teotihuacan e incluyendo los del periodo Preclásico Tardío, indican que la metrópoli tuvo relaciones particularmente intensas con la zona central del Petén (Clayton 2005). No sobra subrayar que algunos de los fragmentos tempranos, sugiriendo que los inicios de la interacción se remontan a la fase Patlachique, fueron encontrados precisamente bajo la Pirámide del Sol (*ibid.*: 434, 444), orientada hacia las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre; según se ha argumentado (Šprajc 2000a, 2001a: 223s), fue este edificio (posiblemente el ejemplo más temprano de esta orientación en el centro de México) el que dictó la disposición de gran parte de la traza urbana de Teotihuacan.

En contraste con las tierras bajas mayas, donde la función astronómica de estas orientaciones debe haber sido la de señalar únicamente las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre, algunas en el centro de México parecen haber sido funcionales en ambas direcciones, ya que al mismo tiempo señalan las puestas del Sol el 30 de abril y 13 de agosto, otro par de fechas significativas, que también delimitan intervalos de 105 y 260 días (Šprajc 2001a). Para lograr el registro de las cuatro fechas con una sola orientación se necesitan alturas apropiadas de horizonte, como las que pudieron ser encontradas en el paisaje montañoso de las regiones centrales de México. En las tierras bajas mayas, donde las elevaciones de horizonte son cercanas a 0°, los dos pares de fechas no pueden ser marcados por un solo alineamiento. Si el origen de las orientaciones de este grupo, como hemos argumentado, ha de buscarse en las tierras bajas mayas, parece que los alineamientos funcionales únicamente hacia el oriente, características de esta área, representan una versión más sencilla y 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 2001a: 107ss).

Según Malmström (1981, 1997), el motivo de los alineamientos que, así como la Pirámide del Sol de Teotihuacan, registraban las puestas del Sol el 13 de agosto, fue conmemorar la fecha de inicio de la Cuenta Larga maya en el año 3114 a.C. De ser así, esperaríamos que estas orientaciones fueran particularmente numerosas y tempranas precisamente en el área maya, pero los datos de nuestra muestra no apoyan la idea: las estructuras cuyo propósito pudo haber sido el señalar las fechas 13 de agosto y 30 de abril son relativamente pocas (p. ej. la Estructura III de Calakmul, el Templo del Búho de Dzibanché, la estructura principal de Limones y la Pirámide de los Mascarones de Xcambó) y, además, aparecen apenas a partir del Clásico Temprano (tabla 1).

La tabla 9 presenta los datos sobre las orientaciones del Grupo 2. Aunque en la ubicación de los accesos tampoco en este caso observamos preferencia por algún rumbo, es probable que las orientaciones de este grupo, comunes también en el centro de México (Šprajc 2001a), fueran funcionales hacia el oriente,

marcando los ortos del Sol en las fechas 22 de febrero y 20 de octubre, separadas por el intervalo de 240 días. Sin embargo, podemos observar que algunos de los intervalos son cercanos a otros múltiplos de 13 o de 20 días, por lo que es posible, de acuerdo con lo que ya comentamos, que la finalidad de algunas orientaciones incluidas en la tabla fuera la de marcar otras fechas e intervalos; por ejemplo, algunas posiblemente pertenecen al Grupo 3, mientras que otras quizá señalaran las puestas del Sol en las fechas 18 de abril y 26 de agosto, separadas por 130 (= 10×13) días, intervalo que resulta algo prominente en el histograma de intervalos oeste en la figura 11.

Las orientaciones del Grupo 3, listadas en la tabla 10, tienden a marcar intervalos de 130 y de 140 días en los horizontes oriente y poniente, respectivamente. Parece que al menos algunas eran funcionales en ambas direcciones, registrando las salidas del Sol el 24 de febrero y el 17 de octubre y las puestas el 13 de abril y el 31 de agosto.

La tabla 11 presenta los datos sobre las orientaciones del Grupo 8, que tienden a registrar las puestas del Sol en las fechas 23 de marzo y 21 de septiembre. Comunes también en el centro de México (Šprajc 2001a: 76s), las orientaciones de este grupo aparecen ya en el Preclásico, seguramente porque las fechas que señalan son, de alguna forma, naturalmente significativas: se trata de los llamados días de cuarto del año, que subdividen cada una de las dos mitades del año delimitadas por los solsticios en dos partes iguales de aproximadamente 91 días. Nuevamente, en la tipología de los edificios y en la ubicación de los accesos no se observa preferencia alguna.

Reiteremos que, debido a los posibles errores en los datos, la inclusión de las orientaciones a uno u otro grupo es, hasta cierto punto, arbitraria. Como veremos en el capítulo 5, comúnmente son posibles interpretaciones diferentes, pero las regularidades observadas en la distribución de los datos indican que las orientaciones solares reflejan la preocupación por registrar las salidas y/o puestas del Sol en las fechas separadas por intervalos que son múltiplos de 13 y de 20 días, periodos básicos del sistema calendárico mesoamericano. Recordemos que con esta interpretación podemos explicar todas las concentraciones más evidentes de intervalos: por una parte, entre los intervalos más recurrentes predominan los que son múltiplos de 13 o de 20 días; por la otra, las concentraciones restantes, aunque también prominentes, pueden explicarse en términos de su asociación, inevitable pero no deliberada, con los intervalos significativos. Por ejemplo, los intervalos oeste alrededor de 113/252 y 133/232 días corresponden a los edificios que, en el horizonte opuesto, registran los intervalos de 105/260 y 125/240, respectivamente. La intencionalidad de las orientaciones con las características mencionadas en el área maya se ve reforzada por la presencia de patrones análogos en el centro de México (Šprajc 2001a).

Como veremos en el capítulo 5, en varios casos la dirección astronómicamente funcional de la orientación, determinada con base en los criterios discutidos, se ve apoyada por la ubicación de la fachada principal del edificio y la

TABLA 9
DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES DEL GRUPO 2

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	fechas este		intervalos este		error intervalo	fechas oeste		intervalos oeste		error intervalo
Acanceh, Estr. 1, fase con mascarones	T	NESW	PreTa	21-feb	20-oct	124.51	240.73	5.49	16-abr	28-ago	133.93	231.32	5.59
Acanceh, Palacio de los Estucos	P	N	CTe	21-feb	20-oct	124.05	241.19	8.25	16-abr	28-ago	133.32	231.93	8.43
Aké, Estructuras 14 y 15	T	SE	CTe	22-feb	19-oct	126.85	238.40	5.45	15-abr	29-ago	136.43	228.81	5.56
Balakbal, Estructuras VI y VIII	GE	EW	CTe	23-feb	19-oct	127.20	238.04	5.44	15-abr	29-ago	136.79	228.45	5.55
Becán, Estructura II	T/P	E	CTa	22-feb	20-oct	125.52	239.72	1.81	16-abr	28-ago	134.65	230.59	1.85
Becán, Estructura X	T/P	E	CTa	21-feb	20-oct	123.82	241.42	1.43	17-abr	27-ago	132.84	232.40	1.13
Calakmul, Grupo Noreste, estr. norte	P	S	CTa	21-feb	21-oct	123.24	242.00	5.53	17-abr	27-ago	131.62	233.63	5.67
Chacchoben, Grupo I-D, estr. oeste	P	E	CTe	22-feb	19-oct	126.83	238.42	8.17	15-abr	29-ago	135.96	229.28	8.35
Dzibanché, Kinichná, T. del Jaguar	TR	S	CTe	21-feb	20-oct	123.59	241.65	2.75	17-abr	27-ago	131.84	233.40	2.83
Dzibanché, Tutil, Estr. T1	T	S	CTe/Ta	20-feb	21-oct	122.32	242.92	5.54	18-abr	26-ago	130.23	235.01	5.69
Dzibilchaltún, Estructura 38-sub	T	W	CTa	22-feb	19-oct	126.50	238.74	5.47	15-abr	29-ago	135.95	229.29	5.58
Edzná, Cinco Pisos, santuario sup.	T	EW	CTa	22-feb	20-oct	125.08	240.17	2.75	16-abr	28-ago	133.34	231.90	2.82
El Caracol, Estr. 2a y 1-a - temprana	T	NSEW	PosTa	21-feb	20-oct	124.10	241.15	3.87	16-abr	28-ago	133.54	231.70	3.95
El Rey, Estructura 2	T	S	PosTa	20-feb	22-oct	121.42	243.83	5.59	17-abr	26-ago	130.76	234.48	5.71
Ichkabal, Estructura 5	T	W	CTe	23-feb	18-oct	127.45	237.80	2.72	16-abr	28-ago	134.62	230.63	2.80
Izamal, Itzamul, parte superior	T	W	PosTe	22-feb	19-oct	126.08	239.16	5.48	15-abr	29-ago	135.87	229.38	5.59
Jaina, Zayosal, Estructura II	T/P	E	CTa	22-feb	20-oct	125.23	240.02	10.98	16-abr	28-ago	134.84	230.40	11.20
Kabah, Gran Pirámide (Estr. 1B2)	T	S	CTa/Ter	21-feb	20-oct	124.35	240.89	5.51	16-abr	27-ago	132.94	232.30	5.65
Kohunlich, Pixá'an, Estr. E-1	P	S	CTa	22-feb	19-oct	126.63	238.62	2.73	16-abr	28-ago	134.45	230.79	2.80
Muyil, Castillo, etapa tardía	T	W	PosTe	22-feb	20-oct	125.32	239.93	8.25	15-abr	28-ago	134.91	230.33	8.42
Nakbé, Estructuras 47 y 51	GE	EW	PreM	22-feb	19-oct	126.13	239.11	10.90	16-abr	28-ago	134.76	230.48	11.11
Río Bec, Grupo A, Estr. 1	T/P	N	CTa	22-feb	20-oct	125.13	240.11	2.75	17-abr	27-ago	132.25	233.00	2.83
Tancah, Estructura 10	T	S	PosTa	21-feb	20-oct	124.11	241.13	5.53	16-abr	27-ago	133.50	231.74	5.65
Tikal, Acrópolis Central, Estr. 5D-54	P	E	CTa	23-feb	18-oct	128.53	236.71	5.43	14-abr	30-ago	137.31	227.93	5.55
Tikal, Acrópolis Norte, Estr. 5D-22	T	S	CTe/Ta	23-feb	19-oct	127.38	237.86	2.18	15-abr	29-ago	136.27	228.98	2.23
Tikal, Estr. 5C-13 (P. Ventanas)	P	E	CTa	20-feb	22-oct	121.35	243.89	5.57	18-abr	26-ago	130.04	235.20	5.71
Tikal, Templo II	T	E	CTa	21-feb	20-oct	124.89	240.35	1.65	16-abr	28-ago	133.42	231.83	1.69
Uxmal, Adivino, Templo V (superior)	T	EW	CTa/Ter	21-feb	20-oct	124.53	240.72	2.75	16-abr	28-ago	133.89	231.35	2.81
Yaxnohcah, Estructuras B-1 y B-3	GE	EW	CTe	22-feb	19-oct	125.36	239.88	5.47	16-abr	28-ago	134.46	230.78	5.60

TABLA 10
DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES DEL GRUPO 3

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	periodo	fechas este		intervalos este		error intervalo	fechas oeste		intervalos oeste		error intervalo
Aké, Estructura 1	P	S	CTe	23-feb	18-oct	128.15	237.09	2.71	14-abr	30-ago	137.68	227.56	2.77
Becán, Estructura VIII	T/P	W	CTa	24-feb	17-oct	130.60	234.64	1.08	13-abr	31-ago	139.90	225.34	1.10
Calakmul, Compl. Chiik Nahb, Estr. 1	T/P	S	CTa	23-feb	18-oct	127.80	237.45	5.44	15-abr	29-ago	136.21	229.03	5.57
Calakmul, Estructura XIII	P	S	CTe	25-feb	16-oct	131.40	233.84	5.37	13-abr	31-ago	140.14	225.10	5.49
Calakmul, Estructura XIV	P	W	CTa	23-feb	18-oct	128.34	236.90	5.43	14-abr	29-ago	137.04	228.20	5.56
Chicanná, Estructura I	T/P	E	CTa	24-feb	17-oct	130.77	234.47	1.08	13-abr	31-ago	139.97	225.27	1.10
Chichén Itzá, Monjas	P	N	CTer	25-feb	16-oct	132.71	232.53	2.68	12-abr	1-sep	142.51	222.73	2.73
Chinikihá, Estructura A-9	T	N	CTa	1-mar	12-oct	140.25	224.99	5.25	12-abr	1-sep	141.95	223.30	5.46
Dzibanché, Estructura 3	P	S	CTa	NA	NA	NA	NA	NA	14-abr	30-ago	138.35	226.89	5.53
Dzibilchaltún, Estructura 37	P	S	CTa/Ter	24-feb	17-oct	130.40	234.84	5.40	13-abr	31-ago	139.97	225.27	5.51
Hochob, Estructuras 5 y 6	T/P	N	CTa	24-feb	17-oct	130.03	235.22	10.81	13-abr	31-ago	139.70	225.54	11.01
Kohunlich, El Rey (Estr. VI)	T/P	E	CTa	24-feb	17-oct	130.76	234.48	1.08	13-abr	31-ago	139.99	225.25	1.10
Oxkintok, Estructura DZ-8 (Castillo)	T	W	CTa	24-feb	17-oct	129.98	235.26	3.24	14-abr	29-ago	137.15	228.10	3.33
Pomoná, Estructura 1	T	S	CTe	25-feb	16-oct	131.51	233.73	2.68	13-abr	31-ago	140.64	224.60	2.74
Tikal, Acr. Centr., Estr. 5D-54	P	E	CTa	23-feb	18-oct	128.53	236.71	5.43	14-abr	30-ago	137.31	227.93	5.55
Xelhá, Casa de los Pájaros	P	NS	CTe	25-feb	16-oct	131.73	233.51	5.36	12-abr	1-sep	141.38	223.86	5.47

TABLA 11
DATOS SOBRE LAS ORIENTACIONES DEL GRUPO 8

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	período	fechas este		intervalos este		error intervalo	fechas oeste		intervalos oeste		error intervalo
				17-mar	26-sep	172.74	192.50		22-mar	21-sep	182.35	182.89	
Altar de los Reyes, Gpo. SE, Estr. 1	T	N	CTe	17-mar	26-sep	172.74	192.50	5.05	22-mar	21-sep	182.35	182.89	5.06
Chicanná, Estructura II	T/P	W	CTa	18-mar	26-sep	173.06	192.18	1.01	22-mar	21-sep	182.50	182.74	1.01
Chicanná, Estructura XX	T/P	S	CTa	20-mar	23-sep	178.25	186.99	5.07	20-mar	24-sep	177.30	187.95	5.06
Dzibilchaltún, T. Siete Muffecas	GE	NSEW	CTa	17-mar	26-sep	172.27	192.97	2.53	23-mar	21-sep	182.26	182.98	2.54
Ek Balam, Estr. 1, muros sup.	P	S	CTa	14-mar	29-sep	166.25	198.99	5.07	26-Mar	18-Sep	176.56	188.68	5.10
Kohunlich, Ed. de los Mascarones	T	W	CTe	19-mar	25-sep	175.42	189.83	1.01	22-mar	22-sep	181.55	183.69	1.01
Nakbé, Estructura 1	T	E	PreM	18-mar	26-sep	173.29	191.95	10.07	22-mar	21-sep	182.42	182.82	10.09
Oxkintok, Estructura CA-14	T	W	CTa	19-mar	25-sep	175.41	189.83	1.01	22-mar	21-sep	182.51	182.73	1.01
Poxilá, Estructura 1	T/P	W	PreM	17-mar	26-sep	171.33	193.91	10.07	23-mar	20-sep	180.57	184.67	10.10
Tikal, Complejo P	T	NSEW	CTa	18-mar	26-sep	172.85	192.39	5.06	23-mar	21-sep	182.41	182.83	5.08
Xamán Susulá, Estr. 1714-Asub	T/P	E	PreM/Ta	14-mar	29-sep	166.82	198.42	10.09	26-mar	18-sep	176.06	189.18	10.13

disposición de ciertos elementos arquitectónicos, tales como jambas o columnas, que definen el eje de orientación y sugieren la dirección particularmente idónea para las observaciones. En general, sin embargo, la correspondencia entre la direccionalidad propuesta y la localización del acceso no es una característica prevaleciente en las estructuras analizadas. Es indicativo, ante todo, que muchos edificios miran con sus fachadas principales hacia el norte o el sur, aunque sus orientaciones pertenecen a los grupos que, según los argumentos presentados, eran astronómicamente funcionales en direcciones este y/u oeste. Las técnicas de observación posiblemente empleadas, en las que los edificios involucrados pudieron tener usos distintos, se discuten en el capítulo 4.4.

Pese a lo expuesto, cabe advertir que la dirección en la que una orientación marca un intervalo significativo no necesariamente fue la única funcional. En varios casos podemos notar que un múltiplo significativo también conecta una fecha este con la próxima oeste, o viceversa. Por ejemplo, para las orientaciones del Grupo 2 argumentamos que eran funcionales hacia el oriente, porque el intervalo significativo (240 días) separa el par de las fechas este, mientras que las dos fechas oeste no delimitan un múltiplo de 13 o de 20 días. Sin embargo, podemos observar que las fechas oeste registradas por este grupo son frecuentemente cercanas al 15 de abril y al 28 de agosto, por lo que los intervalos que las separan de las fechas este (22 de febrero y 20 de octubre) son cercanos a 52 (= 4×13) días. Es posible, por lo tanto, que algunas orientaciones que manifiestan esta característica fueran diseñadas a propósito; sin embargo, tal conclusión no se puede generalizar, ya que no se trata de un patrón que caracterice la mayoría de las orientaciones.

Aunque los datos cronológicos indican que algunas orientaciones tienen orígenes más tempranos que otras, y pese a que los patrones de orientación exhiben algunas tendencias y variaciones regionales y temporales, parece que la práctica de orientar los edificios hacia los eventos solares en ciertas fechas fue regida por los mismos principios en un área extensa y a través de periodos prolongados. Por

otra parte, tanto los templos como los edificios palaciegos pertenecen a distintos grupos de orientaciones; en otras palabras, las orientaciones que pertenecen a un mismo grupo son compartidas por estructuras de tipos y usos diferentes.

Según Galindo (2000, 2001a, 2007a), varias orientaciones registran fechas separadas por el intervalo de 73 días, pero nuestros datos no confirman tal tendencia: en las gráficas de intervalos (figuras 10 y 11) no se observan concentraciones centradas en el valor de 73.

3.3.1. Conjuntos del tipo Grupo E

En vista de que varios edificios considerados en nuestro estudio forman parte de los llamados conjuntos del tipo Grupo E (las Estructuras VI y VIII de Balakbal, IV-B y VI de Calakmul, 1 de Chicaanticaanal, 2 de El Tigre, 47 y 51 de Nakbé, 5C-54 y 5D-86 de Mundo Perdido en Tikal, XI de Uxul, B-1 y B-3 de Yaxnohcah, el Templo de las Siete Muñecas en Dzibilchaltún y la Pirámide Pava de El Mirador: tabla 1), que han sido objeto de diversas interpretaciones astronómicas, cabe detenernos, finalmente, en la discusión de estas hipótesis.

Los arreglos arquitectónicos semejantes al Grupo E de Uaxactún —compuestos típicamente por una plaza delimitada en su lado poniente por una pirámide de tipo “radial” (de planta cuadrada y con cuatro escalinatas) y, en su lado oriente, por una estructura alargada en dirección norte-sur, comúnmente con tres o más edificios superiores— se han encontrado en un gran número de sitios en las tierras bajas mayas, e incluso más allá del área maya, y pertenecen, la mayoría, a las épocas anteriores al Clásico Tardío. Se han designado como *special assemblages of Maya structures* (Ruppert 1940) o, más comúnmente, como conjuntos del tipo Grupo E. En tiempos más recientes también se han empleado otros términos, tales como Complejos Conmemorativos, Complejos de Conmemoración Astronómica o Complejos de Ritual Público (Fialko 1987, 1988; Laporte y Fialko 1995). Sin embargo, coincidiendo con Aimers y Rice (2006: 83), preferimos usar la designación neutral “conjuntos del tipo Grupo E” o simplemente “Grupos E”, ya que no envuelve ningún prejuicio acerca de sus usos, cuestión sobre la que no hay consenso entre los investigadores; además de que se han propuesto diferentes hipótesis al respecto, incluso existen divergencias en cuanto a las características definitorias de este tipo de arreglo arquitectónico (cf. Hansen 1998: 63ss; Aveni *et al.* 2003; Aylesworth 2004; Aimers y Rice 2006; Guderjan 2006; Flores E. 2010; Doyle 2012; Awe s.f.).

Como ya mencionamos (capítulo 3.2.2), en varias publicaciones seguimos leyendo que los conjuntos del tipo Grupo E, en general, servían para observar las salidas del Sol en los solsticios y los equinoccios, aunque sólo el Grupo E de Uaxactún incorpora alineamientos que pueden relacionarse, de manera aproximada, con estos eventos. A raíz de que los demás arreglos de este tipo tienen orientaciones notablemente diferentes (Ruppert 1940; Aveni y Hartung 1989; Aveni, Dowd y Vining 2003), algunos autores llegaron a pensar que, en su mayoría, no sirvieron para seguir los desplazamientos del Sol (cf. Aimers y Rice 2006: 86, 92; Guderjan

2006). Sin embargo, la idea que parece prevalecer es que, en la arquitectura maya, fueron ante todo los Grupos E los que tenían funciones astronómicas.

A esta última opinión ha contribuido el estudio de Aveni, Dowd y Vining (2003). Al analizar la distribución de los alineamientos incorporados en diversos conjuntos del tipo Grupo E, estos autores argumentaron que eran astronómicamente funcionales y, además, que marcaban fechas separadas de los pasos cenitales del Sol por múltiplos de 20 días, siendo el primer tránsito cenital de particular importancia, por su aproximada coincidencia con el inicio de la época de lluvias y de la siembra. Al considerar los 17.5° como latitud media de los sitios incluidos en su estudio, a la que corresponden los pasos cenitales en las fechas 10 de mayo y 3 de agosto, concluyeron que las concentraciones más prominentes de las fechas marcadas por los alineamientos —19 de febrero, 11 de marzo y 31 de marzo— caen 40, 60 y 80 días antes del primer paso anual del Sol por el cenit. También observaron las concentraciones cerca de las fechas solsticiales, marcadas con mayor frecuencia por los Grupos E tempranos, por lo que propusieron que los primeros momentos de referencia habían sido los solsticios, pero fueron posteriormente sustituidos por los días de los pasos del Sol por el cenit.

Para verificar la posibilidad de que los días de los pasos cenitales del Sol sirvieran como momentos de referencia en el diseño de las orientaciones, calculamos los intervalos entre estas fechas y las que señalan todas las orientaciones solares de nuestra muestra, incluyendo las de los edificios que forman parte de los conjuntos del tipo Grupo E; para cada caso particular determinamos, con base en la latitud concreta del lugar, el día del primer paso anual del Sol por el cenit y calculamos el intervalo que separa este día de las fechas más cercanas que corresponden a la orientación en los horizontes este y oeste. En los histogramas de la figura 12, que presentan la distribución de estos intervalos, se encuentran marcados los que corresponden a los edificios integrados en los Grupos E; en ningún caso se observan concentraciones cerca de los múltiplos de 20 días.

Los histogramas en la figura 12, por lo tanto, no apoyan la idea de que los pasos cenitales hubieran servido como puntos de referencia al diseñar las orientaciones en general y tampoco los ejes este-oeste de los Grupos E en particular. No obstante, resulta interesante que, según Aveni *et al.* (2003: 162s), las fechas que corresponden a los alineamientos en los Grupos E se concentran alrededor del 19 de febrero, el 11 de marzo y el 31 de marzo. También en nuestras gráficas de la figura 9 observamos las concentraciones, aunque poco prominentes, alrededor de las fechas 11 de marzo y 31 de marzo; se trata de nuestro Grupo 7 de orientaciones solares (tabla 7). Asimismo, ya mencionamos que varios edificios registran el 19 de febrero, aunque esta fecha no se destaca en la figura 9, debido a la fusión con las orientaciones que marcan el 22 de febrero (Grupo 2). La importancia de las fechas 19 de febrero, 11 de marzo y 31 de marzo es atribuible a que caen 60, 80 y 100 días después del solsticio de diciembre; mientras que la relevancia de los días de los pasos cenitales no la apoyan

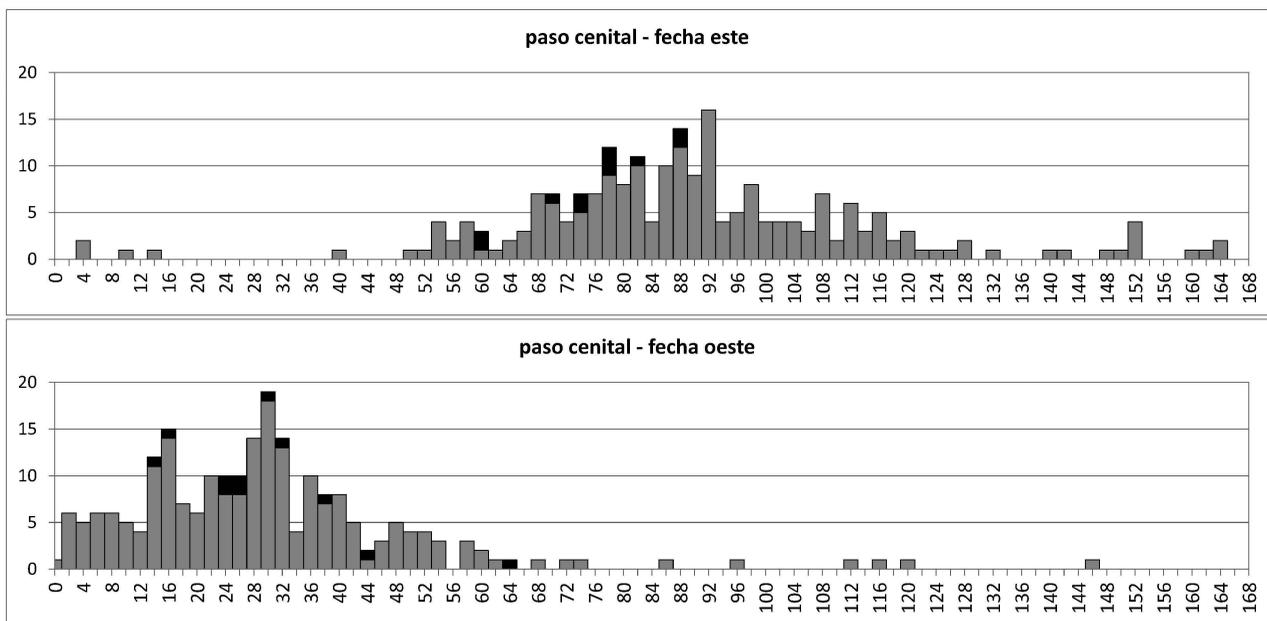


Figura 12. Distribución de frecuencias de los intervalos que separan las fechas del primer paso anual del Sol por el cenit local y las fechas más cercanas registradas por las orientaciones en el horizonte oriente (arriba) y poniente (abajo). Los intervalos que corresponden a los edificios en los Grupos E están marcados en color negro.

los histogramas de la figura 12, tanto nuestros datos como los de Aveni *et al.* (2003: 163) indican la importancia de los solsticios.

Cabe recordar que, de acuerdo con los lineamientos metodológicos que adoptamos en nuestro estudio (capítulo 2.1), sólo analizamos las orientaciones axiales de los edificios, por lo que no consideramos las líneas visuales con las que en un conjunto del tipo Grupo E pueden conectarse la pirámide y los edificios laterales sobre la plataforma alargada, mientras que Aveni *et al.* (2003) incluyeron en sus análisis también estas líneas. El hecho de que tres agrupaciones de fechas que obtuvieron coinciden con tres concentraciones que resultan de nuestra muestra apoya la idea sobre el uso astronómico de estos alineamientos. Sin embargo, debido a que los datos de Aveni *et al.* (2003) son de precisión variable, sus conclusiones tendrán que verificarse con mediciones más precisas. La tarea de evaluar el posible significado astronómico de las líneas visuales “laterales” será particularmente difícil y requerirá una metodología consistente: el problema principal en este caso consiste en que los azimuts de estos alineamientos varían en función del punto de observación y el punto observado que elijamos, y una dificultad adicional es el estado actual de muchos edificios. Asimismo habrá que tomar en cuenta las distintas etapas constructivas y las resultantes alteraciones de los alineamientos. Es importante señalar, por ejemplo, que las pirámides en muchos casos alcanzaron alturas que excedían, de manera considerable, las que tenían los edificios sobre la plataforma alargada, por lo que éstos hubieran sido marcadores poco exactos de las posiciones del Sol sobre el horizonte.

Como ya puntualizamos arriba, las orientaciones que pertenecen a los grupos que hemos identificado están materializadas en edificios de diferentes tipos; es decir, no hay evidencias que permitan correlacionar las estructuras de usos distintos con principios de orientación diferentes. Tal conclusión aplica también para los edificios de nuestra muestra que forman parte de los Grupos E (tabla 1): sus orientaciones difieren, pero pertenecen a los grupos representados por orientaciones que, en su mayoría, están plasmadas en edificios de otros tipos. Por consiguiente, los datos que hemos analizado no ofrecen fundamento alguno para atribuir un papel preponderante en las prácticas astronómicas precisamente a los conjuntos del tipo Grupo E, o para pensar que su uso astronómico hubiese sido marcadamente diferente del que tenían otras construcciones con orientaciones parecidas.

En contraste con nuestra conclusión, Aveni *et al.* (2003: 162) observan que la distribución, respecto a los rumbos cardinales, de los ejes longitudinales (norte-sur) de las plataformas este de los Grupos E es diferente de la que manifiestan los ejes principales norte-sur en los sitios mayas del Preclásico y el Clásico Temprano, periodos a los que pertenece la mayoría de los Grupos E que analizaron (*ibid.*: fig. 3), por lo que deducen que las orientaciones de los conjuntos de este tipo fueron generalmente dictadas por criterios especiales. Recordemos, empero, que las líneas norte-sur no tienen relación directa con los alineamientos astronómicamente relevantes, lo cual es particularmente notorio precisamente en los Grupos E: los ejes norte-sur de las plataformas este en muchos casos difieren notablemente de las perpendiculares a los ejes este-oeste de los conjuntos (*cf.* Ruppert 1940: tabla II; Aveni *et al.* 2003: tabla 1).¹³

Aylesworth (2004) sugirió que los Grupos E servían para observar no sólo las posiciones del Sol sino también los movimientos de otros cuerpos celestes dentro de la franja zodiacal. Sin embargo, de esta manera no podemos explicar la consistencia con la que estos conjuntos señalan las posiciones del Sol en las fechas comúnmente registradas por los grupos de orientaciones que hemos identificado.

Finalmente, quisiéramos comentar la siguiente opinión de Aveni *et al.* (2003: 172):

There is a tendency to characterize a piece of architecture one measures and examines for astronomical orientation as either a precise predictive device or astronomically meaningless. In our view, this is a symptom of a perceived need to assess the functional nature of architecture. According to this interpretation E Group complexes are “observatories” if and only if they can be proven to have marked precisely key rising points of the sun. We would argue that if seeing the sun can be shown to have been a part of the scheme,

¹³ Asimismo llama la atención que la distribución de los ejes norte-sur de las plataformas este que presentan Aveni *et al.* (2003: fig. 3, histograma inferior) no corresponde a los datos en su tabla 1; como ejemplos evidentes, podemos mencionar que en este histograma no aparece ningún valor menor de 0°, mientras que su tabla 1 incluye tres azimuts menores de 0°/360°, y que el histograma contiene cinco valores con la desviación entre 7° y 8°, mientras que sólo dos valores en este rango aparecen en la tabla 1.

then regardless of whether the Maya were watching it scientifically or ceremonially, the associated architectural complex may be regarded as an observatory.

Si bien, a la luz de los datos y argumentos presentados por Aveni *et al.* (2003) y resumidos arriba, no podemos descartar la posibilidad de que los conjuntos del tipo Grupo E tuvieran funciones astronómicas algo específicas en comparación con edificios de otro tipo, hay razones para estar en desacuerdo con la propuesta citada arriba. Por una parte, resulta evidente que los conjuntos de este tipo tenían múltiples funciones (cf. Aimers y Rice 2006; Guderjan 2006; Doyle 2012; Flores E. 2010; Awe s.f.); al calificarlos como observatorios, inevitablemente priorizamos sólo una. Por otra parte, los resultados de los análisis que hemos realizado indican que las orientaciones astronómicas caracterizan la gran mayoría de estructuras de importancia cívica y religiosa. Siguiendo la opinión citada, todas ellas podrían considerarse como observatorios, lo cual sería, desde luego, una simplificación incongruente con su diversidad tipológica y complejidad funcional. Mientras que un “observatorio”, en el sentido moderno de la palabra, es el lugar para adquirir el conocimiento, los edificios mayas orientados astronómicamente representan, más bien, los *resultados* del conocimiento; aunque seguramente también servían para monitorear el desplazamiento de los astros, sus funciones primarias eran otras (cf. Iwaniszewski 2010). Por consiguiente, creemos que la designación “observatorio astronómico”, aplicada a los Grupos E o a cualquier otro tipo de estructuras mayas, resulta inadecuada e implica una interpretación sesgada y parcial de sus funciones.

3.4. RESUMEN

Los análisis que hemos presentado, basados en una muestra relativamente abundante de datos, permiten varias conclusiones y generalizaciones confiables sobre las normas que dictaron las orientaciones en la arquitectura maya de las tierras bajas:

1. La distribución de los azimuts y de las declinaciones correspondientes, claramente no uniforme y manifestando concentraciones alrededor de ciertos valores, indica que los alineamientos incorporados en la arquitectura monumental en el área del estudio fueron motivados, en su mayoría, por consideraciones astronómicas y que las orientaciones de los edificios eran funcionales sobre todo, o exclusivamente, en dirección este-oeste.
2. Las orientaciones para las que una explicación astronómica es la más viable están plasmadas tanto en los templos de distintos tipos como en las construcciones palaciegas, que servían como residencias de alto rango o edificios administrativos. Los edificios monumentales de tipos y usos distintos no pueden correlacionarse con principios de orientación diferentes.
3. Las orientaciones se refieren mayormente a las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas; las fechas que señala un edificio particular en el horizonte este u oeste tienden a estar separadas por intervalos que son múltiplos de 13 o de 20 días.

4. Es muy probable que algunas orientaciones se refieran a los extremos de Venus en el horizonte poniente y/o a los extremos lunares.
5. Algunas orientaciones podrían ser estelares, pero la hipótesis podrá ser confirmada o reforzada sólo si se encuentran otras orientaciones comparables.
6. La ubicación del acceso/fachada principal no necesariamente indica la dirección astronómicamente funcional de la estructura.
7. Es muy probable que en nuestra muestra de datos estén incluidas algunas orientaciones que no fueron motivadas por criterios astronómicos.

4. INTERPRETACIÓN: USO PRÁCTICO Y SIGNIFICADO SIMBÓLICO DE LAS ORIENTACIONES

Si los alineamientos analizados servían para marcar ciertos fenómenos astronómicos en el horizonte, cabe preguntarnos por el significado que tenían estos rasgos culturales para la sociedad que los plasmó en su entorno construido. 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 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).

4.1. ORIENTACIONES SOLARES

Según la argumentación presentada en el capítulo anterior, las orientaciones en la arquitectura maya de las tierras bajas se refieren, mayormente, a los puntos de salida y puesta del Sol en ciertas fechas. 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. Asimismo, 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; en muchas sociedades era particularmente importante el solsticio de invierno, porque es entonces cuando las noches ya no se siguen alargando y el Sol deja de perder su fuerza, iniciando un nuevo ciclo de vida. 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 (tabla 2).

Si los solsticios representan los momentos naturalmente llamativos que dividen el año en dos mitades, la determinación de los días de cuarto del año debe haber sido el paso siguiente en los métodos de cómputo del tiempo. La función de las orientaciones que corresponden a estas fechas, que dividen cada mitad del año delimitada por los solsticios en dos periodos de aproximadamente la misma duración (v. capítulos 3.2.2 y 3.3), puede explicarse en estos términos.

Reiteremos que en nuestros datos no hay evidencias de que las orientaciones registraran las salidas o puestas del Sol en los equinoccios y tampoco en los días de su paso por el cenit y el nadir (v. capítulos 3.2.2 y 3.2.3). Mientras que los equinoccios no son directamente observables, el tránsito cenital del Sol es un fenómeno naturalmente perceptible en latitudes tropicales y la observación de estos eventos en la Mesoamérica prehispánica resulta muy probable a la luz de la información etnográfica y etnohistórica; su importancia es atribuible a que las fechas de los pasos cenitales coinciden con los cambios estacionales relevantes en el ciclo agrícola (Weitlaner 1936: 201; Remington 1980; Villa Rojas 1986; B. Tedlock 1991; Vogt 1997; Milbrath 1999: 13; Aveni 2001: 40ss). No obstante, las orientaciones que hemos analizado no indican que fuesen importantes las posiciones del Sol *en el horizonte* en estos días.

Los resultados de los análisis presentados en el capítulo 3 revelan que el objetivo de la mayoría de las orientaciones solares fue registrar fechas separadas por intervalos calendáricamente significativos y facilitar, de esta manera, el manejo de calendarios observacionales. La consistencia con la que las orientaciones registran los mismos grupos de fechas e intervalos en un área extensa y durante periodos prolongados indudablemente refleja la preocupación por monitorear el desfase del año calendárico respecto al año trópico. La distribución de las fechas más frecuentemente registradas en el año trópico sugiere, además, que una función importante de las orientaciones solares fue la de facilitar la determinación de los momentos clave en el ciclo estacional. Pero antes de tratar de ofrecer interpretaciones concretas, resumamos algunos hechos fundamentales que permiten comprender el uso de las orientaciones.

Si se observa en un mismo lugar al menos durante un año, es posible relacionar los cambios estacionales en el medio ambiente con las diferentes posiciones

del Sol respecto a los rasgos conspicuos del horizonte. También es relativamente fácil determinar la duración del año contando los días que transcurren desde que el Sol sale o se pone alineado con un punto claramente discernible, hasta que —después de haber recorrido toda su trayectoria anual por el horizonte— vuelve al mismo punto. Al conocer el intervalo entre alguna posición significativa del Sol —por ejemplo, un extremo solsticial— y una fecha que es, por una u otra razón, importante, el observador puede escoger un lugar de donde un rasgo fácilmente identificable del horizonte marca el punto de salida o puesta del Sol en esta fecha que, por lo tanto, podrá ser determinada en los años venideros de manera directa, observando el evento solar sobre el punto elegido del horizonte. Este es el principio de los llamados *calendarios de horizonte*, que pueden definirse como sistemas observacionales que permiten computar el tiempo y fijar las fechas en el ciclo anual con base en la relación comprobada entre las salidas o puestas del Sol en ciertos días y determinados accidentes del horizonte local.

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

En relación con los usos de la astronomía entre los mayas, Aveni y Hartung (1986: 56) reflexionaron:

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

No obstante los argumentos de este tipo, y pese a la diversidad de los datos sobre el importante papel de los conocimientos astronómicos en la estrategia adaptativa de las sociedades antiguas, sobre todo de las basadas en la agricultura

(cf. Reyman 1975: 206s, 212s; Iwaniszewski 1989: 28s, 1991: 285), también encontramos opiniones diferentes. Para fundamentar su duda en cuanto al uso de los alineamientos arquitectónicos para fines agrícolas, Thompson (1974: 94s) afirmó que los mayas modernos saben cuándo hacer la roza y quema —cuando aumenta la humedad— y, por tanto, no tienen la necesidad de determinar las fechas con base en la observación de fenómenos astronómicos. Recientemente Aimers y Rice (2006: 83), también haciendo referencia a los datos etnográficos, expresaron una opinión similar. En realidad, es precisamente la información etnográfica la que contradice tales aseveraciones, indicando que la realidad no es tan sencilla y que los cambios estacionales en la naturaleza no son indicadores suficientemente exactos y confiables de los momentos en que conviene emprender ciertas actividades.

Entre los quichés de Momostenango, Guatemala, “los expertos en calendarios de la comunidad observan diariamente las posiciones de la salida y puesta del Sol (*k'ij*) y conocen las variaciones estacionales de su posición a lo largo del horizonte [...]” (B. Tedlock 1991: 181). Según los datos de Girard (1948: 50ss, 1949: 438ss), corroborados por Fought (1972: 386, 435), los sacerdotes de diversos poblados chortís en Guatemala determinan las fechas importantes de su ciclo agrícola observando las salidas o puestas del Sol sobre ciertos accidentes del horizonte local. Entre los ixiles de Nebaj, también en Guatemala, Lincoln (1945) encontró el llamado observatorio solar, lugar en el que los sacerdotes observaban el Sol para determinar las épocas de siembra y de cosecha. También ilustrativo es el siguiente dato, obtenido entre los mayas de Quintana Roo:

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

Si los campesinos actuales, no obstante su conocimiento de los cambios cíclicos en el medio ambiente, se rigen por un almanaque, resulta obvio que en tiempos prehispánicos, al no haber un calendario que mantuviera la concordancia permanente entre los años calendárico y trópico, la regulación de los trabajos agrícolas debe haberse basado en observaciones astronómicas. Casi todas las comunidades indígenas actuales usan el calendario cristiano, cuyos santos y fiestas marcan de manera constante las fechas en que deben realizarse ciertas labores y ceremonias asociadas, por lo que, hoy en día, tal vez resulta difícil evaluar o comprender de manera adecuada la importancia que deben haber tenido las observaciones astronómicas para la vida práctica en la época prehispánica. No obstante, tanto los datos etnográficos referidos —sobre la observación de las posiciones del Sol sobre el horizonte y su relación con los cambios estacionales y las actividades agrícolas— como la distribución de las fechas regis-

tradas por los alineamientos arquitectónicos apoyan la idea de que las orientaciones solares marcaban momentos significativos en el ciclo agrícola.

Para comprender el uso práctico de las orientaciones son muy ilustrativas también las analogías etnográficas del Suroeste de los Estados Unidos de América. Entre los indios pueblo, las observaciones del Sol se realizan (o se realizaban hasta épocas recientes) con el motivo de establecer, por una parte, el calendario ceremonial y, por la otra, el calendario agrícola (aunque ambos están interrelacionados, ya que el objetivo de los rituales es asegurar las condiciones favorables para un buen desenlace del ciclo de cultivo). El lugar de observaciones frecuentemente coincide con alguna construcción ritualmente importante, pero también puede estar en las afueras del poblado. La técnica más común consiste en la observación del desplazamiento anual del Sol por el horizonte; cualquier rasgo identificable —elevación, depresión, ángulo formado por la línea del horizonte— puede servir como marcador de la posición del Sol en alguna fecha significativa (Zeilik 1985, 1989, 1991; McCluskey 1990).

Examinemos ahora algunos datos más concretos que indican la relación de las orientaciones arquitectónicas de nuestra muestra con el ciclo agrícola.

Las fechas que señalan las orientaciones, y cuya distribución se presenta en la figura 9, se concentran en cuatro épocas del año. Rememoremos que cada alineamiento solar (salvo los solsticiales) corresponde a dos fechas en el horizonte oriente y otras dos en el poniente, pero esto no implica que las cuatro fueran necesariamente logradas a propósito y, por ende, que cada una de las cuatro concentraciones de fechas que se observan en la figura 9 tuviera la misma importancia. Recordando el comentario de Diego de Landa (1973: 4) de que “las aguas comienzan desde abril y duran hasta septiembre, y que en este tiempo siembran todas sus cosas y vienen a maduración aunque siempre llueva”, podríamos imaginar que el inicio y el fin de la época de lluvias tenían un significado preponderante. No obstante, es un hecho que las cuatro épocas del año indicadas por las concentraciones de fechas en la figura 9 (fines de enero a principios de marzo, fines de marzo a principios de mayo, fines de julio a principios de septiembre, fines de octubre a principios de noviembre) siguen siendo significativas en la agricultura de las tierras bajas mayas, ya que aproximadamente corresponden a las tareas principales en el ciclo de cultivo, ante todo del maíz (aunque también la calabaza y el frijol comúnmente se siembran al mismo tiempo que el maíz): la tumba y roza, las quemadas seguidas por la siembra, la recolección de los primeros elotes (maíz tierno) y el inicio de la cosecha del maíz maduro (cf. Milbrath 1999: 13s; Gann 1918: 20; Reina 1967: 318ss; Redfield y Villa Rojas 1962: 42ss; Villa Rojas 1978: 228ss, 313ss, fig. 5, 1985; Tozzer 1982: 69; Jiménez 1992: Anexo 1; Baer y Merrifield 1971: 166ss; Cusick 1991: 99s; Atran 1993: 678ss; Marion 1999: 343, 356; Hatse y De Ceuster 2001: 160; Terán y Rasmussen 2009: 205ss). Desde luego, no es posible hablar de una correspondencia exacta entre estas actividades y las concentraciones más acentuadas de las fechas señaladas por orientaciones, pues en la programación de las

labores mencionadas existen variaciones considerables que dependen de la variedad del maíz sembrado, las peculiaridades ambientales en distintas regiones y, probablemente también, de las técnicas de cultivo (cf. Terán y Rasmussen 2009). No deja de ser significativo, sin embargo, que las fechas que algunos autores mencionan como particularmente importantes en el ciclo agrícola manifiestan una coincidencia mucho más cercana con las que los alineamientos registran con particular frecuencia. Llama la atención, además, que varias de estas fechas son importantes en distintas áreas de Mesoamérica, es decir, en regiones ecológicamente diferentes, por lo que es evidente que se trata de momentos canónicos, determinados para realizar las ceremonias cuyo objetivo era asegurar el debido desenvolvimiento de etapas particulares de cultivo. A continuación mencionamos algunos ejemplos.

Según Guiteras-Holmes (1961: 33s), los tzotziles de San Pedro Chenalhó, en los altos de Chiapas, inician su ciclo agrícola ritual el 14 de febrero, mientras que Weitlaner (1936) y Weitlaner y Weitlaner (1946) reportan que tres poblados chinantecos en Oaxaca comienzan su año calendárico (compuesto por meses de 20 días) el 10 de febrero. Hablando de los mayas en el poblado San Antonio, Belice, Thompson (1930: 41ss) refiere que el año agrícola comienza en febrero y que, hasta hace poco, la gente se reunía en la iglesia el 8 de febrero y hacía vigilia toda la noche para pedir buena cosecha. Agrega que el ritual, realizado sin el conocimiento de los curas católicos, aparentemente no tiene ninguna relación con las ceremonias cristianas y que no hay evidencias de que fuera de origen poscolombino. También observa que, según Diego de Landa, la renovación del templo de los Chacs se realizaba en los meses Chen o Yax, que en la época de la Conquista correspondían a enero y principios de febrero, y que en vista de la naturaleza agrícola de estas deidades podría haber alguna conexión entre las ceremonias antiguas y actuales. Habría que verificar su aserción de que, durante el llamado Viejo Imperio, las fechas alrededor del 8 de febrero aparecen con más frecuencia que otras, pero la idea de Thompson de que se trate de una supervivencia de la época prehispánica resulta realmente atractiva y aplicable también a otros casos mencionados, si recordamos que una de las fechas que señala el grupo más numeroso de orientaciones (Grupo 1) es el 12 de febrero (v. capítulo 3.3). Aunque no tenemos evidencias independientes que corroboren el significado de esta fecha en tiempos prehispánicos, es indudable la importancia agrícola del mes de febrero: Jacinto de la Serna (1953: cap. VII, 2) relata que “estos naturales Mexicanos tenían dos generos de computos en sus años” y que, aparte del año calendárico con 18 meses de 20 días, usaban el año

[...] natural de vn verano á otro verano, ó por mejor decir de vna primavera á otra, segun la annua revolucion del Sol, y este observavan todas estas naciones barbaras, nobles, y plebeyos, rusticos, y sabios; en quanto á la agricultura, y el verano nuestro natural comienza por el mes de Febrero, porque en este tiempo comienzan á correr vientos del Sur, y se empieza á calentar la tierra, y á florecer los arboles en esta nueva España, como vemos por experiencia.

Volviendo al dato de Thompson referido arriba, es sorprendente que, según Girard (1948: 21ss, 1949: 411ss), también los chortís de Guatemala inician su año agrícola el 8 de febrero. Hay que advertir, sin embargo, que otros investigadores no han podido comprobar algún significado ceremonial de esta fecha entre los chortís (cf. Fought 1972: 58) y que también otros datos que presenta Girard han sido cuestionados (Starr 1951). De acuerdo con la argumentación extensa presentada en otro lugar (Šprajc 2001a: 113ss), es posible que Girard haya llegado a esta fecha a través de su manipulación de los datos calendáricos de Diego de Landa; pero tampoco podemos excluir la posibilidad de que haya adoptado la información de Thompson.

Las fechas que hemos mencionado y que han sido documentadas etnográficamente no tienen relación alguna con el cristianismo, por lo que resulta difícil negar su relación con el bagaje cultural prehispánico. En la mayoría de los casos, sin embargo, los momentos importantes en el ciclo anual de las comunidades actuales corresponden a ciertas festividades cristianas, cuyo simbolismo agrícola evidentemente representa la fusión de los rituales prehispánicos con el ceremonial católico. Aunque también en España algunos santos cristianos y sus fiestas se asocian con la lluvia y los cultivos (Mesa *et al.* 1997), las peculiaridades y los énfasis que caracterizan su simbolismo en las comunidades con la tradición mesoamericana son obviamente atribuibles al significado que han tenido los momentos correspondientes en el año estacional desde la época prehispánica. Respecto a la programación de la siembra entre los mayas actuales, Thompson (1930: 55) observa que “the fixing of times to sow by Christian festivals is, in all probability, a survival of, or rather a mutation of, a pre-conquest custom”, mientras que Broda (2003) presenta una discusión exhaustiva de los procesos que, en la Colonia, llevaron a la configuración de nuevas tradiciones populares, en las que se conservan elementos antiguos articulados con la nueva religión impuesta por los españoles.

La importancia de las fechas a principios de febrero parece sobrevivir en la fiesta de la Virgen de la Candelaria, que se celebra alrededor del 2 de febrero y comúnmente incluye la bendición de semillas. Se trata de una de las fiestas más importantes del ciclo anual en diversos poblados de las tierras bajas mayas (León 1988; Jiménez 1992: Anexo 3; Quintal y Rejón 2005; Quiñones y Quintal 2002), así como en otras partes del área mesoamericana (Reina 1967: 319; Broda 1993: 261, 2003: 18; Albores 1997: 409). Asumiendo el origen prehispánico del contenido agrícola de los rituales que se realizan en estos días, la gran popularidad de la fiesta concuerda con la alta frecuencia de las orientaciones que registran las salidas del Sol en febrero, sobre todo de las que pertenecen al más difundido Grupo 1 (*v. supra*: tablas 7 y 8).¹⁴

¹⁴ Si la fiesta de la Candelaria fue introducida en el siglo 16, antes de la adopción del calendario gregoriano en México y Guatemala (en 1583: Caso 1967: 98s), es interesante señalar que la fecha juliana 2 de febrero correspondía exactamente al 12 de febrero del calendario gregoriano, marcada

Los santos que marcan la época de la siembra se celebran en abril y mayo. Entre los itzaes del Petén, Guatemala, el día favorito para la siembra temprana de diversas hortalizas es el 15 de abril, día de San Toribio, mientras que el maíz y la calabaza se siembran entre el 25 de abril y el 3 de mayo, días de San Marcos y de la Santa Cruz; algunas personas todavía realizan ceremonias en sus milpas en los días de San Isidro (15 de mayo), Santa Rita (22 de mayo) y San Agustín (28 de mayo) (Atran 1993: 678s). Los días de San Marcos (25 de abril) y San Isidro (15 de mayo) son de especial interés también en Tusik, Quintana Roo, ya que, según la creencia, marcan la llegada de las lluvias (Villa Rojas 1978: 229). Los chontales de Tabasco siembran a partir del 15 de mayo, mientras que los kekchís inician la siembra el 25 de abril (Villa Rojas 1985: 360, 373ss), aunque, según Thompson (1930: 55), muchos kekchís consideran que el maíz debe sembrarse el 3 de mayo, día de la Santa Cruz. Son precisamente las ceremonias que culminan con el día de la Santa Cruz, aunque comúnmente comienzan a finales de abril, las que parecen ser las más ubicuas y populares entre los indígenas mesoamericanos, incluyendo los que habitan las tierras bajas mayas (León 1988; Quintal y Rejón 2005; Cen 2009; Villa Rojas 1978: fig. 5; Wisdom 1940: 437ss; Bassie-Sweet 2008: 41, 47s; Reina 1967: 320ss; Broda 1993: 260ss; 2003: 19s; Albores 1997: 410ss; Guiteras-Holmes 1961: 33; Girard 1948: 33, 39s; B. Tedlock 1991: 182; Neuenswander 1981: 143ss; otras referencias pueden encontrarse en Šprajc 2001a: 85). Como podemos ver en la tabla 7, la importancia de los rituales actuales relacionados con la siembra del maíz corresponde a la concentración de las fechas en abril y mayo, marcadas por varios grupos de orientaciones.

La fiesta de San Juan (24 de junio) y las celebraciones de otros santos en fechas cercanas (León 1988; Quintal y Rejón 2005; Gallegos 2008: 241; Villa Rojas 1978: fig. 5; Reina 1967) han de relacionarse con el solsticio de junio, al que se refiere un número considerable de orientaciones (tabla 2). Además de que San Juan y otros santos cercanos se asocian con el agua, el trueno y la siembra (Quintal y Rejón 2005: 42; Broda 2003: 20), el solsticio de verano tiene connotaciones semejantes entre los huicholes (Neurath 2001).

Otro grupo de fechas significativas lo encontramos en agosto, siendo la fecha más importante en la actualidad el día 15, cuando se celebra la Asunción de la Virgen, asociada con la canícula, época del año en la que se interrumpen las lluvias durante unas semanas, ocasionando el temor de que la prolongación excesiva de este periodo perjudique el crecimiento del maíz y fomente la proliferación de las plagas. Asimismo se trata de la época de primicias, cuando se recolectan los primeros elotes del maíz tierno (Quiñones y Quintal 2002; Broda

por las orientaciones del Grupo 1, lo que pudo haber contribuido a la popularidad de la fiesta (cf. Broda 1993: 261). Sin embargo, en otros casos las fechas registradas por las orientaciones coinciden mejor con las fechas actuales (gregorianas) de las fiestas, sugiriendo que la fusión de los rituales prehispánicos y cristianos ocurrió apenas después de la reforma gregoriana (cf. Šprajc 2001a: 86s).

1993: 261, 2003: 21; Albores 1997: 421s; Girard 1948: 42; Reina 1967: 323; Gallegos 2008; Boremanse 2006: 22, 123; Vogt 1997; Šprajc 2001a: 85).

Las fechas marcadas por las orientaciones de los Grupos 5 y 7 (tabla 7) parecen sobrevivir en las fiestas de San Miguel, el 29 de septiembre, y San Francisco de Asís, el 4 de octubre, relacionadas con la maduración del maíz (León 1988; Quintal y Rejón 2005; Broda 2003: 21; Sierra Carrillo 2004). No obstante, Diego de Landa (1973: 4) refiere que en Yucatán “siembran cierto género de maíz por San Francisco que se coge brevemente”; este dato, así como su mención de que “comienza el invierno desde San Francisco y dura hasta fines de marzo” (*ibid.*; cf. Tozzer 1941: 4), ofrecen otra alternativa para explicar el significado de las fechas registradas por las orientaciones de los Grupos 5 y 7.

Por último, las ceremonias vinculadas con los días de Todos los Santos y Fieles Difuntos, realizadas entre el 31 de octubre y el 4 de noviembre, tienen que ver con el fin de la época de lluvias y comúnmente incluyen rituales de agradecimiento que corresponden a la terminación del ciclo agrícola (León 1988; Villa Rojas 1978: fig. 5; Jiménez 1992: Anexo 3; Broda 1993: 260, 263, 2003: 21; Albores 1997: 422ss; Neuenswander 1981: 146; Šprajc 2001a: 85s). Recordemos que el Grupo 1 de las orientaciones señala las salidas del Sol el 30 de octubre.

En lo que antecede hemos discutido sólo las fechas y festividades más populares en las comunidades actuales, para mostrar que su simbolismo y la correspondencia general con las fechas más frecuentemente registradas por los alineamientos arquitectónicos apoyan nuestra conclusión de que las orientaciones solares facilitaban la debida programación de las actividades agrícolas y los rituales correspondientes. Podríamos mencionar otros casos en que las fechas señaladas por los grupos de orientaciones que hemos identificado coinciden con los días festivos que tienen alguna relación con el ciclo agrícola y que son importantes en ciertas regiones o localidades (cf. Broda y Good 2004), pero por tratarse de ejemplos menos numerosos las correspondencias bien pueden ser fortuitas. Es probable que la relativa diversidad de las fechas que marcan las orientaciones refleje las variaciones regionales y locales en las observancias rituales, análogas a las que permanecen en la actualidad.

Ahora bien, los resultados de los análisis presentados en el capítulo anterior sugieren que no sólo eran importantes e intencionalmente logradas las fechas señaladas por los alineamientos sino también los intervalos entre ellas. Recordando que la misma tendencia fue encontrada en el centro de México (Šprajc 2001a), cabe recalcar que difícilmente podemos sobrevalorar la importancia que debe haber tenido el conteo por intervalos entre los antiguos mesoamericanos. En primer lugar, hay que recordar que el año de 365 días no mantenía una concordancia permanente con el año trópico (Šprajc 2000b, 2001a: 135ss), por lo que ciertas fechas de este ciclo calendárico no conservaban la correlación fija con determinados momentos del año de las estaciones. Por ejemplo, la fecha 1 Pop del calendario maya no mantuvo su relación con un mismo momento del año trópico más allá de cuatro años, por lo que no pudo servir como referencia

permanente para realizar aquellos rituales o trabajos que estaban, por necesidad, relacionados con un cambio estacional. Por consiguiente, una fecha importante del año trópico, puesto que no tenía nombre calendárico, *sólo pudo expresarse mediante el intervalo que la separaba de algún momento astronómicamente identificable*. Asumiendo que las posiciones del Sol eran las más relevantes, estos momentos debieron ser, en primer lugar, los solsticios y los días del paso del Sol por el 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.¹⁵ 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.

Ahora bien, 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 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-calendaristas de algunas comunidades de los altos de Guatemala (B. Tedlock 1985, 1991). La Farge y Byers (1931: 158) reportan que los jacaltecas designan los periodos de 40 días como *yoc habil* (“pies” o “pasos del

¹⁵ Hay que puntualizar que el manejo de intervalos debió ser importante incluso para determinar las fechas de los solsticios. Debido a que el desplazamiento del Sol respecto al horizonte es imperceptible a simple vista durante algunos días alrededor del solsticio, este momento sólo pudo fijarse de manera indirecta, contando los días que transcurren entre dos mismas posiciones del Sol sobre el horizonte, varios días antes y después de su extremo solsticial, y determinando el punto medio de este intervalo (cf. Zeilik 1991: 547s).

año”; cf. Thompson 1950: 248), seguramente porque las fechas consecutivas en intervalos de 40 días conservan el mismo signo de veintena ($40 = 2 \times 20$), mientras que los números de trecena avanzan por 1 ($40 = 3 \times 13 + 1$). 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.

La importancia que tenía en Mesoamérica el cómputo del tiempo mediante intervalos calendáricamente significativos está atestiguada tanto en los códices mayas (Thompson 1950: 252ss; Aveni, Morandi y Peterson 1995, 1996) como en los del centro de México (Caso 1967: 31ss; Siarkiewicz 1995). Puesto que estos cálculos a veces están explícitamente relacionados con la agricultura (Hernández 2004; Vail 2002; Bricker y Bricker 2011), y recordando que los múltiplos de 13 y de 20 días predominan entre los intervalos graficados en las figuras 10 y 11, es probable que algunas de las tablas de intervalos que aparecen en los códices sirvieran también para facilitar el manejo de calendarios observacionales. 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. Las evidencias contextuales que examinaremos a continuación apoyan la idea de que el significado de las orientaciones solares en las tierras bajas mayas puede entenderse en términos de su relación con el ciclo agrícola.

Los quichés de Momostenango, Guatemala, siguen usando el ciclo calendárico de 260 días, denominado *ch'ol k'ij*, que tiene un papel importante en la vida, sirviendo también para la regulación del ciclo agrícola. Los quichés determinan la época oportuna para iniciar la siembra con base en observaciones astronómicas, y escogen un día propicio de su *ch'ol k'ij*; diversos trabajos y ceremonias se realizan en intervalos adecuados y fechas indicadas por su calendario. El periodo de cultivo termina al transcurrir 260 días, es decir, en la misma fecha que fue elegida para inaugurar el ciclo (B. Tedlock 1985: 84ss, 1991: 181ss). El uso agrícola del ciclo de 260 días ha sido reportado también para otros grupos indígenas de Guatemala (Bassie-Sweet 2008: 40).

Según Guiteras-Holmes (1961: 32ss), los tzotziles de San Pedro Chenalhó, Chiapas, siembran distintas plantas de cultivo durante determinados periodos que son múltiplos de 20 días (40, 60 o 100 días). Además de conservar su antiguo

año calendárico con meses de 20 días, también emplean un ciclo ritual de 260 días o 13 meses, relacionado con el cultivo del maíz. Este periodo comienza con una ceremonia agrícola en el día 10 del mes Sisak, que corresponde al 14 de febrero, y termina con un ritual semejante celebrado en el décimo día del mes Pom, el 6 de noviembre. El ciclo no dura exactamente 260 días, ya que el mes Sisak es seguido por los *Ch'aik'in*, cinco días que “no se cuentan”, pero la duración de 260 días canónicamente asignada al periodo y la fecha de su inicio parecen significativas, si recordamos el intervalo de 260 días entre las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, señaladas por las orientaciones del Grupo 1. También llama la atención que el comienzo del ciclo agrícola ritual no corresponde al primer día del mes sino al décimo, y que los cinco *Ch'aik'in* no caen antes del principio o después del fin del ciclo; el hecho de que el año calendárico no esté “ajustado” para que 13 de sus meses coincidan de manera “ideal” con el periodo ritual sugiere que la fecha inicial del ciclo, sorprendentemente cercana al 12 de febrero que registran las orientaciones, fue originalmente determinada mediante observaciones astronómicas y que conservó su correlación con el 10 de Sisak desde que el año calendárico tzotzil quedó “congelado” en el año cristiano (en el siglo xvi, según Edmonson, 1988: 260).¹⁶

Los achés del municipio de Cubulco, Guatemala, ya no conservan la cuenta de 260 días, pero los periodos de 20 días y sus múltiplos siguen siendo importantes en su vida ceremonial, en la que los santos sustituyen los momentos importantes del ciclo agrícola (Neuenswander 1981). Parece significativo que la fiesta de la Candelaria, que marca el tiempo de la siembra en las montañas, no se celebra cerca del 2 de febrero, como en la mayoría de las comunidades indígenas, sino alrededor del día 12 (*ibid.*: 145, 150), que es precisamente el que señalan las orientaciones del Grupo 1.

Muy pormenorizada es la información que para los chortís de Guatemala proporciona Girard (1948: 21ss; 1949: 411ss). Considerando nuestro argumento de que las orientaciones marcaban fechas separadas por múltiplos de 13 y de 20 días y que los alineamientos del Grupo 1 señalaban las salidas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, con el intervalo intermedio de 260 días, es interesante que, según Girard, el calendario agrícola ceremonial chortí, relacionado con el ciclo de cultivo del maíz, comienza el 8 de febrero y abarca el periodo de 260 días, cuyas subdivisiones son múltiplos de 13, 20 o 9 días. Durante el primer periodo de 40 días o dos veintenas se llevan a cabo los trabajos de preparación de la milpa. Las quemas se realizan durante el siguiente periodo de 40 días, que concluye el 28 de abril, aunque la fiesta más importante de todo el ciclo ritual principia el 25 de abril y finaliza el 3 de mayo, día de la Santa Cruz,

¹⁶ La correlación del 10 de Sisak con el 14 de febrero se basa en la información proporcionada a Guiteras-Holmes (1961: 32) por la mayoría de sus informantes. Considerando las alteraciones que ha sufrido el calendario indígena, resulta comprensible la falta de consenso entre los tzotziles de Chenalhó en cuanto a las fechas del calendario cristiano a las que corresponden los inicios de sus meses; sin embargo, las discrepancias entre las fechas dadas por varios grupos no rebasan siete días (*ibid.*).

que determina el inicio de la siembra. El 29 de abril comienza el periodo de 20 novenas o 180 días, que corresponde a la época de lluvias y termina con la clausura del ciclo, el 25 de octubre, pero con el día del paso cenital del Sol, 30 de abril o 1 de mayo, también se inicia el conteo por trecenas: el lapso de 104 días que concluye con el segundo paso del Sol por el cenit, el 12 o 13 de agosto, es dividido por el solsticio de verano en dos periodos de cuatro trecenas o 52 días; las trecenas consecutivas determinan la secuencia de las labores agrícolas. El ciclo concluye con el periodo de 73 días, contados a partir del segundo paso cenital del Sol, pero también se cuenta el periodo de 65 días o cinco trecenas, empezando con el fin de la canícula, el 21 de agosto. Después de la clausura del ciclo ritual, el 25 de octubre, principia el periodo de descanso de 100 días, al que se agregan cinco días llamados “de duelo” (Girard 1948: 21-47, 1949: 411-435).

Aunque las obras de Girard despertaron mucho interés, ya advertimos que también provocaron serios cuestionamientos. Como observa Starr (1951: 364s), el ciclo de 260 días no fue encontrado entre los chortís por Wisdom (1940) y tampoco fue reportado en regiones aledañas. Por otra parte, Fought (1972: 58) es explícito al aseverar que no ha podido confirmar algún significado ceremonial de la fecha 8 de febrero. Aunque estos y otros argumentos (*cf.* Šprajc 2001a: 113ss) indican que los datos de Girard deben tomarse con reserva, sería imprudente descartar rotundamente la veracidad de toda su información etnográfica. Su descripción del ciclo agrícola chortí concuerda en muchos aspectos con los datos de Wisdom (1940), mientras que Fought (1972: 386, 435) confirma la práctica de observar el desplazamiento anual del Sol respecto a ciertos puntos del horizonte. En vista de las analogías encontradas entre los tzotziles y los quichés (*supra*), no es inverosímil que también los chortís usen o usaran un periodo agrícola ritual de 260 días, con el comienzo en febrero. A pesar de las dudas que es prudente mantener respecto a los detalles de su estructura, hay que subrayar que Girard no pudo tener conocimiento de los patrones de orientación, por lo que resulta realmente sorprendente el conteo por trecenas y veintenas y la casi exacta correspondencia entre las fechas que delimitan su ciclo chortí de 260 días y las que marcan las orientaciones del Grupo 1 en el horizonte oriente. Recordemos también que este grupo de orientaciones tiende a registrar las puestas del Sol en las fechas 27 de abril y 18 de agosto (capítulo 3.3, tabla 7), muy cercanas a las que son significativas en el esquema de Girard. Si bien argumentamos que las orientaciones del Grupo 1 eran funcionales hacia el oriente, vale la pena mencionar que el intervalo del 18 de agosto al 27 de abril es 252 días, múltiplo de 9 días ($252 = 28 \times 9$), y que Girard reporta también el conteo por novenas. Sin embargo, aunque no podemos descartar la posibilidad de que en el diseño de las orientaciones fueran importantes también los múltiplos de 9 días (los ciclos de los nueve Señores de la Noche están atestiguados en las inscripciones), hay que recordar que las novenas son parte tradicional del ceremonial católico y no necesariamente tienen raíces prehispánicas.

Los datos etnográficos que hemos resumido apoyan ante todo nuestra interpretación del uso de las orientaciones que pertenecen al Grupo 1, registrando las salidas del Sol separadas por 260 días. Considerando que se trata del grupo más ampliamente difundido, no sólo en el área maya, también en el centro de México (Šprajc 2001a), resulta muy probable que también las demás orientaciones solares fueran regidas por los mismos principios, relacionados con las necesidades agrícolas.

Si los futuros estudios en las tierras bajas mayas permitieran reconstruir, aparte de las antiguas técnicas agrícolas, también los momentos críticos en el ciclo de cultivo, contaríamos con datos sumamente importantes para una evaluación más completa del significado de las fechas registradas por los alineamientos. Hay que reiterar, sin embargo, que estas fechas (asumiendo que se relacionan con la agricultura) debieron haber tenido una importancia *canónica*; probablemente marcaban los momentos críticos para realizar las ceremonias apropiadas, pero la programación exacta de las labores agrícolas particulares dependía de otras consideraciones, tanto prácticas como religiosas. Los datos etnográficos modernos indican que los momentos exactos de siembra y cosecha varían considerablemente, dependiendo no sólo de las circunstancias climáticas concretas y de las variedades del maíz sembradas, sino también de las fases de la Luna e incluso —en los lugares donde sobreviven fragmentos del calendario prehispánico— de los augurios de los días particulares. El significado canónico o ritual de las fechas registradas por los alineamientos es atribuible a las propiedades de los intervalos que las separan: los múltiplos de 13 y de 20 días no sólo facilitaban el manejo del calendario observacional; el hecho de que eran periodos constitutivos del ciclo sagrado de 260 días debe haber sido el motivo por el que también las fechas separadas por estos intervalos llegaron a ser sacralizadas (cf. Šprajc 2001a: 151ss).

Cabe subrayar que no necesariamente todas las fechas tenían una relación inmediata con los momentos más importantes del ciclo agrícola. La función de algunas orientaciones, entre las que probablemente podemos incluir las que marcaban los solsticios y los días de cuarto del año, pudo haber sido simplemente la de facilitar la predicción de las fechas más importantes mediante los intervalos fáciles de manejar. Los estudios realizados hasta el momento sugieren que el rasgo más importante de los calendarios observacionales fue precisamente su aspecto anticipatorio, relacionado con su función práctica (Šprajc 2001a: 151ss; Aveni, Dowd y Vining 2003: 162s; para las analogías etnográficas del Suroeste de los Estados Unidos, v. Zeilik 1985: S3, S17, S21). Aunque por lo general no contamos con información cronológica suficientemente detallada, parece obvio que incluso en un mismo sitio es común que coexistieran orientaciones diferentes; los detalles del manejo de los calendarios observacionales quedan oscuros, pero es de suponer que, al poder valerse de varios alineamientos, los sacerdotes-astrónomos tuvieron mayores posibilidades para predecir con exactitud los momentos ritualmente importantes del ciclo agrícola: recordemos que las ceremo-

nias tuvieron que ser preparadas con debida anticipación y que las observaciones pudieron ser frecuentemente obstaculizadas por la nubosidad.

En este contexto es interesante la información etnográfica de Lincoln (1945) sobre el llamado observatorio solar en Nebaj, poblado Ixil en los altos de Guatemala. En el comentario a un dibujo al final de su obra, donde están bosquejados varios alineamientos formados por marcadores de piedra (aparentemente naturales: Smith y Kidder 1951: 11), así como la línea del horizonte con el Sol en una depresión, Lincoln menciona que los sacerdotes ixiles hacen observaciones allí para programar la siembra y la cosecha y que a lo largo de dos alineamientos el Sol salió el 19 de marzo de 1940, dos días antes del equinoccio. Thompson (1974: 95) expresó sus dudas respecto a la función agrícola de estos alineamientos, comentando que la fecha citada no corresponde a la siembra y que antecede 20 días o más a la quema de las milpas. No obstante, en vista de la importancia de las observaciones anticipatorias, es sugerente la opinión de Long (1948: 216) de que los ixiles probablemente cuentan 1 *uinal* (20 días) a partir del 19 de marzo, cuando observan la salida del Sol, y luego escogen la fecha adecuada para la siembra.¹⁷

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

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

El observador del Sol también tiene la tarea de informar a la población sobre los momentos oportunos para la siembra de diversas plantas de cultivo. Aunque la subsecuente programación y realización de distintas operaciones agrícolas

¹⁷ Dicho de paso, las anotaciones críticas de Thompson (1974: 95) han de deberse, en parte, a que sólo revisó la obra de Long (1948), cuya lectura de algunos datos de Lincoln fue errónea (Šprajc 2001a: 73, nota 2).

depende de la decisión individual de cada campesino, basada en las condiciones meteorológicas y la Luna, cada etapa de trabajos es anticipada y regulada de acuerdo con un calendario preciso (*ibid.*: S21). No cabe duda de que la precisión observacional a la que deben haber aspirado también los astrónomos mayas tenía la misma finalidad: aunque seguramente fueron múltiples los factores que intervinieron en la selección del día exacto en el que convenía iniciar ciertas actividades (*cf.* Guiteras-Holmes 1961: 35; B. Tedlock 1991), las fechas determinadas astronómicamente y anunciadas por los sacerdotes marcaban momentos claves para realizar las ceremonias que inauguraron oficialmente el periodo de trabajos correspondientes a la época del año.

De acuerdo con lo que se argumentó para el centro de México (Šprajc 2001a: 106, 151ss), es probable que también en el área maya hayan existido distintas versiones de calendarios observacionales que, aunque basados en los mismos principios y sirviendo a los mismos fines prácticos, tuvieran estructuras y fechas canónicas ligeramente diferentes. Hablando de los esquemas observacionales en el área maya, Aveni y Hartung (1986: 57) comentan que las variantes locales pueden comprenderse en términos de la relativa autonomía de las entidades políticas, así como en función de las diferencias ambientales. A manera de analogía podemos recordar también que entre los indígenas pueblo del Suroeste estadounidense, a pesar de su unidad cultural, cada poblado cuenta con su propio observador del Sol y maneja su propio calendario agrícola y ceremonial (Zeilik 1985: S2, 1989: 151). Por lo tanto, si bien en algunos edificios podemos observar el cambio de orientación en algún momento de su secuencia constructiva, la presencia de orientaciones distintas en un sitio no necesariamente significa que pertenezcan a periodos diferentes.

Aunque, en contraste con la diversidad de las orientaciones que estaban en uso simultáneamente, los datos analizados indican que fueron regidas por los mismos principios durante épocas prolongadas y en regiones distintas, también podemos notar algunas variaciones temporales y regionales, que indudablemente se debieron tanto a los contactos culturales con otras áreas como a las innovaciones impuestas por ciertos gobernantes que, también de esta manera, manifestaban su poder.¹⁸

Finalmente, no hay que olvidar que un aspecto importante de los alineamientos astronómicos plasmados en la arquitectura y trazas urbanas antiguas fue lo simbólico. 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,

¹⁸ A manera de ilustración podemos mencionar que la orientación del Templo Mayor de Tenochtitlan cambió a partir de su fase III, construida durante el reinado de Itzcóatl, por lo que la modificación puede entenderse como parte del ambicioso programa de reformas por el que es conocido este gobernante (Šprajc 2000c; 2001a: 383ss).

por lo tanto, que las orientaciones no pueden interpretarse únicamente en términos utilitarios y 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. 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 perpetuar el orden cósmico en su entorno terrenal (cf. Aveni 2001: 217ss; Aveni y Hartung 1986: 8; Šprajc 2001a: 121ss, 412s, 2005).

4.2. ORIENTACIONES VENUSINAS

La importancia del planeta Venus en diversas culturas antiguas se debe indudablemente, ante todo, a su luminosidad: su brillo es superado solamente por el Sol y la Luna. Algunos elementos adicionales que contribuyeron a la complejidad de los conceptos que rodeaban el planeta en la cosmovisión mesoamericana (p. ej. Bricker y Bricker 2011: 163ss; Milbrath 1999: 157ss; Šprajc 1996b) deben haber sido las características de sus extremos. Como ya explicamos en el capítulo 3.2.4, los extremos de Venus —aunque sus fechas y magnitudes varían— son fenómenos estacionales. En el contexto mesoamericano son particularmente interesantes los de Venus vespertino, ya que anuncian o coinciden con el inicio y el fin de la época de lluvias y del ciclo agrícola; cuando el planeta es visible como estrella de la tarde, sus declinaciones extremas norte siempre ocurren entre abril y junio, mientras que sus declinaciones extremas sur son alcanzadas entre octubre y diciembre. Hay evidencias de que fue precisamente esta estacionalidad de los extremos de Venus vespertino la que motivó los conceptos, ampliamente documentados en la cosmovisión mesoamericana, en los que el planeta, particularmente la estrella de la tarde, se relacionaba con la lluvia, el maíz y la fertilidad, simbolismo que parece reflejarse también en algunas orientaciones en la arquitectura (Šprajc 1993a, 1993b, 1996a, 1996b).

Los extremos de Venus, debido a que no son fenómenos anuales y que sus fechas varían ligeramente (v. capítulo 3.2.4), no pueden considerarse como particularmente útiles para orientarse en el tiempo. Por lo tanto, a los alineamientos que corresponden a los extremos venusinos difícilmente podemos atribuirles una función práctica, comparable a la que hemos asumido para orientaciones solares. Sin embargo, si la estacionalidad de los extremos, sobre todo la aproximada concomitancia de los de la estrella de la tarde con el inicio y el fin de la época de lluvias, resultó en que el planeta en su manifestación vespertina llegara a ser incorporado en las explicaciones del orden cósmico como uno de los agentes responsables de los importantes cambios cíclicos en la natu-

raleza, los alineamientos correspondientes deben entenderse precisamente en estos términos. En la muestra de datos que hemos analizado, casi todas las orientaciones que pueden relacionarse con Venus corresponden a los extremos mayores norte de la estrella de la tarde (tabla 3). Si recordamos que estos fenómenos presagian o coinciden con la llegada de las lluvias, su relevancia en la religión, el ritual, e incluso en la ideología política, resulta comprensible.

El mejor ejemplo con el que podemos tratar de ilustrar el significado de estas orientaciones es el Palacio del Gobernador en Uxmal, construido alrededor del año 900 d.C. por el gobernante comúnmente conocido como Señor Chac (Kowalski 1987, 2003: 211ss). Considerando la relación entre Venus vespertino y los dioses mesoamericanos de la lluvia, así como el hecho de que los gobernantes mayas comúnmente actuaban como personificaciones de deidades importantes, el nombre del rey y los rostros del dios Chac que adornan su palacio y llevan signos de Venus sugieren que este personaje pretendía ser la encarnación tanto del dios de la lluvia como de su manifestación celestial. Si asumimos que, según las creencias, la llegada de la estrella de la tarde a su posición más septentrional ocasionaba la temporada de lluvias, el Palacio del Gobernador puede entenderse como una materialización monumental de la dirección que debe haber sido santificada, ya que marcaba los fenómenos cuyas apariciones oportunas eran vitales para un buen desenlace del ciclo agrícola; más aún, es de suponer que el objetivo de la orientación del edificio, como una expresión del pensamiento mágico, fue la de *impulsar* el debido desarrollo de los ciclos naturales. Podemos imaginar que el Señor Chac, al orientar su residencia o edificio administrativo hacia la posición relevante del avatar celeste del dios de la lluvia, cuyo poder aparentaba asumir o compartir, manifestó de una manera singular su identidad divina y su responsabilidad de mantener el orden cósmico ideal, que garantizaba la supervivencia de sus súbditos (Šprajc 1993a: 47, 1996a: 75ss, 1996b: 173ss, 1996c, 2015b).

4.3. ORIENTACIONES LUNARES

La importancia de la Luna en la cosmovisión maya y en Mesoamérica en general está ampliamente evidenciada. Sabemos que la Luna no sólo tuvo un lugar destacado en la religión, sino que también fue objeto de observaciones precisas que resultaron en conocimientos muy avanzados sobre las regularidades de su movimiento aparente, incluyendo los patrones de eclipses (p. ej. Thompson 1939; Milbrath 1999: 105ss; Cruz Cortés 2005; Bricker y Bricker 2011). Muchos datos de la época prehispánica reflejan precisamente este saber sofisticado, que se perdió poco tiempo después de la Conquista debido a que sus portadores, pertenecientes al estrato más alto de la sociedad vencida, fueron sujetos a la más intensa indoctrinación cristiana. Pero los motivos de la gran atención que se prestaba a este cuerpo celeste fueron, en gran parte, las creencias que, por ser compartidas por los sectores más amplios de la población, todavía persisten, aunque pauperizadas y modificadas, en las comunidades actuales. La Luna se

asocia con el agua, la tierra y la fertilidad y sus fases todavía representan un factor importante en la programación de los trabajos agrícolas (Thompson 1939; Neuenswander 1981; Báez-Jorge 1988; Köhler 1991; Atran 1993: 678s; Milbrath 1999: 27ss; Bassie-Sweet 2008: 33ss; Redfield y Villa Rojas 1962: 205s; Vogt 1997: 112; Iwaniszewski 2006).

Los resultados del análisis de la distribución de las declinaciones que registran las orientaciones de nuestra muestra revelan que algunas han de referirse a los extremos mayores —y otras tal vez a los menores— de la Luna (capítulo 3.2.5, figura 8, tablas 4 y 5). En vista del significado del astro en la cosmovisión prehispánica, y considerando la complejidad de los conocimientos que tenían los sacerdotes-astrónomos sobre las características de su movimiento, resulta muy probable que también hayan percibido las oscilaciones periódicas de los puntos extremos que alcanzaba el astro en los momentos de su salida y puesta. Aunque no hay datos documentales al respecto, no deja de ser interesante que, según un informante de Redfield y Villa Rojas (1962: 206) en Chan Kom, “every eighteen years the moon passes under the sun covering the earth with its shadow”. Aunque parece tratarse de una referencia al ciclo de los eclipses llamado *saros* (18.03 años), recordemos que la periodicidad de los eclipses depende del ciclo de los nodos de 18.6 años, intervalo en el que también se repiten las declinaciones extremas de la Luna (v. capítulo 3.2.5). Citando el dato, Nahm (2004: 50) comenta que “a survival of knowledge about such an astronomical period among rural Maya is unlikely, but it is hard to think of an obvious alternative”. La alternativa posible es, desde luego, que el informante fuese “contaminado” por la astronomía moderna.

En relación con las posibles orientaciones lunares advertimos en el capítulo 3.2.5 que es particularmente probable la intencionalidad de los alineamientos hacia los extremos mayores, no sólo porque son comunes sobre todo en la parte noreste de la península de Yucatán (tabla 4), conocida por la popularidad del culto asociado con la Luna (Miller 1974, 1982: 85s; Freidel 1975; Freidel y Sabloff 1984; Milbrath 1999: 147s), sino también porque para estas orientaciones no es evidente una explicación alternativa. En cambio, para las que tentativamente relacionamos con los extremos menores y que aparecen en la tabla 5 no podemos excluir la posibilidad de que su referente fuera el Sol; en realidad, es muy probable que varias orientaciones incluidas en esta tabla señalaran las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas, ya que pertenecen a los grupos listados en la tabla 7. Pese a estas advertencias, los datos contextuales en algunos casos apoyan la interpretación lunar. En vista de lo expuesto es particularmente factible que en la costa nororiental, donde se concentran las orientaciones relacionadas con los extremos mayores, algunos edificios fueran orientados también hacia los extremos menores.

El significado de las orientaciones lunares puede explicarse a la luz de las connotaciones acuáticas del astro y sus asociaciones con la fertilidad, simbolismo encontrado no sólo en Mesoamérica sino en muchas culturas del mundo

(cf. Eliade 1972: 150ss). En lugar de ser simples creencias, estos conceptos han de derivarse en gran parte de los hechos observados en el mundo real. Desde épocas remotas debe haber llamado la atención el paralelismo entre el ciclo sinódico de la Luna, las mareas y el ciclo menstrual de la mujer. Por otra parte, varios estudios han detectado una correlación entre ciertas fases lunares y la cantidad de precipitaciones, los huracanes y tormentas tropicales, las temperaturas y la germinación de ciertas plantas (p. ej.: Carpenter *et al.* 1972; Balling y Cerveny 1995; Cerveny *et al.* 2010; González 2001: 171s), y hay indicios de que también estas coincidencias pudieron haber sido advertidas. Concretamente, para Norteamérica y Nueva Zelanda se ha mostrado que las lluvias tienden a ser más abundantes en el primero y el tercer cuarto del mes sinódico (Bradley *et al.* 1962; Adderley y Bowen 1962; Brier y Bradley 1964), lo que concuerda con la información etnográfica obtenida en los altos de Guatemala por Remington (1980: 112), de que durante la temporada de lluvias “llueve más cuando la luna está tierna que cuando está madura”, y también con el comentario de Diego de Landa (1973: 4) de que “por fines de enero y febrero hay un veranillo de recios soles y no llueve en ese tiempo sino a las entradas de las lunas”. Si los análisis de los datos pluviales de dos regiones tan distantes llevaron a la misma conclusión, podemos asumir que ésta aplica también a las latitudes mesoamericanas, por lo que resulta altamente probable que los reportes etnográficos y de Landa citados arriba tengan bases observacionales.¹⁹

Finalmente, el dato más interesante en nuestro contexto es que, según se ha argumentado (p. ej. Mitra y Dutta 1992; Currie 1993, 1995; Currie y Vines 1996; Manzi *et al.* 2012), 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. Estas coincidencias, si bien no hay evidencias de que realmente fueron percibidas en la antigüedad, ofrecen una base muy atractiva para interpretar el significado de las orientaciones hacia los extremos lunares, cuya periodicidad, recordemos, obedece al ciclo de los nodos.

Los resultados del análisis de las orientaciones hacia los extremos de la Luna y de su asociación con las solsticiales, encontrada en varios sitios (capítulo 3.2.5), sugiere que el referente de las primeras fue la Luna en su fase llena. Ya mencionamos 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

¹⁹ Otro dato ilustrativo, indicando que algunos conceptos acerca de la influencia de las fases lunares sobre el comportamiento de la naturaleza han de derivarse de conocimientos empíricos, lo representa la opinión, compartida por diversos grupos indígenas mesoamericanos, de que la tala de árboles para fines de construcción debe efectuarse durante el plenilunio, para que la madera no se pique por insectos (Köhler 1991; Atran 1993: 678s; Vogt 1997: 112; López García 2001: 296s). Como observa Köhler (1991: 246s), aunque las ideas de este tipo son a veces contradictorias y algunas, sobre todo las que conciernen al crecimiento adecuado de las plantas de cultivo, pueden interpretarse en términos del pensamiento mágico, la unanimidad en el caso referido sugiere que sí existe una relación concreta entre los fenómenos mencionados. Es significativo que también en Europa han sido documentados conceptos similares (Iwaniszewski 2006)

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: 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).

4.4. TÉCNICAS DE OBSERVACIÓN

De acuerdo con los argumentos expuestos en el capítulo 3, los edificios que pertenecen a un mismo grupo de orientaciones no presentan ningún patrón en la ubicación de sus entradas, por lo que no es probable que fuesen astronómicamente orientados sólo aquellos que manifiestan la concordancia entre la dirección marcada por su acceso y la que, según suponemos, fue observacionalmente funcional. Si asumiéramos que la entrada indica la dirección funcional de la orientación, deberíamos postular que los edificios registraban los fenómenos astronómicos no sólo en los horizontes este y oeste sino también en direcciones norte y sur. Tal suposición es, en vista de los análisis presentados en el capítulo 3, sumamente inverosímil. Las analogías del México central permiten la misma conclusión, lo que nos lleva a pensar que la ubicación del acceso fue dictada, más bien, por el simbolismo y el ritual vinculados a la estructura particular y por factores generales de planeación urbana (Šprajc 2001a: 69ss).²⁰

La disposición de los edificios, incluyendo la ubicación de sus entradas o fachadas frontales, nos lleva a considerar un problema poco estudiado en la arqueoastronomía mesoamericana. Los patrones detectados revelan la relación de las orientaciones con los fenómenos astronómicos observables en el horizonte, pero no se han encontrado muchos vestigios materiales que permitan reconstruir las técnicas de observación. La solución más obvia aplica a los edificios cuyos accesos o fachadas principales miran en la dirección que parece haber sido

²⁰ Una analogía ilustrativa la ofrecen las antiguas iglesias cristianas en Europa, cuyos ejes longitudinales están regularmente orientados en la dirección este-oeste. Aunque muchas tienen sus entradas y fachadas principales del lado poniente, la dirección simbólicamente importante fue, sin duda alguna, el oriente. Acerca de la orientación de las iglesias “se encuentra la primera prescripción hacia el final del siglo III en la *Didascalia: Segregetur presbyteris locus in parte domus ad orientem versa [...] nam Orientem versus oportet vos orare [...]*. El ábside, por tanto, debía de mirar a Oriente, de forma que, orando, el pueblo tuviese la mirada dirigida a aquella dirección” (Righetti 1955: 397; cf. McCluskey 1993: 112s).

observacionalmente funcional. Basándose en ilustraciones de algunos códices y citando ideas similares anteriormente planteadas por Alfred Tozzer y Zelia Nuttall, Hartung (1975: 193, figs. 3 y 4; 1980b: 150, 167) propuso que las observaciones astronómicas se realizaban desde el interior de los templos. También 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 de *Uchilobos*”, alude a precisamente este tipo de observaciones (Šprajc 2000c). En efecto, en varias estructuras suficientemente conservadas (v. capítulo 5) hemos podido comprobar que las jambas de la entrada o columnas marcan 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. Tal precisión, desde luego, no es alcanzable en el caso de las orientaciones solsticiales, venusinas y lunares, ya que éstas marcan los extremos del desplazamiento del Sol, Venus o la Luna a lo largo del horizonte, posiciones que manifiestan poca variación durante algunos días. En estos casos el día exacto del fenómeno sólo pudo determinarse indirectamente, asumiendo que correspondía al momento medio del intervalo que separaba los días en que el astro se encontraba, antes y después de alcanzar su extremo, en el mismo punto del horizonte. Además, no hay que perder de vista que la función de estas orientaciones, más que la de determinar la fecha exacta, fue la simbólica, relacionada con el significado de estos momentos en la cosmovisión.

Las observaciones directas desde el interior de los edificios y a lo largo de sus ejes 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 edificios de Alta Vista, Zacatecas, así como en los códices, 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 1980a; 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 de dos o más crujeas), la dirección relevante pudo haber sido señalada con precisión por la intersección de dos palos cruzados de la misma longitud, colocados en la entrada de tal forma que sus extremos inferiores tocaban los desplantes de las jambas. 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 hay que considerar, por otra parte, las posibles técnicas de observación indirecta: diversos elementos arquitectónicos (jambas, columnas, orificios) pudieron haber sido diseñados para producir efec-

tos de luz y sombra durante la salida o puesta del Sol en las fechas deseadas. Las evidencias que sugieran las observaciones de este tipo son escasas, pero podemos mencionar la ventana en la torre de Palenque y las ventanas y orificios en el Templo de las Siete Muñecas de Dzibilchaltún (v. apartados correspondientes del capítulo 5). A la luz de las analogías etnográficas del Suroeste estadounidense (Zeilik 1985: S3, S10, 1989: 146, 151ss), también es de imaginar que 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 percederas y removibles.

Asimismo, la dirección astronómicamente relevante pudo haber sido marcada por algún cerro a lo largo del eje de orientación. Tales ejemplos, implicando que la localización del edificio fue condicionada por la ubicación de la prominencia en el horizonte, son comunes en el centro de México (Šprajc 2001a: 57ss, 127). Por razones obvias son mucho menos frecuentes en las tierras bajas mayas, pero no inexistentes, como lo demuestran los casos de Calakmul y Toniná (v. capítulo 5). Una solución alternativa que aparentemente encontraron los habitantes de las planicies, al no contar con rasgos naturales en su entorno que pudieran ser aprovechados de igual modo, fue la distribución adecuada de los edificios. Ejemplos de ello se detectaron en sitios como El Mirador, Yaxnohcah y El Gallinero, donde algunos edificios o grupos arquitectónicos forman pares ubicados de tal manera que, observando desde un edificio, el otro pudo servir como marcador exacto de la posición del Sol en las fechas que corresponden a la orientación de uno o de ambos edificios (capítulo 5; Šprajc 2008b: 238; Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009). Desde luego, la intencionalidad astronómicamente motivada de la relación espacial entre dos estructuras puede considerarse particularmente probable si —como en los casos mencionados— el eje de orientación de una pasa por la otra y si una de las dos, en vista de la distancia que las separa y su disposición, pudo haber servido como marcador de un evento sobre el horizonte. También el alineamiento que conforman la pirámide principal de Cehtzuc y el Palacio del Gobernador de Uxmal, y que corresponde a los extremos de Venus (v. capítulo 5), cumple con estos requisitos, sugiriendo que los motivos astronómicos condicionaban, inclusive, la localización de ciertos edificios en asentamientos distintos. Para establecer qué tan difundidas estaban las prácticas que resultaron en alineamientos de este tipo, evidentemente relevantes en la consideración de las posibles técnicas de observación, se requieren estudios más detallados en sitios particulares y áreas reducidas.

A veces resulta difícil imaginar la técnica que podría haberse empleado para observar el fenómeno que corresponde a la orientación de un edificio, sobre todo si la ubicación de la entrada no coincide con la dirección que parece haber sido astronómicamente funcional, y si tampoco son evidentes otros elementos arquitectónicos que pudieran haber facilitado las observaciones directas o indirectas. En estos casos cabe considerar la posibilidad de que el edificio no fuera el lugar

de observaciones sino el punto observado, de acuerdo con lo que acabamos de mencionar, o que las observaciones se hicieran por medio de algunos rasgos arquitectónicos cuya función no hemos logrado reconocer o que ya no se conservan. Para las estructuras que miran hacia el norte o el sur también podemos especular que los eventos en el horizonte oriente o poniente se observaban desde la entrada a lo largo de las paredes exteriores de la fachada. Finalmente, también es probable que algunos edificios de nuestra muestra, aunque sus orientaciones pertenecen a los grupos comunes, materializaran las direcciones astronómicamente importantes de manera meramente simbólica.

5. COMENTARIOS SOBRE LOS SITIOS Y ORIENTACIONES PARTICULARES

En este capítulo se discuten las orientaciones en cada uno de los sitios incluidos en el estudio. Los sitios aparecen en orden alfabético. Para cada orientación proponemos su significado (o sus posibles significados), basándonos en los resultados de los análisis presentados en los capítulos anteriores; de estar disponibles, también mencionamos los datos contextuales que apoyan la interpretación propuesta. Cuando la orientación puede asignarse a alguno de los grupos identificados en el capítulo 3 —como sucede en la mayoría de los casos—, tan sólo mencionamos el grupo (o los grupos, cuando existen más posibilidades) sin profundizar en los detalles de su significado, ya que esta información puede encontrarse en los capítulos anteriores. Tampoco repetimos los datos pormenorizados sobre cada orientación, ya que éstos se encuentran en la tabla 1. Como se verá, algunas orientaciones solares no pueden asignarse a alguno de los grupos identificados, pero las fechas y los intervalos que registran sugieren que fueron dictadas por los mismos principios que caracterizan los grupos más prominentes.

Como ya puntualizamos en el capítulo 2, si en un sitio dos o más edificios prominentes pertenecientes a un mismo grupo arquitectónico 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.

Por último, en este capítulo también nos referimos a las interpretaciones que sobre algunas orientaciones fueron proporcionadas por otros investigadores.

ACANCEH, YUCATÁN, MÉXICO

Las estructuras medidas pertenecen al Preclásico Tardío y al Clásico Temprano (V. Miller 1991; Quintal y Barrales 2006a, 2006b; Quintal y Pantoja 2000; Varela *et al.* 2009).

En vista de que la Estructura 1 y la adyacente Estructura 1-a, así como el Palacio de los Estucos, relativamente distante de los dos edificios anteriores, comparten casi la misma orientación —que aproximadamente coincide, además, con la de las calles del poblado moderno—, es posible que ésta dominara la gran parte de la traza urbana de la antigua ciudad de Acanceh. Se trata de la orientación solar que pertenece al Grupo 2 (tablas 7 y 9).

Según Virginia Miller (1991: 65), la fachada decorada del Palacio de los Estucos probablemente data del Clásico Tardío. Sin embargo, la cerámica asociada indica que al menos algunas partes de la estructura pertenecen al Clásico Temprano (Quintal y Barrales 2006a: 157; Varela *et al.* 2009). Mientras que algunos autores han visto en el friso del Palacio de los Estucos influencias notables del centro de México, particularmente de Teotihuacan, Quintal y Barrales (2006a: 171) aseveran que “la concepción de la fachada es enteramente maya”. Sin pretender resolver el dilema, podemos señalar que la orientación del edificio no es un elemento que apoye influencias foráneas, ya que las orientaciones del Grupo 2, muy comunes en toda nuestra área de estudio desde periodos tempranos (tabla 9), aparecen en el centro de México con mayor frecuencia apenas en el Posclásico (Šprajc 2001a: 55ss).

ACANMUL, CAMPECHE, MÉXICO

La única estructura excavada y, por tanto, medible es el Palacio, fechado en el Clásico Tardío (Ojeda 2006; 2007). Es posible que el edificio no reproduzca con fidelidad la orientación astronómicamente funcional, que pudo haber sido incorporada en algún templo cercano. El error relativamente grande asignado a los valores de declinación (tabla 1) se debe a que las líneas medidas en la estructura superior son bastante divergentes. La orientación corresponde aproximadamente a los extremos menores de la Luna, pero también es posible que su propósito fuera el de marcar las puestas del Sol en las fechas 10 de mayo y 3 de agosto, separadas por 280 (= 14×20) días (tablas 1 y 5).

AKÉ, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos pertenecen al Clásico Temprano, con la excepción del recinto central superior de la Estructura 1, fechado en el Posclásico Tardío (Maldonado 1989; Quintal 1993; Quintal y Voss s.f.; Varela *et al.* 2009).

La Estructura 2 comparte la orientación con la Estructura 3, localizada inmediatamente al poniente de la anterior. La orientación no pertenece a ninguno de los grupos que hemos definido, pero llama la atención que las fechas de puesta del Sol que le corresponden, 31 de marzo y 12 de septiembre, delimitan un intervalo de 200 (= 10×20) días (tabla 1), lo que posiblemente no es for-

tuito. La Estructura 1, construida en el Clásico Temprano, posee en su parte central superior un recinto de planta rectangular, fechado en el Posclásico Tardío (Maldonado 1989; Beatriz Quintal, comunicación personal, octubre de 2010) y desviado notablemente respecto al resto del edificio (tabla 1); mientras que la orientación de este recinto corresponde al Grupo 1 de orientaciones solares, el resto del edificio manifiesta la orientación perteneciente al Grupo 3 (tablas 7, 8 y 10). La orientación de la Estructura 10 no pertenece a ningún grupo prominente, pero es posible que marcara las puestas del Sol el 5 de abril y el 8 de septiembre, separadas por 156 (= 12×13) días (tabla 1). Las Estructuras 14 y 15 pertenecen al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 7 y 9).

AKUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

La estructura principal de este sitio es un edificio característico del Posclásico Tardío en la costa nororiental de la península de Yucatán (Lothrop 1924: 143; Andrews y Andrews 1975: 89). Su orientación quizá marcara el punto de salida de la estrella Fomalhaut (tablas 1 y 6).

ALTAR DE LOS REYES, CAMPECHE, MÉXICO

Las orientaciones pudieron determinarse para la Estructura 13 del grupo principal y la Estructura 1 del Grupo Sureste, ambas fechadas en el periodo Clásico (García López 2008; Šprajc y Flores 2008: 25ss; Šprajc 2008b). La primera pertenece al Grupo 4 o 5 y la segunda al Grupo 8 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 11).

ARRECIFE, QUINTANA ROO, MÉXICO

Las adyacentes Estructuras C10-1-a y C10-1-b, construidas sobre un islote en medio de la laguna costera en la parte noreste de Cozumel, son templos típicos del Posclásico Tardío en la costa nororiental (Freidel y Sabloff 1984), que comparten la misma orientación (Šprajc 2009), quizá motivada por la dirección en la que salía la estrella Fomalhaut (tablas 1 y 6). La base astronómica de la orientación parece estar apoyada por el hecho de que ésta no obedece a la costa, que en esta parte de la isla manifiesta el azimut de unos 64° , y tampoco concuerda con el curso del *sacbé* que, pasando por el islote, atraviesa la laguna y cuyo azimut varía entre 140° y 155° aproximadamente.

BALAKBAL, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación pudo determinarse para las Estructuras VI y VIII, que conforman un conjunto del tipo Grupo E de Uaxactún y que, a juzgar por la cerámica de superficie, datan del Clásico Temprano (Ruppert y Denison 1943: 65ss; García López 2008; Šprajc y Flores 2008: 32ss). La orientación, examinada ya en otro lugar (Šprajc 2008b), pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

BALAMKÚ, CAMPECHE, MÉXICO

En este sitio pudieron medirse las Estructuras 5 y 10 del Grupo Sur, fechadas en el Clásico Temprano (Becquelin *et al.* 2005; Michelet *et al.* 1997) y pertenecientes al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8).

BECÁN, CAMPECHE, MÉXICO

Las orientaciones pudieron determinarse para las Estructuras I, II, III, IV, VIII, IX y X, todas pertenecientes al Clásico Tardío y Terminal (Potter 1977: 7ss; Gendrop 1983, 1987; Bueno 1999; Campaña 2000, 2001). Algunas orientaciones de Becán ya fueron discutidas con mayor detalle en otro estudio (Šprajc 2004a).

La orientación de la Estructura I, ubicada en el costado sur de la Plaza Sureste, pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (figura 13, tablas 1, 7 y 8). Considerando que la Estructura IV delimita la misma plaza por su lado norte, cabe señalar que, según lo que se puede determinar en el plano de Hohmann (1998: 145, fig. 222), la Estructura IV-sub parece tener la misma orientación que la Estructura I (Šprajc 2004a: 99). Sin embargo, la orientación de la parte superior de la Estructura IV pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9), al que corresponden también las orientaciones de las Estructuras II y III, que delimitan la Plaza Sureste por los lados poniente y oriente, respectivamente, y de la Estructura X (Šprajc 2004a: 101, tabla 1). Puesto que las orientaciones del Grupo 2 eran funcionales hacia el oriente (v. capítulo 3), cabe notar que, observando en la Estructura X, la Estructura VIII tapa la vista al horizonte oriente; por lo tanto; la orientación de la Estructura X pudo ser funcional hacia el oriente sólo si es más temprana que la Estructura VIII, lo que es, efectivamente, probable (Šprajc 2004a: 100).

La orientación de la Estructura VIII pertenece al Grupo 3 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 10). Los datos sobre la Estructura IX anotados en la tabla 1 corresponden a la parte superior y a la escalinata, elementos agregados en el Clásico Tardío; la orientación de esta parte del edificio no corresponde a ninguno de los grupos identificados, pero es probable que marcara las puestas del Sol en las fechas 20 de abril y 23 de agosto, separadas por un intervalo de 240 (= 12×20) días. Los azimuts este-oeste de los cuartos construidos sobre la parte baja del talud sur, también tardíos, así como de los paños con mascarones y de otras partes del basamento piramidal temprano, fechados en el Preclásico Tardío y el Clásico Temprano (Campaña 2000; 2001), son evidentemente 2° a 3° más grandes, pero la orientación intencionada de esta etapa no se puede determinar de manera confiable.

Si asumimos que la orientación de la Estructura I, perteneciente al Grupo 1, registraba las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre (figura 13), podemos notar que las fechas de puesta del Sol que señalaba la Estructura VIII subdividen el periodo de 260 días, delimitado por las fechas marcadas por la Estructura I, en múltiplos de 20 días. Por lo tanto, las cuatro fechas pueden incorporarse en un solo calendario observacional, presentado en la tabla 12.

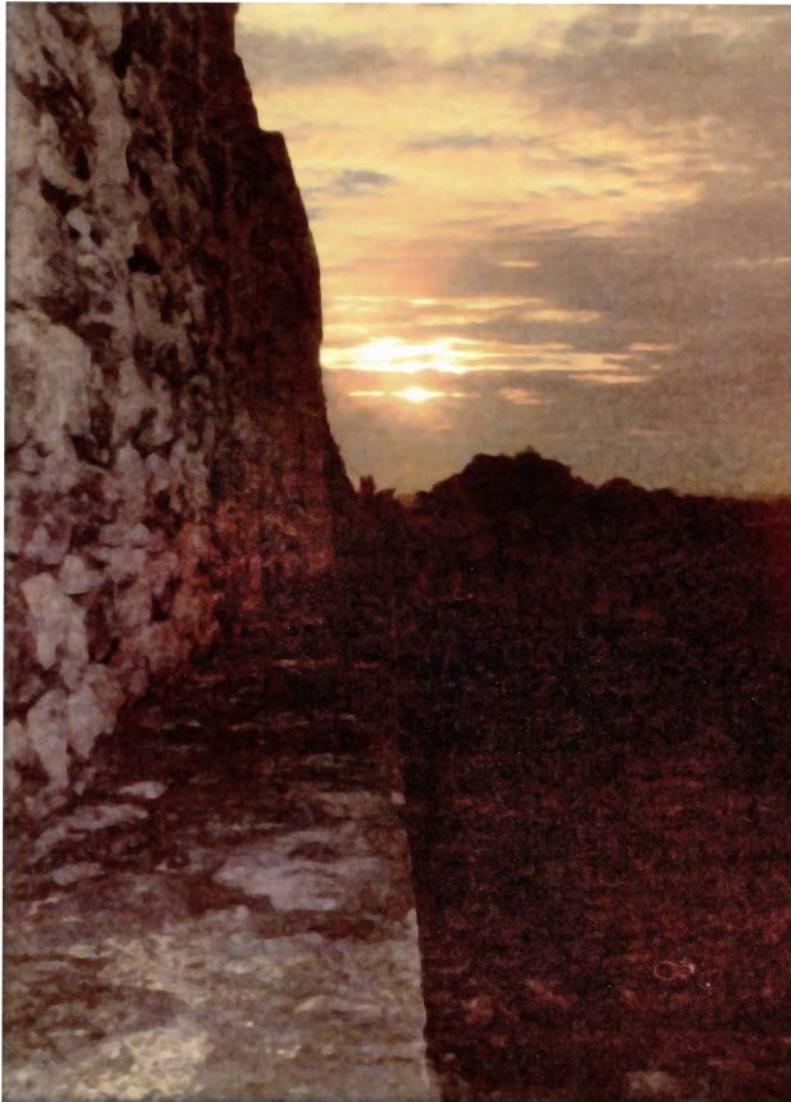


Figura 13. Becán, Estructura I, salida del Sol a lo largo de la fachada sur el 30 de octubre de 2014. Nótese que la fotografía fue tomada apenas cuando el Sol, tapado por las nubes en los momentos de su orto, alcanzó una altura considerable, por lo que se encuentra ligeramente a la derecha (hacia el sur) de la dirección marcada por la fachada. Foto: Mauricio Marat, INAH.

TABLA 12
ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE BECÁN

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura I	salida del Sol	feb 12	105	oct 30
Estructura VIII	puesta del Sol	abr 13	60 60	ago 31
			140	

Tanto en esta como en otras tablas que siguen, y que muestran los esquemas observacionales que pueden reconstruirse para algunos sitios, hay que leer las fechas y los intervalos en el sentido contrario al de las manecillas de reloj.²¹

BONAMPAK, CHIAPAS, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio pertenecen al Clásico Tardío (Paillés 1987; Tovalín 2007; Tovalín y Velázquez 1994, 2002; Tovalín, Velázquez y Ortiz 1977, 1996; Sánchez Alaniz 2009).

Mientras que el Edificio 3, en el talud norte de la Acrópolis, tiene una orientación casi igual a la del cercano Edificio 1 o Templo de las Pinturas (tabla 1), las orientaciones de las demás estructuras que componen este sector de la Acrópolis son variables, aunque más o menos parecidas. En general, las estructuras en esta parte del sitio, incluyendo el Templo de las Pinturas, no parecen haber sido particularmente apropiadas para las observaciones astronómicas, debido a su posición en la ladera norte de la prominente elevación natural en la que fue construida la Acrópolis. El Templo de las Pinturas está orientado aproximadamente hacia el Grupo Frey, situado a medio kilómetro al noreste, pero éste tiene una orientación diferente (tabla 1). Flores Gutiérrez (1998), Galindo y Ruiz (1998) y Galindo (2000) sugieren significados astronómicos para diversos alineamientos en Bonampak, sobre todo para varias líneas conformadas por elementos arquitectónicos del Edificio de las Pinturas. Sin embargo, a falta de analogías es imposible evaluar la intencionalidad de estas alineaciones.

Entre las estructuras de la Acrópolis, el más interesante en términos astronómicos es el conjunto arquitectónico ubicado en la parte alta del cerro y compuesto por las Estructuras 19, 20 y 21, de las que han sido parcialmente excavadas las Estructuras 20 y 21. La importancia del conjunto y su naturaleza ceremonial es indicada por su ubicación en la cima de la Acrópolis y por sus características arquitectónicas, así como por la pobreza del material cerámico asociado, por lo que su temporalidad no es evidente, pero probablemente corresponde a las épocas más tardías de Bonampak (Tovalín, Velázquez y Ortiz 1977: 18ss, 43, 1996: 138). Aunque sólo pudimos determinar la orientación de la Estructura 21, edificio alargado y central del conjunto, algunos alineamientos en la adyacente Estructura 20 sugieren que todo el conjunto compartía la misma orientación. El eje este-oeste de la Estructura 21 corresponde a las puestas del Sol en los solsticios de diciembre (tabla 2), por lo que quizá no sea casual que el Edificio 9, inmediatamente al norte y en un nivel más bajo de la Acrópolis, también manifiesta una orientación aproximadamente solsticial (cf. Flores Gutiérrez 1998: 161). Asimismo llama la atención que, observando desde la parte

²¹ Cabe advertir que la suma de todos los intervalos en cada uno de estos esquemas observacionales es 365 días, mientras que la duración del año trópico es casi un cuarto del día más larga, por lo que resulta obvio que el observador hubiera notado, cada cuatro años aproximadamente, el incremento de 1 día en uno de los intervalos.

alta de la Acrópolis, un cerro relativamente prominente en el horizonte noeste, a poco más de 3 km de distancia, corresponde al punto de salida del Sol en el solsticio de junio ($A = 67^{\circ}10'$, $h = 5^{\circ}56'$, $\delta = 23^{\circ}30'$).

BUENA VISTA, QUINTANA ROO, MÉXICO

En este sitio, localizado en la isla de Cozumel, pudieron determinarse las orientaciones aproximadas de las Estructuras C18-1-a y C18-1-b, fechadas en el Preclásico Tardío (Freidel y Sabloff 1984). Mientras que la orientación de la Estructura C18-1-b es solsticial, la adyacente Estructura C18-1-a al parecer señalaba los extremos mayores de la Luna (tablas 1, 2 y 4; Šprajc 2009). Se trata de uno de los ejemplos de la asociación de las orientaciones solsticiales y lunares, discutida en el capítulo 3.

CALAKMUL, CAMPECHE, MÉXICO

Las estructuras cuyas orientaciones fueron determinadas pertenecen a los periodos Preclásico Tardío y Clásico (Ruppert y Denison 1943: 13ss; Nieves *et al.* 1995; Boucher y Quiñones 2007; Boucher y Dzul 2006; Domínguez 2008; Delvendahl 2008; Carrasco 1998, 2000; Carrasco y Boucher 1994; Carrasco *et al.* 2009; Folan *et al.* 1995, 2000, 2001; Rodríguez 2000). Una discusión detallada de las orientaciones de Calakmul se presentó en otro lugar (Sánchez y Šprajc 2012b).

La orientación de la Estructura I pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). Los azimuts de la Estructura II citados en la tabla 1 se basan en los muros del edificio superior y de la Estructura II-B, construida en la plataforma intermedia del basamento. El intervalo largo que separa las puestas del Sol el 10 de abril y el 2 de septiembre, marcadas por la orientación, es 220 (= 11×20) días, sugiriendo la direccionalidad poniente de la orientación (tabla 1, figura 14). El hecho de que diversos muros y paramentos manifiestan orientaciones consistentes indica que varias etapas de esta construcción sumamente compleja, la más grande de Calakmul, mantuvieron la misma orientación desde el Preclásico Tardío (cuando el edificio alcanzó su altura actual) hasta que fuera construida la Estructura II-B durante el Clásico (*cf.* Carrasco 1998; Delvendahl 2008: 31, 83ss; Folan *et al.* 2000). Sólo un pequeño edificio, adosado al lado sur de la Estructura II-B, y algunos aposentos en la parte inferior del talud norte del basamento —aparentemente resultado de adiciones arquitectónicas muy tardías— exhiben orientaciones notablemente diferentes; sus azimuts este-oeste oscilan alrededor de 102° , pero no se pueden determinar con precisión, ya que se trata de muros relativamente cortos.

La orientación de la Estructura III no pertenece a ninguno de los grupos prominentes, pero es probable que marcara las puestas del Sol en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, que delimitan un intervalo de 260 días (tabla 1). Tales orientaciones son relativamente escasas en nuestra área de estudio, pero más frecuentes en el centro de México (Šprajc 2001a).

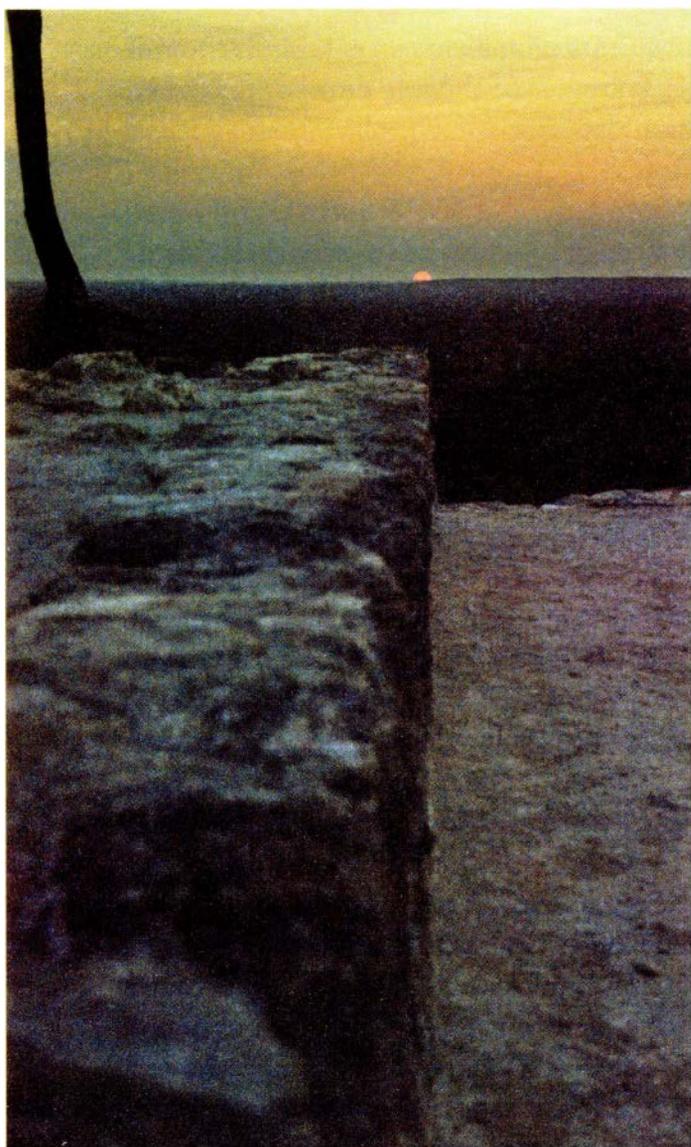


Figura 14. Calakmul, Estructura II, puesta del Sol, observada el 9 de abril de 2011 a lo largo del paramento norte del edificio superior. Nótese que el disco solar se encuentra ligeramente a la izquierda (hacia el sur) del alineamiento, porque la fecha de alineación exacta fue el 10 de abril. Foto: Ivan Šprajc.

La Estructura V, en el sector sur de la Plaza Principal, manifiesta una orientación parecida a la de la Estructura IV, que encierra la plaza por su lado oriente. La Estructura IV consiste en una plataforma alargada en dirección norte-sur, con tres edificios construidos sobre ella; las orientaciones de los edificios laterales, Estructuras IV-A y IV-C, son prácticamente iguales a la del edificio más grande y central, Estructura IV-B, cuyo azimut este-oeste (tabla 1) corresponde al eje de simetría de las entradas a las crujías en la parte alta. Esta orientación no pertenece a ninguno de los grupos más prominentes que hemos identificado, pero es probable que fuera funcional hacia el oriente, marcando las salidas del Sol en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, separadas por 120 (= 6×20) días y registradas también por edificios importantes en otros sitios (p. ej. los Templos IV y V de Tikal y las Estructuras 1 de Chacchoben y 3 de Tabasqueño: tabla 1). Las Estructuras IV y VI, esta última en el flanco poniente de la Plaza

Principal, conforman un conjunto del tipo Grupo E, pero sus orientaciones son diferentes; la de la Estructura VI pertenece al Grupo 4 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

Folan *et al.* (1995: 314s, fig. 4) mencionan que observando en la escalinata de la Estructura VI, el Sol sale sobre la Estructura IV-B en los equinoccios, mientras que sobre las Estructuras IV-A y IV-B aparece en los solsticios de verano y de invierno, respectivamente. Sin embargo, según Aveni *et al.* (2003: 165, Table 1), los azimuts de los alineamientos desde la Estructura VI hacia las Estructuras IV-A, IV-B y IV-C son de $64^{\circ}30'$, $92^{\circ}30'$ y $128^{\circ}30'$, respectivamente, correspondiendo el primero a los solsticios de verano, el segundo a las fechas 15 de marzo y 29 de septiembre, mientras que el último queda fuera del ángulo de desplazamiento anual del Sol. Como lo ejemplifican las discrepancias entre las interpretaciones mencionadas, las hipótesis astronómicas derivadas de este tipo de alineamientos pueden ser muy dispares, ya que dependen tanto del lugar de observación elegido como de los puntos visados (*cf. supra*: capítulo 3.3.1). El alineamiento hacia la Estructura IV-B, si aceptáramos como correcto el azimut de $92^{\circ}30'$ (Aveni *et al.* 2003: 165, Table 1), pudiese haber marcado las salidas equinocciales del Sol sólo si la altura de este edificio fuese unos 8° (13 m) respecto al punto de observación, lo que posiblemente correspondería a la posición del observador al arranque de la escalinata de la Estructura VI, mientras que las fechas proporcionadas por Aveni *et al.* (2003: 165) valen (de acuerdo con su esquema observacional, *ibid.*: 162) para el observador encima de este edificio. Al desconocer la altura original de la Estructura IV-B, la validez de una u otra interpretación no se puede verificar.

Hay que puntualizar que el eje central este-oeste de la Estructura IV-B, prolongado hacia el poniente, pasa a unos 7 u 8 m al norte del centro de la Estructura VI, mientras que el eje central de esta última, prolongado hacia el oriente, atraviesa la parte central de la Estructura IV-B. El azimut de este eje, de $98.8^{\circ} \pm 1^{\circ}$ (tabla 1), representa el promedio de los azimuts medidos a lo largo de los muros este-oeste de la Estructura VI. Aunque no pudo determinarse con mucha precisión, difiere notablemente del valor $92^{\circ}30'$ proporcionado por Aveni *et al.* (2003: 165, Table 1), pero coincide con la desviación de 9° al sur del oriente que para este alineamiento determinaron Ruppert y Denison (1943: 6, Table I).

Las Estructuras VII y XIII parecen pertenecer a los Grupos 4 y 3, respectivamente, de orientaciones solares (tablas 1 y 7). Agreguemos que la Estructura XIII, la más alta de la Gran Acrópolis, comparte su orientación con la Estructura XVII, que delimita el patio sureste de la Acrópolis por su costado sur. La Estructura XIV y el edificio norte del Grupo Noreste parecen pertenecer al Grupo 2 de orientaciones solares, mientras que la Estructura 1 del complejo Chiik Nahb corresponde al Grupo 3 (tablas 7, 9 y 10).

En Calakmul se observan relaciones interesantes, aparentemente intencionales, entre algunas orientaciones arquitectónicas y ciertos rasgos del paisaje circundante, tanto naturales como artificiales.

Los muros norte-sur del santuario superior de la Estructura I están alineados hacia la gigantesca pirámide Danta de El Mirador, Guatemala, visible en el horizonte sur, a 40 km de distancia (figura 15). En vista de que la cerámica de Calakmul mantiene una mayor relación con las tradiciones cerámicas del noreste del Petén guatemalteco que con las regiones del norte de la península de Yucatán (Domínguez 2008: 141ss; Boucher y Dzul 2006: 598), es muy probable que el alineamiento hacia El Mirador fuera intencional, reflejando las relaciones que mantenía Calakmul con las regiones al sur. Puesto que las vasijas estilo códice, fabricadas casi exclusivamente en la cuenca de El Mirador, eran producidas como copias locales en Calakmul, Boucher y Dzul (2006: 599) sugieren que estas imitaciones, con imágenes míticas que se remiten a orígenes cósmicos, pudieron servir para legitimar los intereses de sus gobernantes. Una interpretación comparable podría aplicarse al alineamiento hacia la voluminosa estructura preclásica de El Mirador, sobre todo si recordamos también que la dinastía Kaan, que en el Clásico Tardío gobernaba desde Calakmul, posiblemente tuvo su origen en El Mirador (Hansen *et al.* 2008; Martin 1997; Šprajc y Grube 2008: 273s) y que fue precisamente allí donde pudieron haberse originado los alineamientos del Grupo 1, al que pertenece la orientación de la Estructura I de Calakmul (Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009).

Al mismo tiempo, los muros norte-sur del santuario sobre la Estructura I están orientados aproximadamente hacia el cerro en el que se ubica el grupo Bu-1 del sitio arqueológico de Buenfil (N18°12'04.4", W89°46'51.2"; Šprajc y Flores 2008: 110, mapa A-3) y que se observa en el horizonte norte ($A = 14.97^\circ$; figura 16). Hacia el mismo cerro parecen estar orientadas también la Estructura III y la estructura principal (norte) del Grupo Noreste. Las últimas dos alineaciones en la actualidad no se pueden comprobar visualmente debido a la vegetación; sin embargo, según los cálculos basados en la cartografía, los azimuts de las líneas que conectan estas dos estructuras con el cerro referido son de 15.62° y 12.83° , respectivamente, muy cercanos a los azimuts medios determinados para los muros norte-sur de los dos edificios (tabla 1). Además, el eje este-oeste de la Estructura I, prolongado hacia el oriente, pasa por la parte alta de un cerro visible en el horizonte y ubicado a 11.7 km de distancia (N18°04'37", W89°42'07").

La Estructura II, delimitando la Plaza Principal por su costado sur, está orientada con su fachada principal hacia la cumbre de un cerro visible en el horizonte norte y ubicado a 13.5 km de distancia (N18°13'32.4", W89°47'23"); la línea visual hacia el cerro pasa también por el centro de la Estructura VII, localizada en el costado norte de la Plaza Principal (figura 17). Otro cerro se ubica a lo largo del eje este-oeste de la Estructura II en el horizonte oriente, a 11.3 km de distancia (N18°05'22", W89°42'15.8"), como se observa a lo largo de los muros norte tanto de la Estructura II-B como del edificio superior (figura 18). Hacia los mismos dos cerros parece estar orientada también la Estructura XIV, situada en el costado oriente del patio norte de la Gran Acrópolis. En este caso la correspondencia, de nuevo, no es observable en la actualidad debido a la vegetación;



Figura 15. Calakmul, Estructura I, vista hacia el sur a lo largo de la fachada poniente del santuario superior; nótese la alineación hacia la pirámide Danta de El Mirador (mejor discernible en la parte magnificada a la derecha). Foto: Ivan Šprajc.

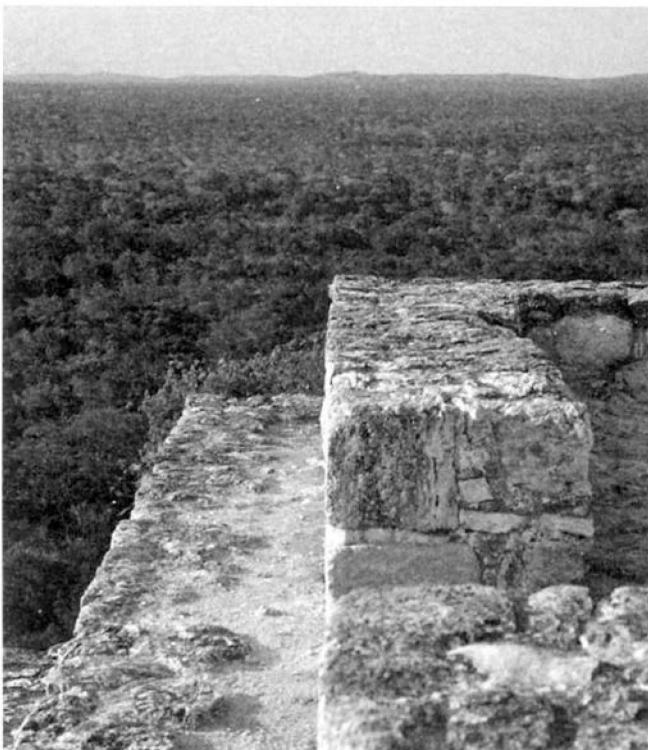


Figura 16. Calakmul, Estructura I, vista hacia el norte a lo largo de la fachada poniente del santuario superior; sobre el cerro en el horizonte se ubica el grupo Bu-1 del sitio arqueológico de Buenfil. Foto: Ivan Šprajc.



Figura 17. Calakmul, Estructura II, vista hacia el norte a través de la entrada central de la Estructura II-B, construida sobre el nivel intermedio del basamento; nótese la Estructura VII y el cerro al fondo, ambos ubicados a lo largo del eje de simetría de la entrada. Foto: Ivan Šprajc.

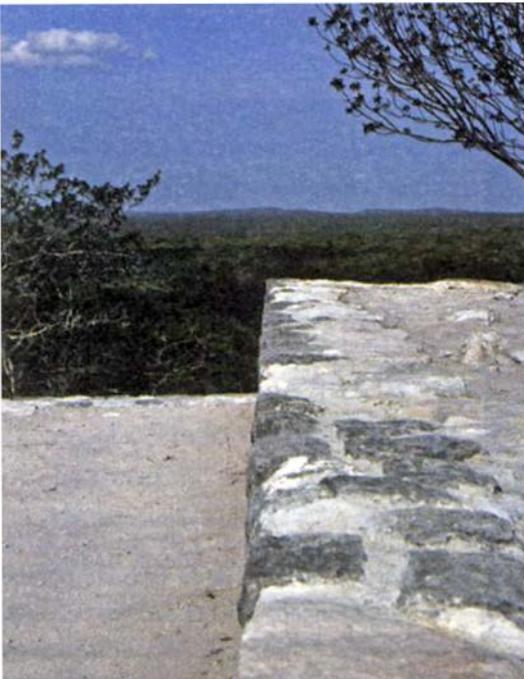


Figura 18. Calakmul, Estructura II, vista hacia el oriente a lo largo del paramento norte del edificio en la parte más alta, alineado hacia el cerro al fondo. Foto: Ivan Šprajc.

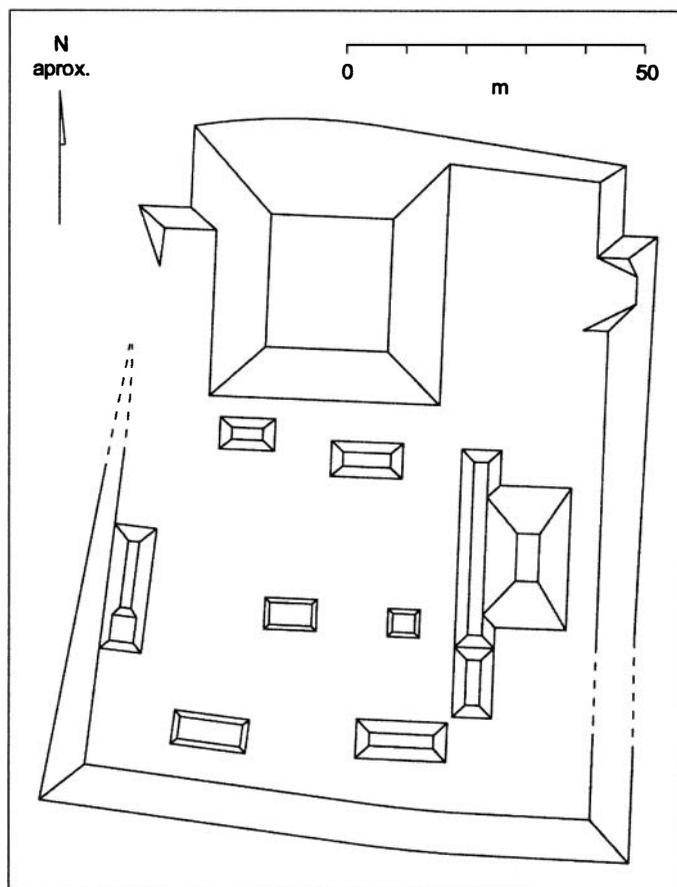


Figura 19. Croquis del sitio arqueológico Chanarturo. Ilustración: Ivan Šprajc.

sin embargo, según los cálculos basados en la cartografía disponible, los azimuts desde este edificio hacia los dos cerros mencionados hacia el norte y el oriente son de 10.1° y 99.9° , respectivamente, muy cercanos a los azimuts medios de los muros norte-sur y este-oeste de la estructura (tabla 1). Hacia el mismo cerro en el horizonte norte parece estar orientada también la Estructura 1 del Complejo Chiik Nahb: su azimuth medio norte-sur (tabla 1) es casi igual al azimuth calculado para la línea desde el edificio hacia el cerro (9.6°).

Puesto que la silueta de este cerro, observada en las fotos tomadas en 2010, sugería la presencia de nivelaciones artificiales, en abril de 2011 verificamos el lugar en el campo. En la parte alta del cerro, situado al suroeste de la carretera que conduce del poblado de Conhuás a Calakmul (a aproximadamente 1 km de distancia), encontramos una amplia plataforma alargada en dirección norte-sur, con varios edificios derruidos. Los lados de la plataforma, cuya altura en algunos puntos alcanza unos 5 m encima del terreno circundante, miden aproximadamente 110 y 80 m. En el lado norte de la plataforma se eleva un voluminoso basamento piramidal, de unos 10 m de altura sobre la plaza al sur, rodeada por estructuras de menores dimensiones (figura 19). Debido a que no se

observan detalles arquitectónicos expuestos y que tampoco encontramos material de superficie, la posición cronológica del sitio, que denominamos Chanarturo,²² no es evidente, pero una contemporaneidad general con Calakmul resulta probable (Šprajc y Sánchez 2011).

Habiendo varios casos, parece poco probable que las alineaciones hacia los cerros sean fortuitas, sobre todo si recordamos que la práctica de orientar edificios importantes hacia las cumbres prominentes del horizonte local fue bastante común en el centro de México (Šprajc 2001a: 57). No cabe duda de que algunas de estas orientaciones en Calakmul fueron, además, dictadas por consideraciones astronómicas, ya que pertenecen a grupos ampliamente difundidos; resulta evidente, por lo tanto, que los lugares para la construcción de estos edificios debieron ser cuidadosamente premeditados. Mientras que es bien conocido el significado de los cerros en la cosmovisión prehispánica, los alineamientos hacia la pirámide Danta de El Mirador y los cerros en los que se localizan Chanarturo y uno de los grupos del sitio de Buenfil posiblemente reflejan el deseo de los constructores de expresar una relación simbólica con los asentamientos o lugares de culto importantes en la región circundante.

CALICA (RANCHO INA), QUINTANA ROO, MÉXICO

La Estructura P-III-sub fue erigida en el Preclásico Tardío y modificada en periodos posteriores, mientras que la Estructura P-I y el Templo de Kisim son del Posclásico Tardío (Martos 1995, 2001, 2003).

El azimut de 307° que para la Estructura P-III-sub proporciona Martos (2003: 149) es probablemente magnético, pero bastante cercano al que determinamos nosotros (129.317°/309.317°; v. tabla 1). Cabe notar que la orientación que manifiesta este edificio piramidal preclásico parece haber sido rectora en este grupo arquitectónico durante muchos siglos, ya que es muy parecida a la de la Estructura P-I (v. tabla 1), construida en el Posclásico Tardío. Martos (2001, 2003: 170ss) menciona que la pintura mural en la Casa Azul, edificio interior y temprano de la Estructura P-I, manifiesta el simbolismo del agua y la fertilidad e incorpora elementos celestes, incluyendo símbolos del planeta Venus. Las características de la iconografía concuerdan con la ampliamente documentada relación conceptual entre Venus y la fertilidad en Mesoamérica (Šprajc 1996a, 1996b), pero la orientación de las Estructuras P-I y P-III-sub no tiene relación con los puntos significativos del planeta; posiblemente se refiere a la estrella Fomalhaut (tablas 1 y 6).

El azimut de 112°, que para el eje de simetría de la Estructura P-I proporciona Ruiz Gallut (2001: 286), no corresponde a la realidad: tan sólo observando el sitio en las imágenes de Google Earth (<http://www.google.com/earth/>), es

²² El nombre representa un homenaje al patrocinador de nuestro proyecto de investigación, Arturo Fonseca, de la empresa Foncar, SA de CV (Šprajc y Sánchez 2011; Sánchez y Šprajc 2012b).

posible detectar que este azimut es considerablemente más grande (cf. nuestro valor de $128.567^\circ \pm 2^\circ$: tabla 1).

La orientación del Templo de Kisim podría referirse a los extremos menores de la Luna, aunque también es posible que registrara las salidas del Sol en las fechas 13 de mayo y 1 de agosto, separadas por 80 (= 4×20) días (tablas 1 y 5).

CASTILLO REAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

La orientación de la Estructura C7-1-a, ubicada en la costa oriental de la isla de Cozumel y fechada en el Posclásico Tardío (Freidel y Sabloff 1984; Šprajc 2009), no pertenece a ninguno de los grupos prominentes que hemos identificado, pero posiblemente señalaba las salidas del Sol en las fechas 2 de febrero y 9 de noviembre, que delimitan un intervalo de 280 (= 14×20) días.

CHACCHOBEN, QUINTANA ROO, MÉXICO

Las diferentes etapas constructivas de la Estructura 1 “van desde el Clásico Temprano hasta el Posclásico Tardío, período al que pertenece el muro que se consolidó en la parte más alta del edificio” (Romero 1995: 1). Fue precisamente en la parte alta de la estructura donde realizamos las mediciones de las que derivan los datos presentados en la tabla 1, pero el edificio parece haber conservado la misma orientación desde el Clásico Temprano. Posiblemente marcaba las salidas del Sol el 19 de febrero y el 22 de octubre, separadas por el intervalo de 120 (= 6×20) días; sin embargo, en vista de que el acceso al edificio se ubica del lado poniente, parece aún más probable que registrara las puestas del Sol el 18 de abril y 26 de agosto, separadas por 130 (= 10×13) días (tabla 1). El azimut que determinamos para el eje este-oeste del edificio superior (101.52°) y que, prolongado hacia el poniente, pasa por el centro de la Estructura 24, es prácticamente igual al que medimos a lo largo del eje este-oeste del edificio adosado a la Estructura 1 de su lado poniente (101.77°) y fechado en el Posclásico (Romero 2000: 82). La orientación de éste sólo pudo ser astronómicamente funcional hacia el poniente, pero la declinación correspondiente no se puede establecer con precisión, ya que desconocemos la altura del edificio que antaño coronaba la Estructura 24; a manera de especulación, podemos anotar que, si hubiera alcanzado unos 4 m, su altura angular, observando desde el interior del edificio adosado a la Estructura 1, habría sido cerca de $1^\circ 20'$, marcando las posiciones del Sol en las fechas 20 de abril y 23 de agosto, separadas por el intervalo de 240 (= 12×20) días; estos dos registros caen 60 días después y antes del 19 de febrero y el 22 de octubre, fechas que posiblemente registraba la Estructura 1 en el horizonte oriente (tabla 1).

La orientación de la Estructura 24 no se puede determinar de manera confiable, por ser muy divergentes los azimuts que medimos a lo largo de sus paramentos, pero es posible que fuera igual a la de la Estructura 1. De ser así, su eje este-oeste prolongado hacia el oriente pasa por el centro de la Estructura 1; para el observador colocado en la parte alta de la Estructura 24, el Sol hubiera apa-

recido encima del santuario superior de la Estructura 1 ($A = 101.52^\circ$, $H = 2.35^\circ$, $\delta = -10.19^\circ$) en las fechas 22 de febrero y 20 de octubre, marcadas por el Grupo 2 de orientaciones solares (al que pertenece también la estructura oeste del Grupo I-D: *v. infra*), por lo que la alineación tal vez no es casual. Para un estrado con pintura mural, descubierto en el lado oriente del edificio, Romero *et al.* (2001: 456) anotan el azimut de 102° y, al encontrar referencias a Venus y la constelación de Orión en la iconografía, relacionan la orientación del estrado con las conjunciones del planeta con dicha constelación. No obstante, considerando que estos fenómenos pudieron observarse en tal dirección (azimut) sólo en ciertos periodos y que, en nuestra muestra de datos, los edificios orientados con azimuts de alrededor de 102° pertenecen a distintos periodos (tabla 1), la interpretación solar de estos alineamientos resulta mucho más probable.

Las estructuras este y oeste del Grupo I-D parecen pertenecer a los Grupos 1 y 2, respectivamente, de orientaciones solares (tablas 1, 7, 8 y 9).

Romero (2007: 338) menciona que el Monumento 1 en el Gran Basamento, que sostiene la Estructura 1, entre otras, “funcionó como marcador del solsticio de invierno”, pero no ofrece mayor detalle al respecto.

CHAKANBAKAN, QUINTANA ROO, MÉXICO

Las orientaciones pudieron determinarse para la pirámide Nohochbalam, fechada en el Preclásico Tardío, y el edificio de Xibalbá y el juego de pelota adyacente, del Clásico Temprano (Cortés 1997, 2000a, 2000b). La orientación de la pirámide pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares; la del edificio de Xibalbá, compartida por el juego de pelota, posiblemente marcaba los extremos lunares menores (tablas 1, 5, 7 y 8).

CHAMPERICO, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación de la Estructura 15-a no pertenece a ninguno de los grupos identificados (tabla 1), pero es probable que la orientación astronómicamente funcional fuera la de la Estructura 13, la pirámide más grande del sitio, ubicada inmediatamente al poniente. Debido a su estado actual, la orientación de este edificio no se puede determinar de manera confiable, pero es evidentemente similar a la de la Estructura 15-a, por lo que posiblemente pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tabla 7; Šprajc y Flores 2008: 34ss; Šprajc 2008b).

CHEN HO, YUCATÁN, MÉXICO

Las orientaciones de las Estructuras E-II-2, E-III-1 y E-III-2, fechadas en el Clásico Temprano (Velásquez 1995), no pudieron determinarse con precisión, pero las primeras dos parecen corresponder a los Grupos 5 y 7 de orientaciones solares (tablas 1 y 7), mientras que la tercera probablemente marcaba las salidas del Sol en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, separadas por 120 (= 6×20) 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 (tabla 1).

CHEYOKOLNAH, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación de la Estructura 1-a, construida en el Clásico Temprano o Tardío (Šprajc y Flores 2008: 81ss; García López 2008; Šprajc 2008b), pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8).

CHICAANTICAANAL, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación de la Estructura 1, pirámide que forma parte de un conjunto del tipo Grupo E y, por ello, tentativamente fechada en el Clásico Temprano, pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8; Šprajc y Flores 2008: 89ss; Šprajc 2008b).

CHICANNÁ, CAMPECHE, MÉXICO

Las orientaciones de los edificios de este sitio, todos del Clásico Tardío y Terminal (Potter 1977: 62ss; Gendrop 1983, 1987; Bueno 1999; Carrasco 1994), se discuten con detalle en otro estudio (Šprajc 2004a).

Las Estructuras I y II pertenecen a los Grupos 3 y 8, respectivamente, de orientaciones solares (tablas 1, 7, 10 y 11). Puesto que las orientaciones del Grupo 8 marcaban las puestas del Sol en los días de cuarto del año, cabe notar que la Estructura II, ubicada en el costado oriente de la plaza principal, pudo ser funcional hacia el poniente sólo si fue construida antes que la Estructura I, que se localiza en el lado opuesto de la plaza y actualmente obstruye la vista en esta dirección; según el esquema cronológico de Gendrop (1987: 48), la Estructura I es, en efecto, ligeramente más tardía que la II. Por otra parte, la orientación de la Estructura I pudo ser funcional tanto hacia el poniente como hacia el oriente (recordemos que las fechas señaladas por las orientaciones del Grupo 3 tienden a delimitar un intervalo significativo en uno u otro horizonte, por lo que su direccionalidad no es evidente: tablas 7 y 10), incluso al estar construida la Estructura II, ya que el eje de simetría de la entrada central de la Estructura I, prolongado hacia el oriente, pasa ligeramente al sur del borde sur de la Estructura II.

La orientación de la Estructura XX, orientada con su fachada principal hacia el sur, es casi exactamente cardinal, lo que quizá no sea fortuito. Sin embargo, hay que advertir que el azimut este-oeste que aparece en la tabla 1 corresponde a un pasillo que atraviesa la parte frontal e inferior del edificio, mientras que para las observaciones astronómicas pudieron ser mucho más idóneos dos cuartos localizados en los lados oriente y poniente de la parte superior: los azimuts medidos a lo largo de los ejes de simetría de sus entradas resultaron ser 88.217° y 271.333° , correspondiendo a las declinaciones 1.517° y 1.083° , respectivamente. Aunque los azimuts no se pueden determinar con mucha precisión, es probable que ambos cuartos fueran destinados para registrar las posiciones del Sol en los días de cuarto del año (Šprajc 2004a).

CHICHÉN ITZÁ, YUCATÁN, MÉXICO

Las estructuras medidas en Chichén Itzá datan de los periodos Clásico Terminal y Posclásico Temprano (Schmidt 1994, 1999; Boot 2000; Ringle 2009; Ringle y Bey 2009; Andrews *et al.* 2003; Cobos 2001). Las orientaciones en la arquitectura de este sitio se discuten exhaustivamente en otro lugar (Šprajc y Sánchez 2013b), por lo que aquí sólo presentamos un resumen.

Los datos sobre la orientación del Castillo anotados en la tabla 1 corresponden al santuario superior (la subestructura del Castillo parece tener la misma orientación). El azimut norte representa el promedio de los azimuts medidos a lo largo de las fachadas este y oeste, mientras que el azimut este corresponde a la fachada principal (norte). La orientación pertenece al Grupo 11 de orientaciones solares (tablas 1 y 7, figura 20).

El azimut de la fachada sur (113.695°) corresponde a las declinaciones este y oeste -22.354° y 21.811° , es decir, a las salidas del Sol el 8 de enero y el 3 de diciembre y a sus puestas el 30 de mayo y el 14 de julio. Aunque el intervalo largo que separa las fechas de puesta del Sol correspondientes es 320 ($= 16 \times 20$) días, es dudosa la intencionalidad de esta alineación, considerando que el único paralelo conocido lo representa el Templo de las Inscripciones en Palenque, que marca las puestas del Sol en el mismo par de fechas (tabla 1).

La orientación del Castillo ha sido relacionada por varios investigadores con las puestas del Sol en las fechas de su tránsito cenital (Milbrath 1988a, 1988b, 1999: 66ss; Aveni, Milbrath y Peraza 2004: 136), así como con sus salidas en los días de su paso por el nadir o anticenit (Milbrath 1988a, 1988b). Los azimuts de la entrada poniente y la fachada sur del santuario superior corresponden aproximadamente a las puestas del Sol en los días de su paso cenital, mientras que el azimut de la fachada norte podría relacionarse con los días de su tránsito por el nadir (Šprajc y Sánchez 2013b: 41s, tabla 1). Sin embargo, a la luz de los argumentos expuestos en el capítulo 3.2.3, es poco probable que fueran éstos los eventos que registraba El Castillo. Nuestra propuesta de que la orientación astronómicamente funcional fue la de la fachada norte se apoya no sólo en el hecho de que se trata de la fachada principal del edificio sino también en otras orientaciones que componen el Grupo 11 y entre las que destaca la del Castillo de Tulum (figura 44).

El fenómeno más famoso relacionado con El Castillo es, indudablemente, el efecto de luz y sombra que se produce antes de la puesta del Sol sobre la balaustrada norte de la pirámide en los días cercanos a los equinoccios, dando la impresión del descenso de una serpiente de cascabel con triángulos dorsales iluminados (Rivard 1969; Arochi 1976; Carlson 1999). Las cabezas de los ofidios que adornan las bases de la escalinata norte hacen este efecto aún más persuasivo. Como ya argumentamos (Šprajc y Sánchez 2013a: 328s, 2013b: 45s), la idea de que los constructores del Castillo querían registrar los equinoccios, no obstante su popularidad, resulta altamente improbable. Entre los argumentos más contundentes cabe destacar que el fenómeno no cambia mucho durante unos días

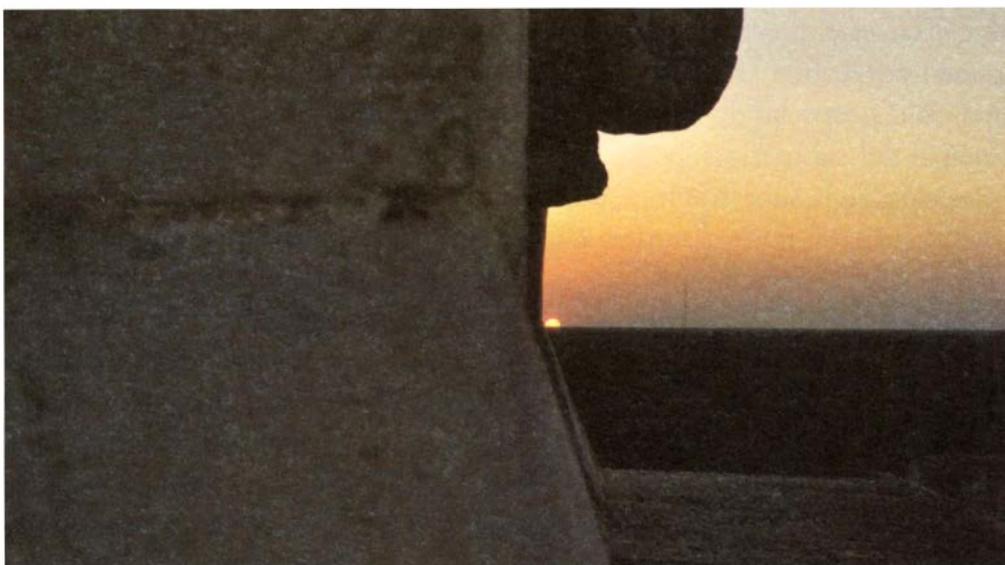


Figura 20. Chichén Itzá, El Castillo, puesta del Sol a lo largo de la fachada norte del santuario superior el 21 de mayo de 2011. Nótese que el disco solar se encuentra ligeramente a la derecha (al norte) de la fachada, porque la fecha exacta de la alineación fue el 20 de mayo. Foto: Ivan Šprajc.

antes y después del equinoccio (Aveni, Milbrath y Peraza 2004: 130s) y que la iluminación más atractiva de la balaustrada se produce aproximadamente una hora antes de la puesta del Sol, por lo que resulta imposible determinar —aun suponiendo la intencionalidad del efecto— cuál era la fecha que los constructores habrían querido conmemorar; incluso para ellos habría sido imposible fijar cualquier fecha tan sólo mediante la observación de este fenómeno. Si el juego de luz y sombra en El Castillo de Chichén Itzá es resultado de un diseño arquitectónico consciente, sólo pudo haber tenido una función simbólica (como fue propuesto también por Aveni, 2001: 295, 298ss), pero en tal caso es poco probable que los días celebrados hayan sido los equinoccios. Como ya expusimos en el capítulo 3.2.2, entre las orientaciones en las tierras bajas mayas no existe ningún grupo que tienda a marcar las fechas equinociales; el grupo más cercano es el que registra las puestas del Sol en los días de cuarto del año, 23 de marzo y 21 de septiembre, por lo que es más probable que también el efecto de luz y sombra en El Castillo —de haber sido logrado a propósito— fuera destinado a marcar estas fechas. En esta relación recordemos que las cuatro escalinatas del edificio —si es que efectivamente tenían 91 escalones cada una, como menciona Landa (Tozzer 1941: 178)—,²³ podrían ser una alusión a la división del año en cuatro periodos iguales, pero en esta división no están involucrados los equinoccios verdaderos sino las fechas 23 de marzo y 21 de septiembre. Incluso

²³ En su comentario, Tozzer (1941: 178, nota 934) afirma que Stephens “counted the steps as ninety-one which is the correct number.” En realidad, Stephens (1943: capítulo XVII) menciona 90 escalones, refiriéndose sólo a la escalinata norte.

si había cabezas de serpiente al pie de cada escalinata, lo que también fue mencionado por Landa (*ibid.*), aunque nunca confirmado arqueológicamente, la importancia especial de la dirección norte es indicada no sólo por la entrada principal del santuario superior mirando hacia el norte, sino también por la disposición de la subestructura, cuya única escalera desciende desde el templo superior hacia el norte (Carlson 1999: 140s). Si la importancia de la escalera norte refleja el deseo de los constructores de presenciar el descenso de la serpiente iluminada cerca de la *puerta* del Sol, como lo sugirió Rivard (1969: 52), esto estaría de acuerdo con los resultados de nuestros análisis, según los cuales las orientaciones registraban los días de cuarto del año en el horizonte *poniente*.

Según Ponce de León (1991: 430s), el Sol equinoccial alcanza la altura equivalente a la inclinación de la escalinata oeste del Castillo precisamente cuando su azimut coincide con el de la escalinata; en otras palabras, en los equinoccios los rayos del Sol ascendente rasan la escalera en el momento en que se alinean con su eje. Es interesante, sin embargo, que este autor menciona varios templos mesoamericanos en los que pudo haberse observado el fenómeno del “Sol rasante”, pero en otros casos los azimuts y las inclinaciones de las escalinatas corresponden a las declinaciones solares en los días de cuarto del año. El Castillo de Chichén Itzá lo lleva a inferir, por lo tanto, que el conocimiento del equinoccio verdadero quizá fuese adquirido apenas durante el Posclásico (*ibid.*: 431, nota 17). Aunque se trata de una hipótesis interesante, faltan evidencias adicionales para apoyarla. También hay que recordar que el efecto del “Sol rasante” no es fácil de observar y difícilmente hubiera permitido determinar las fechas intencionadas con precisión; podría haber tenido, sin embargo, un significado simbólico, y los casos analizados por Ponce de León hacen patente la necesidad de investigaciones sistemáticas adicionales, que arrojarían luz sobre la validez de la hipótesis del “Sol rasante”.

El azimut este-oeste del Osario (tabla 1) corresponde al eje de simetría indicado por las columnas serpentinas y las jambas de la entrada en el lado oriente del edificio superior. A lo largo de este eje prolongado hacia el oriente se localizan, recalcando su importancia, una plataforma redonda, la Plataforma de Venus del Osario, la Plataforma de las Tumbas y un *sacbé*, que conduce hasta un templo inmediatamente al norte del cenote Xtoloc, a unos 200 m de distancia de la pirámide del Osario (*cf.* Schmidt 1999: 36). Es probable que el propósito de los constructores fuera registrar las salidas del Sol en las fechas 4 de febrero y 5 de noviembre, separadas por el intervalo de 91 (= 7×13) días (figura 21); quizá no sea fortuito que una de las dos fechas inscritas en una de las columnas de este edificio, para la que se determinó la posición 10.8.10.6.4 en la Cuenta Larga, corresponde en el calendario gregoriano proleptico (según la constante de correlación 584283) al 4 de febrero de 998 d.C. (Graña-Behrens *et al.* 1999; Ringle y Bey 2009: 343). Aunque la orientación no pertenece a ninguno de los grupos prominentes, llama la atención que también el Templo de la Serie Inicial y el Templo Superior de los Jaguares de Chichén Itzá registra-

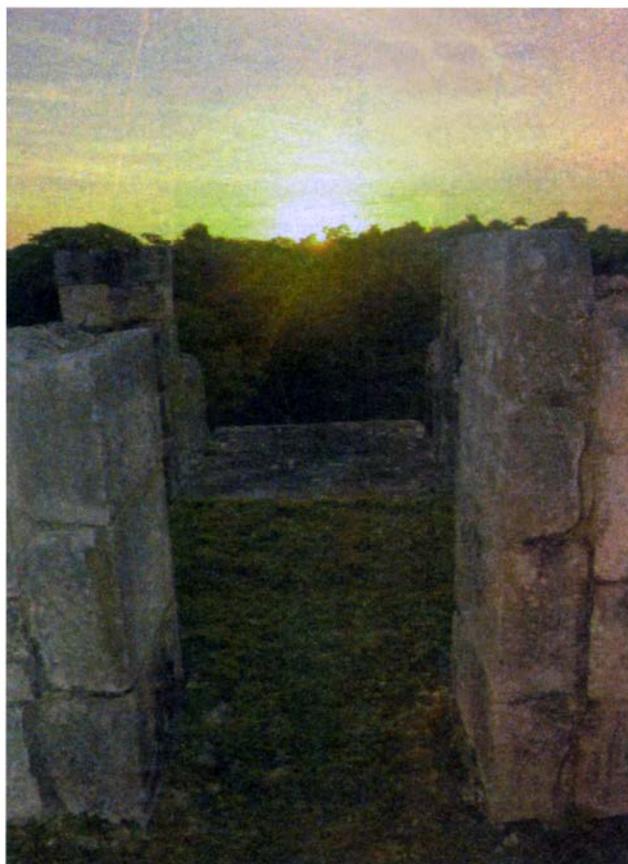


Figura 21. Chichén Itzá, Osario, salida del Sol el 6 de noviembre de 2014, observada a lo largo del eje de simetría del edificio superior. Foto: Héctor Montaña, INAH.

ban fechas separadas por un intervalo de 91 días, aunque en el horizonte poniente. Estos dos edificios pertenecen al Grupo 9 de orientaciones solares (tabla 7); gracias al estado de conservación de los elementos arquitectónicos, el eje de simetría del Templo Superior de los Jaguares sigue señalando las fechas correspondientes, 7 de mayo y 6 de agosto, con precisión (figura 22). Agreguemos que, si bien la orientación del Templo de la Serie Inicial, considerando el error estimado, podría referirse a los extremos menores de la Luna (tabla 5), tal relación resulta improbable, ya que la orientación del Templo Superior de los Jaguares es muy parecida, pero determinable con precisión, por lo que no puede relacionarse con la Luna.

El azimut este-oeste del Templo Superior de los Jaguares, citado en la tabla 1 y medido a lo largo del eje central del edificio, claramente marcado por las columnas serpentinas y las jambas de la entrada al aposento interior, difiere notablemente de los valores $16^{\circ}06'$, 286° , $285^{\circ}39'$ y $285^{\circ}46'$, publicados por Aveni (1991: 351), Aveni y Hartung (1986: 74), Milbrath (1988a: 64), Galindo (2000: 235) y Galindo *et al.* (2001: 261). Considerando que el Templo Superior de los Jaguares forma parte del edificio este del Juego de Pelota Grande y que, según nuestras mediciones, todo el conjunto arquitectónico exhibe la misma orientación —observable también en los planos publicados—, llama la atención que el azimut de $16^{\circ}06'$ atribuido por Aveni (1991: 351) y Aveni y Hartung

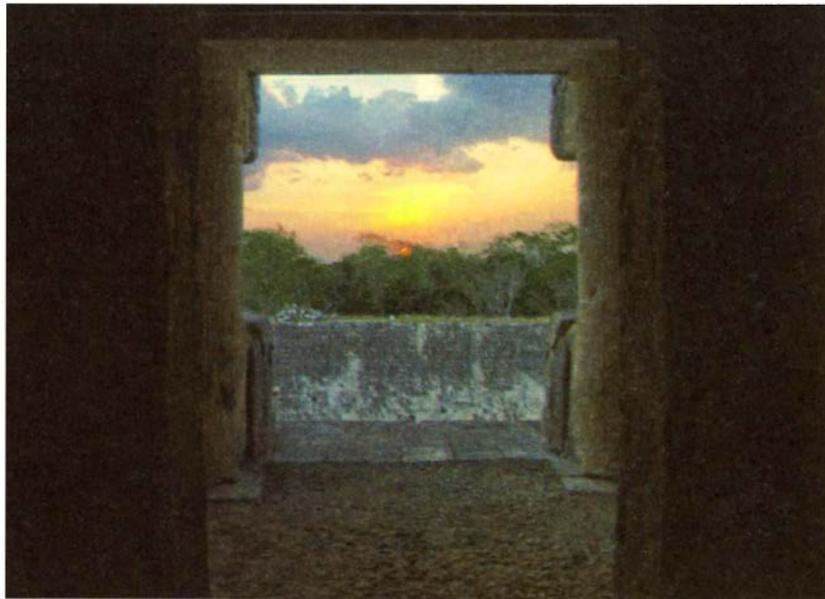


Figura 22. Chichén Itzá, Templo Superior de los Jaguares, puesta del Sol el 7 de mayo de 2011. Foto: Ivan Šprajc.

(1986: 74) al Templo de los Jaguares discrepa del valor $17^{\circ}24'$ que le asignan al Juego de Pelota Grande. Este último es prácticamente igual al azimut norte-sur que determinamos nosotros para el Templo Superior de los Jaguares y casi perpendicular al que medimos a lo largo del eje este-oeste del edificio (tabla 1). La orientación del templo ha sido relacionada con las puestas del Sol en los días de su tránsito cenital (Milbrath 1988a: 63ss, 1988b: 29s) y, por otra parte, con las puestas del Sol en las fechas 29 de abril y 12 de agosto (Galindo 2000, 2001b; Galindo *et al.* 2001); ambas afirmaciones son, a la luz de los resultados de nuestras mediciones, confirmados observacionalmente (figura 22), incorrectas.²⁴

Cabe notar que algunos autores relacionaron los motivos iconográficos en el dintel de madera y en los murales del Templo Superior de los Jaguares con los ciclos del Sol y de Venus (Baudez y Latsanopoulos 2010: 3; Milbrath 1999: 183, 196), por lo que podría ser significativo que los extremos máximos norte de Venus, visibles en intervalos de 8 años en el horizonte poniente, ocurran a principios de mayo (capítulo 3.2.4; *cf.* Šprajc 1996a: tabla 1), muy cerca de la fecha de puesta del Sol registrada por el edificio (tabla 1, figura 22).

El eje de simetría este-oeste del Templo de los Guerreros, prolongado hacia el poniente, pasa exactamente por el borde sur del Templo Superior de los Jaguares (figura 23), en lo que podemos ver una alineación intencional (*cf.* Ringle 2009: 16). La orientación pertenece al Grupo 10 de orientaciones solares, re-

²⁴ La puesta del Sol en los días del tránsito cenital ocurre unos 4° al norte del eje del edificio. Las fotos publicadas por Milbrath (1988a: figs. 4 y 5, 1988b: figs. 4 y 5), en las que la luz solar en el día del paso cenital ilumina el interior del Templo Superior de los Jaguares, fueron evidentemente tomadas mucho antes de la puesta, cuando el Sol, estando a lo largo del eje del edificio, todavía tenía altura considerable.

gistrando las puestas del Sol el 13 de mayo y el 1 de agosto (tablas 1 y 7; figura 23), aunque también podría relacionarse con los extremos lunares menores (tabla 5). Prolongado hacia el oriente, el eje del edificio pasa por una pequeña prominencia visible a unos 2 km de distancia; en vista de su ubicación, es posible que se trate de una estructura del pequeño sitio arqueológico de Kaanum (Garza y Kurjack 1980). El Templo de los Guerreros comparte su orientación con el adyacente Templo de las Mesas.

La orientación de la Casa Colorada, prácticamente igual a la del juego de pelota anexo, pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). El Edificio de las Monjas parece haber señalado las puestas del Sol en las fechas 11 de abril y 1 de septiembre, separadas por el intervalo de 143 (= 11×13) días (tabla 1); de ser así, se trata de una versión del Grupo 4 (tabla 7). La orientación del Palacio de los Falos podría relacionarse con los extremos lunares menores (tabla 5), aunque también es posible que marcara las puestas del Sol separadas por el intervalo de 78 (= 6×13) días (tabla 1).

Un calendario observacional que pudo haber estado en uso en Chichén Itzá se presenta en la tabla 13; los intervalos que lo componen, con excepción del de 66 días, son múltiplos de 13 días.

De acuerdo con el enfoque metodológico que adoptamos (capítulo 2.1), los alineamientos que no constituyen ejes claramente indicados en los edificios quedaron excluidos de nuestros análisis. Al no tener una muestra significativa de casos análogos, no es posible sugerir la intencionalidad astronómicamente motivada de tales alineamientos, por lo que no incluimos El Caracol de Chichén Itzá que, además de ser un edificio de planta redonda, está construido sobre dos plataformas irregulares y con orientaciones diferentes. Aveni, Gibbs y Hartung (1975) determinaron los ejes de las escalinatas que conducen a las plataformas; también trazaron diversas líneas a lo largo de las entradas del edificio y de los orificios que se conservan en la torre superior, sugiriendo varios eventos astronómicos con los que podrían relacionarse estos alineamientos (salidas y puestas del Sol en ciertas fechas, de Venus en sus extremos y de algunas estrellas). Las hipótesis son viables, y la relación del edificio con el culto a Kukulcán, deidad vinculada con Venus, representa un dato contextual que hace particularmente probable la presencia de alineamientos venusinos. En general, sin embargo, hay que decir que varios de los alineamientos discutidos no pueden medirse con precisión²⁵ y que su propuesta función astronómica resulta cuestionable sobre todo porque no conocemos otros edificios que fueran del mismo tipo y que a la vez incorporaran alineamientos comparables.²⁶

²⁵ El problema es particularmente notable en el caso de las entradas y las ventanas en la torre: debido a sus formas, los azimuts de las diagonales trazadas a distintas alturas varían considerablemente.

²⁶ Con base en estos y otros argumentos, las interpretaciones de Aveni, Gibbs y Hartung (1975) han sido severamente cuestionadas por Schaefer (2006a: 42ss; 2006b); no obstante, su crítica, aunque contiene elementos difícilmente refutables, en general nos parece excesiva, incluyendo también afirmaciones claramente objetables (cf. respuestas de Aveni, 2006a, 2006b).

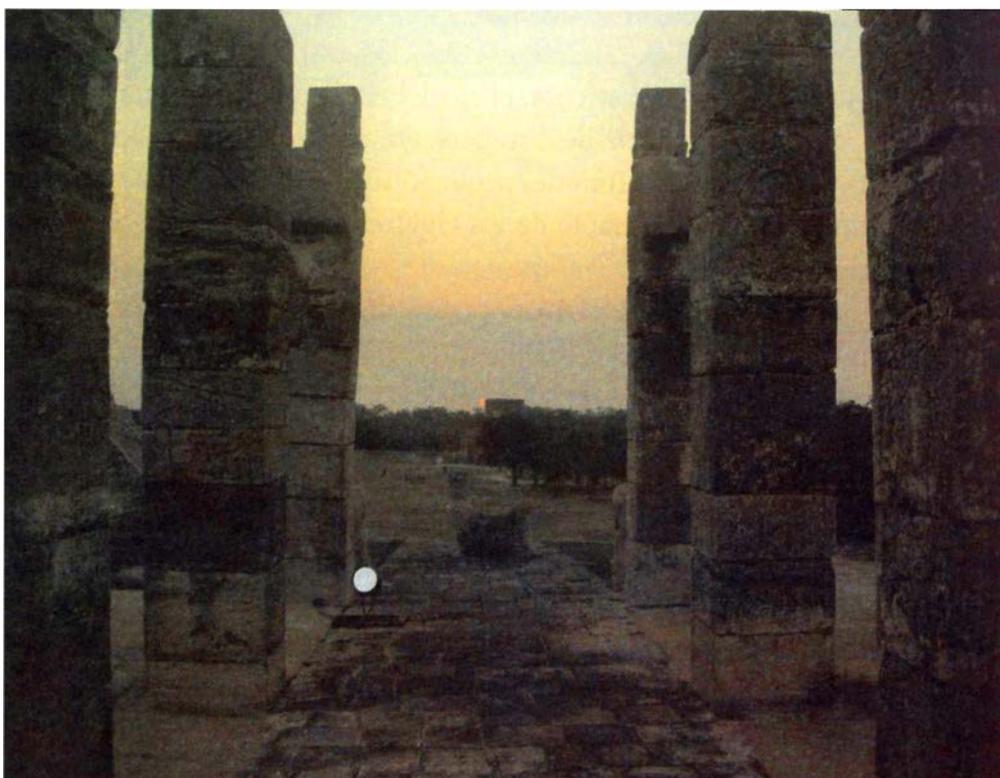


Figura 23. Chichén Itzá, Templo de los Guerreros, puesta del Sol el 13 de mayo de 2011. Foto: Ricardo Náfate, Zona Arqueológica de Chichén Itzá.

TABLA 13
ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL
DE CHICHÉN ITZÁ

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
El Osario	salida del Sol	4-feb	91	5-nov
Edificio de las Monjas	puesta del Sol	11-abr	66 65	1-sep
Templo de la Serie Inicial, Templo Sup. de los Jaguares	puesta del Sol	7-may	26 26	6-ago
El Castillo, fachada norte	puesta del Sol	20-may	13 13	24-jul
			65	

CHINIKIHÁ, CHIAPAS, MÉXICO

El sitio ha sido objeto de intensas investigaciones recientes (Liendo 2007; Liendo *et al.* 2009, 2011), pero las estructuras permanecen sin excavar. La única que tiene elementos expuestos medibles es la Estructura A-9 o Gran Pirámide, una de las más importantes del sitio, construida en la ladera norte del cerro al sur de la plaza principal. La orientación del edificio puede asignarse al Grupo 3 o al Grupo 5 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 10).

COBÁ, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos pertenecen a los periodos Clásico y Posclásico (Navarrete *et al.* 1979; Benavides 1981; Graham y von Euw 1997; Con 2007).

Los datos sobre la orientación de la pirámide de Nohoch Mul (tabla 1) corresponden al edificio superior, que data del Posclásico, pero los taludes del basamento piramidal, que es más temprano, manifiestan aproximadamente la misma orientación, quizá relacionada con la estrella Fomalhaut (tabla 6).

La orientación del Templo de los Frescos fue medida en el edificio superior, que data del Posclásico, pero el basamento, fechado en el Clásico Tardío (Con 2007: 32), posee la misma orientación, compartida también por otras estructuras aledañas que componen el Grupo D. El referente astronómico de esta orientación, que no se puede establecer con precisión, no es evidente, pero los datos que obtuvimos (tabla 1) son parecidos a los publicados por Galindo (2001a), cuyas interpretaciones de diversos alineamientos incorporados en el edificio se relacionan ante todo con las posiciones estelares.

La orientación del edificio de Xaibé pertenece al grupo posiblemente relacionado con los extremos mayores de la Luna (tabla 4). Sin embargo, considerando que en todo el sector norte del núcleo del Cobá, que se extiende entre los grupos D y Nohoch Mul, encontramos orientaciones semejantes, es posible que un solo edificio, probablemente la pirámide de Nohoch Mul, fuera observacionalmente funcional y que las demás orientaciones fueran tan sólo ajustadas, de manera aproximada, a la orientación rectora.

La orientación de La Iglesia en el Grupo B pertenece al Grupo 5 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

COMALCALCO, TABASCO, MÉXICO

Dos grupos de orientaciones que se observan en el sitio parecen haber sido regidas por el Templo 1 y la Estructura 3 de la Acrópolis, fechados en el Clásico Tardío (Piña Chan 1992; Armijo 2003; Armijo y Gallegos 2007, 2008; Armijo y Millán-Ruiz 2002).

Las estructuras que rodean la Plaza Norte manifiestan orientaciones muy parecidas, evidentemente dictadas por la del Templo I, que pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). Otro grupo de orientaciones domina la parte sureste del núcleo del sitio: tanto los edificios de la Gran Acrópolis como los adyacentes Templos VI y VII comparten orientaciones semejantes. En este caso la orientación rectora y observacionalmente funcional debe haber sido la de la Estructura 3, que ocupa el lugar más elevado de la Gran Acrópolis y cuyo eje este-oeste puede relacionarse con las salidas o puestas del Sol en los solsticios. Aunque la orientación intencionada de este edificio no se puede determinar con mucha precisión debido a su estado actual, es probable que señalara las puestas del Sol en los solsticios de junio, ya que la declinación que le corresponde en el horizonte oeste es más cercana a la declinación solar en el solsticio de verano que la declinación este al valor que alcanza el Sol en el

TABLA 14
ESQUEMAS DE DOS POSIBLES CALENDARIOS OBSERVACIONALES
DE DZIBANCHÉ

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Kinichná, Templo del Jaguar Grupo Lamay Pequeña Acrópolis	salida del Sol	feb 22	125	oct 20
	salida del Sol	mar 14	20 20	sep 30
	puesta del Sol	abr 23	40 40	ago 21
			120	

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Grupo Tutil, Estructuras T1 y T2 Templo de los Dinteles	salida del Sol	feb 19	120	oct 22
	puesta del Sol	may 10	80 80	ago 3
			85	

solsticio de invierno (tablas 1 y 2); además, la estructura mira con su acceso hacia el poniente.

DZIBANCHÉ, QUINTANA ROO, MÉXICO

Las estructuras medidas en este sitio pertenecen al Clásico Temprano y Tardío (Nalda 2000, 2005; Nalda y Campaña 1998; Nalda y Balanzario 2005).

Observando desde la Estructura 1 (Templo del Búho), que delimita la Plaza Xibalbá por su costado oriente, la crestería de la Estructura 2 (Templo de los Cormoranes), en el lado opuesto de la plaza, obstruye la vista hacia el horizonte poniente. Sin embargo, esta última fue construida en el Clásico Tardío, mientras que la Estructura 1 data del Clásico Temprano (Nalda y Campaña 1998: 39s), por lo que su orientación hacia el poniente pudo ser astronómicamente funcional al menos un tiempo después de su construcción; la altura del horizonte poniente citada en la tabla 1 es, por lo tanto, la del horizonte natural a lo largo del alineamiento. La orientación no pertenece a ninguno de los grupos prominentes, pero parece que marcaba las puestas del Sol en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, separadas por el intervalo de 260 días; las orientaciones que pueden relacionarse con este par de fechas son relativamente pocas en nuestra muestra, pero comunes en el centro de México (Šprajc 2001a: 107ss).

Podemos notar que las orientaciones de las Estructuras 13 y 16 en la Plaza Gann, ambas del Clásico Temprano (Nalda y Campaña 1998: 39), son muy parecidas a la de la Estructura 1, pero también lo es la de la adyacente Estructura 4, palacio alargado en el costado sur de la plaza Xibalbá. Tanto éste como la Estructura 3, otro edificio palaciego en el lado opuesto de la plaza, al parecer datan del Clásico Tardío (Nalda 2000: 55); sin embargo, la orientación de la Estructura 3 es notablemente diferente, inusual en Dzibanché —como ya ob-

servó Nalda (*ibid.*)— pero común en el área maya, ya que pertenece al Grupo 3 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 10). En la tabla 1 omitimos los datos que corresponden al azimut de la Estructura 3 hacia el este, ya que la vista en esta dirección queda obstruida por el edificio adyacente y el contiguo talud norte de la Pequeña Acrópolis (v. mapa en Nalda y Campaña 1998: fig. 6). Es decir, la orientación de la Estructura 3 sólo pudo ser funcional hacia el poniente; probablemente marcaba las puestas del Sol en las fechas 13 de abril y 31 de agosto, separadas por 140 (= 7×20) días.

Asimismo omitimos, en la tabla 1, los datos correspondientes al azimut hacia el este de la Estructura 2 (Templo de los Cormoranes), que representa un caso análogo: a lo largo de su eje central prolongado hacia el oriente se eleva por encima de la línea del horizonte natural la Estructura 1, que alcanzó su altura actual antes del Clásico Tardío, cuando se construyó la Estructura 2 (Nalda 2000: 52ss; Nalda y Campaña 1998: 39s). Además, en el templo superior de la Estructura 2, cuya entrada está abierta hacia la Plaza Gann al poniente, no se advierten elementos que permitieran observar los eventos astronómicos en el horizonte oriente, mientras que en la dirección opuesta la orientación corresponde aproximadamente a los extremos menores de la Luna (tabla 5). Orientaciones muy parecidas a la de la Estructura 2 las exhiben la Estructura 11, ubicada en el costado sur de la Plaza Gann y también fechada en el Clásico Tardío (Nalda 2000: 57s), y los edificios que encierran un patio al noreste de la Estructura 2 e inmediatamente al noroeste de la Pequeña Acrópolis.

Es posible que también la orientación de la Estructura 6 (Templo de los Dinteles) se relacionara con las paradas menores de la Luna (tabla 5); la otra posibilidad es que señalara las salidas del Sol separadas por el intervalo de 78 (= 6×13) días, o sus puestas separadas por el intervalo de 280 (= 14×20) días (tabla 1). La altura del horizonte oriente que corresponde a este edificio en la tabla 1 es la del horizonte natural, pero el eje este-oeste del edificio, prolongado hacia el oriente, parece atravesar el llamado Edificio Desconocido, un complejo arquitectónico no explorado a unos 200 m de distancia (v. mapa en Nalda y Campaña 1998: fig. 6), cuyo contorno tal vez rebasaba ligeramente la línea del horizonte natural.

El Templo del Jaguar del grupo Kinichná pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9). Las Estructuras T1 y T2 del grupo Tutil probablemente marcaban las salidas del Sol el 19 de febrero y el 22 de octubre, separadas por 120 (= 6×20) días y registradas también por edificios en otros sitios. El mismo intervalo separa las fechas 23 de abril y 21 de agosto, registradas en el horizonte poniente por la Pequeña Acrópolis; el largo pasillo en su parte alta, a lo largo del cual fue determinado el azimut este-oeste, parece haber sido particularmente idóneo para las observaciones. Aunque la orientación de la Pequeña Acrópolis no pertenece a ninguno de los grupos prominentes, su función astronómica es probable, ya que algunos edificios en otros sitios (p. ej. la Estructura A-1 de Dzibilnocac, la Estructura 3A de El Rey, la Estructura 1 de El Tigre, la Estructura Q-152 —Templo Redondo— de Mayapán y la Estructura E-6 de

Yaxnohcah) aparentemente señalaban las mismas fechas (tabla 1). La orientación del grupo Lamay tampoco es común, pero posiblemente registraba los ortos solares en las fechas separadas por 200 (= 10 × 20) días (tabla 1).

Las fechas que probablemente señalaban diversas estructuras de Dzibanché pueden incorporarse en dos hipotéticos calendarios observacionales, compuestos mayormente por múltiplos de 20 días (tabla 14).

DZIBILCHALTÚN, YUCATÁN, MÉXICO

Las estructuras medidas en este sitio pertenecen al Clásico Tardío y Terminal (Andrews y Andrews 1980; Stuart *et al.* 1979; Maldonado 2002, 2006, 2007; Maldonado *et al.* 2002; Maldonado y Echeverría 2010).

La orientación del Templo de las Siete Muñecas (Estructura 1-sub) pertenece al Grupo 8 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 11). Los datos anotados en la tabla 1 representan valores medios de los azimuts medidos a lo largo de los muros del edificio, pero son los pares de ventanas y de orificios en los muros oriente y poniente los que probablemente conforman alineamientos astronómicamente funcionales, produciendo un interesante juego de luz y sombra en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre, ± 1 día). Los rayos solares que en las tardes pasan por las ventanas en el muro poniente forman, en el interior del edificio, dos cuadriláteros iluminados que van subiendo por las paredes del muro oriente hasta que desaparecen a la altura de las ventanas; en los días de cuarto del año, cuando el Sol se pone a lo largo de los ejes de ambos pares de ventanas, los cuadrados proyectados desaparecen exactamente alineados con las dos ventanas en el muro oriente. Al mismo tiempo, la luz proyectada por los pequeños agujeros colocados encima de las ventanas en el muro poniente se alinea con los orificios correspondientes del muro opuesto (v. detalles en Šprajc 1995).

La idea muy difundida, aunque nunca sustentada con argumentos contundentes, es que el Templo de las Siete Muñecas registra las salidas del Sol en los equinoccios astronómicos. Las ya famosas fotografías del Sol equinoccial enmarcado por las entradas oriente y poniente del edificio contribuyen a la popularidad del evento, pero al parecer a nadie le importa que la orientación axial del templo, desviada aproximadamente 1° en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales, no corresponde a las posiciones equinociales del Sol en el horizonte y que las mismas fotos pueden tomarse desde diferentes puntos y en varios días consecutivos, pero sólo después de que el Sol haya alcanzado una altura considerable arriba del horizonte. Dado que la calzada que conduce del templo hacia el oeste (Sacbé 1) está desviada 1°40' al norte del oeste verdadero,²⁷ y porque su eje central extendido hacia el este pasa a unos

²⁷ El azimut de 93°30' que para la calzada proporcionan Coggins y Drucker (1988: 18) es engañoso: aproximadamente corresponde a la línea que conecta la Estructura 66 con la Estructura 1-sub, pero los dos edificios no se encuentran en los extremos de una sola calzada. Mientras que el Sacbé 1 co-

metros al norte del centro del templo (cf. Stuart *et al.* 1979; Andrews y Andrews 1980: 14, fig. 2), los puntos apropiados para la observación del fenómeno se encuentran a lo largo de una línea que corre considerablemente al sur del eje central de la calzada; esta línea también pasa varios metros al sur de la Estela 3, que parecería ser un marcador conveniente del punto de observación, ya que se encuentra sobre una plataforma en medio del Sacbé 1, cerca de 130 m al oeste del templo (figura 24).

Unos 40 m al poniente de la Estructura 1-sub se ubican tres pares de edificios alineados en dirección norte-sur, por lo que el conjunto puede clasificarse como un complejo del tipo Grupo E invertido. La entrada central de la Estructura 7 (que es la oriental de los dos edificios centrales) se localiza sobre la línea conveniente para observar el Sol equinoccial a través de las entradas oriente y poniente de la Estructura 1-sub, por lo que podría interpretarse como un marcador atestiguado arqueológicamente. Observando allí, el azimut del eje vertical de simetría del vano que conforman las entradas de la Estructura 1-sub alineadas en dirección este-oeste es de $93^{\circ}31'$, y la altura angular del borde inferior del vano (umbral delantero) de $7^{\circ}15'$. Puesto que la declinación correspondiente es $-0^{\circ}41'$, el Sol equinoccial se alinea con el vano por encima de su borde inferior. Sin embargo, observando el Sol de esta manera, difícilmente podríamos precisar la fecha del equinoccio: debido a la distancia relativamente corta y el consecuente tamaño de los vanos oriente y poniente del Templo de las Siete Muñecas, la decisión acerca de cuál es la altura relevante del Sol respecto a los vanos hubiera sido bastante subjetiva y la determinación de la fecha correspondiente al alineamiento hubiera dependido tanto de la altura del observador como del punto exacto de observación. Resulta difícil imaginar las razones por las que los constructores hubiesen diseñado un dispositivo observacional de tan baja precisión (Šprajc y Sánchez 2013a: 323ss).

Coggins y Drucker (1988), definiendo el grupo de la Estructura 1-sub como un complejo observacional, arguyen que una de sus funciones fue la de determinar los equinoccios. Escogiendo la Estela 3 y la Estructura 66 —esta última situada en el extremo oeste del Sacbé 2, a unos 2.2 km de distancia— como los puntos de observación más probables, no encuentran ningún rasgo arquitectónico prominente de la Estructura 1-sub que coincidiera con la posición equinoccial del Sol, pero sugieren que sus ventanas y entradas, a través de las cuales el Sol era visible durante varios días después/antes del equinoccio, servían como marcadores anticipatorios o predictivos (Coggins y Drucker 1988: 24, tabla 1, fig. 11). Afirman que las entradas marcaban las salidas del Sol el 16 de marzo, fecha que en el año 692 d.C. correspondía a la terminación de katún 9.13.0.0.0 8 Ahau 8 Uo. En ausencia de las fechas explícitas de Cuenta Larga que estuvie-

necta la zona núcleo de Dzibilchaltún con la Estructura 1-sub al oriente, el Sacbé 2 corre hacia el oeste de la parte central del sitio, terminando en la Estructura 66, pero las dos calzadas ni son coaxiales ni exactamente paralelas entre sí (cf. Andrews y Andrews 1980: 14, fig. 2; Stuart *et al.* 1979).

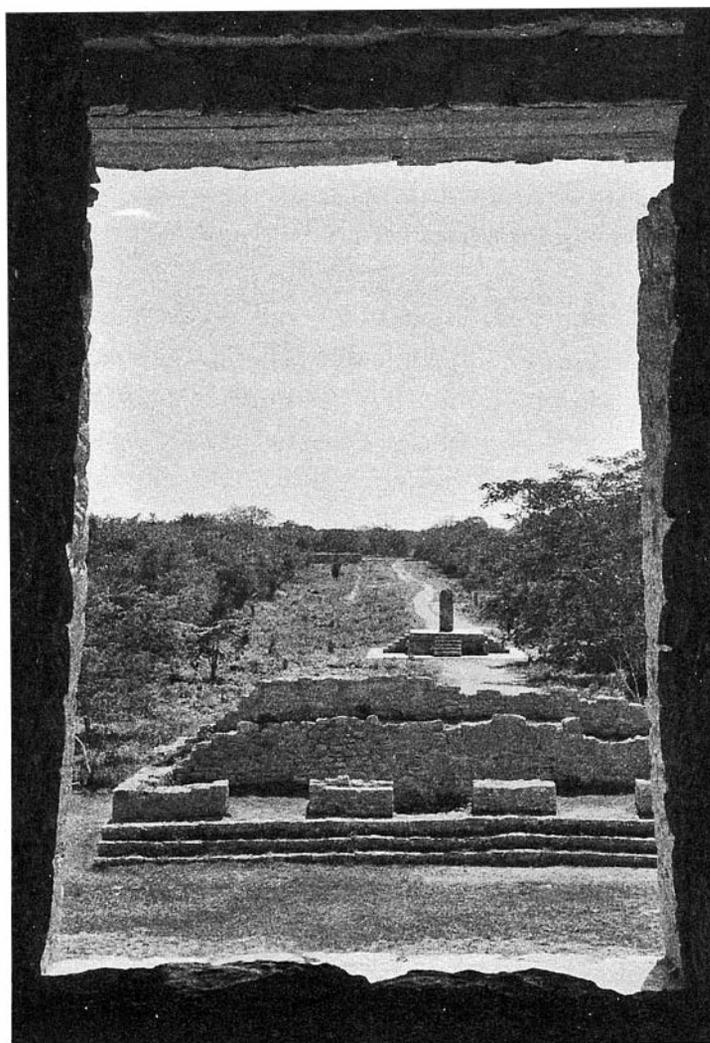


Figura 24. Dzibilchaltún, Templo de las Siete Muñecas, vista hacia el poniente a lo largo del eje de simetría de las entradas poniente, con la Estructura 7, la Estela 3 y el Sacbé 1 al fondo. Foto: Ivan Šprajc.

ran asociadas con este grupo arquitectónico, los autores sugieren que la fecha referida, a la que atribuyen especial importancia con base en evidencias indirectas, se encuentra codificada en la iconografía de la Estructura 1-sub. Su argumento, además de que depende de su interpretación de los elementos iconográficos, es debilitado por las fechas erróneas que asocian con los alineamientos.²⁸

²⁸ Por ejemplo, Coggins y Drucker (1988: 24, tabla 1, fig. 11) afirman que, observando tanto desde la Estructura 66 como de la Estela 3, el Sol aparecía alineado con los vanos centrales de la Estructura 1-sub el 16 de marzo. En realidad, debido a que el azimut, la altura y la declinación correspondientes a este alineamiento son $93^{\circ}50'$, aproximadamente $1^{\circ}54'$ y aproximadamente $-3^{\circ}00'$, respectivamente, la fecha del evento hubiese sido el 13 de marzo ± 1 día. Considerando que la Estructura 66 se encuentra a lo largo de la misma alineación, pero a unos 2 km al oeste (cf. Stuart *et al.* 1979), la altura angular de la Estructura 1-sub observada desde ese punto (0.5° como máximo) habría cambiado la fecha correspondiente al 11 o 12 de marzo.

En resumen, el complejo escenario observacional presentado por Coggins y Drucker —a pesar de su énfasis en la naturaleza equinoccial del “observatorio”— no contiene ninguna evidencia inequívoca que indique la importancia de los equinoccios y, mucho menos, la existencia de alineamientos equinociales (Šprajc y Sánchez 2013a: 323ss).

La orientación de la Estructura 38-sub parece pertenecer al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9). El azimut este-oeste del edificio, citado en la tabla 1, corresponde a la línea visual que conecta el nicho centrado en el muro posterior (oriente) del edificio y el centro de la entrada a la Estructura 385, ubicada a unos 20 m hacia el poniente; el posible error asignado al azimut es relativamente grande, porque el eje de simetría de la Estructura 38-sub, aunque parece coincidir con esta línea, no se puede determinar con precisión. Casares (2001) afirma que, observando desde la entrada de la Estructura 385, el Sol aparece alineado con el nicho en la Estructura 38-sub el 4 de marzo y el 9 de octubre. Sus datos para este alineamiento ($A = 99^{\circ}55'$, $H = 3^{\circ}23'$) no coinciden con los resultados de nuestras mediciones ($A = 100^{\circ}35'$, $H = 3^{\circ}06'$); más aún, la declinación calculada con base en sus propios datos ($-8^{\circ}05'$) no corresponde a las fechas que proporciona sino al 28 de febrero y el 14 de octubre. Independientemente de estos comentarios, la función observacional de este alineamiento es poco probable (las fechas en que se observa el Sol a través del nicho varían en función del punto exacto de observación, incluyendo la altura del observador), por lo que la altura del horizonte correspondiente al azimut hacia el este, citada en la tabla 1, es la del horizonte natural.

La orientación de la Estructura 36 corresponde a los extremos menores de la Luna (tablas 1 y 5), aunque también es posible que pertenezca al Grupo 10 de orientaciones solares (tabla 7). Las Estructuras 37, 42 y 44 corresponden a los Grupos 3, 6 y 5, respectivamente, de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 10). La orientación de la Estructura 45 Sur no pertenece a ninguno de los grupos prominentes, pero posiblemente señalaba las salidas del Sol separadas por el intervalo de 91 ($= 7 \times 13$) días (tabla 1); el eje central este-oeste de este edificio, prolongado hacia el oriente, parece atravesar el centro de la Estructura 42, que pudo haber facilitado la observación de estos fenómenos.

El esquema de un hipotético calendario observacional de Dzibilchaltún, compuesto mayormente por múltiplos de 20 días, se presenta en la tabla 15.

Al mencionar que, durante el Clásico Tardío, “la orientación general de los edificios que hasta entonces era de 2° a 4° al este del norte se fija en aproximadamente 17° al este”, Michelet y Becquelin (2001: 238, nota 13) seguramente siguen a Andrews y Andrews (1980: 295), quienes observan dos grupos de orientaciones en Dzibilchaltún y suponen que las de un grupo, que se aproximan a los rumbos cardinales, son más tempranas que las demás, que están centradas en la desviación de 17.2° , parecida a la que prevalece en Teotihuacan y Tula. No obstante, la considerable desviación estándar (9.7°) que asignan a este valor medio en realidad refleja la disparidad de las orientaciones individuales, también

TABLA 15
ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL
DE DZIBILCHALTÚN

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura 38-sub	salida del Sol	feb 22	125	oct 20
Estructura 42	puesta del Sol	abr 3	40 40	sep 10
Estructura 36	puesta del Sol	may 13	40 40	ago 1
			80	

evidente en los resultados de nuestras mediciones (tabla 1): sólo la Estructura 45 Sur manifiesta una desviación de cerca de 17° respecto a los rumbos cardinales. Además, la presencia de las orientaciones con tal desviación, en Dzibilchaltún o en otros sitios mayas, no necesariamente indica influencias desde el centro de México, ya que los alineamientos de la llamada familia de 17°, correspondientes a nuestro Grupo 1 de orientaciones solares, tuvieron su origen en el área maya (v. capítulo 3.3).

DZIBILNOCAC, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación de la Estructura A-1, fechada en el Clásico Tardío (Pollock 1970: 25ss; Potter 1977: 111s; Carrasco y Boucher 1985; Mayer 1992), al parecer señalaba las puestas del Sol en las fechas separadas por el intervalo de 120 (= 6×20) días (tabla 1). Orientaciones similares, aunque no son muy comunes, se encuentran también en otros sitios (p. ej. en Dzibanché, El Rey, Mayapán y Yaxnohcah).

EDZNÁ, CAMPECHE, MÉXICO

Las estructuras que medimos en este sitio pertenecen a los periodos Clásico y Posclásico (Andrews 1984; Benavides 1992, 1997, 2002a, 2007a, 2007c, 2008). Una discusión detallada de sus orientaciones fue presentada por Sánchez y Šprajc (2013).

El Edificio de los Cinco Pisos incorpora al menos dos orientaciones diferentes. Los azimuts citados en la tabla 1 corresponden al santuario superior, que fue construido, junto con otras adiciones arquitectónicas, durante el Clásico Tardío (Benavides 2002a: 55, 2007a); el azimut este-oeste corresponde al eje de simetría de las dos crujías poniente (figura 25). En el lado oriente del santuario se encuentra un solo cuarto cuyo eje este-oeste, por ser indicado por una sola entrada, no se puede determinar con exactitud, por lo que no es posible averiguar si este aposento estaba en efecto orientado exactamente hacia la pirámide principal del Complejo 8 al oriente, como afirma Andrews (1984: 87).

Al excavar la pirámide, Ruz (1945: 56s) encontró en varios lugares evidencias de una subestructura con cuerpos escalonados, cuya existencia fue confirmada por Benavides (2007a: 210s), quien afirma que esta fase temprana, anterior a la

plataforma de la Acrópolis y característica del estilo Petén, corresponde a los primeros siglos de nuestra era. En el plano de la estructura publicado por Andrews (1984: 106: fig. 6) se observa claramente que la orientación del basamento es diferente de la del santuario superior (figura 26). Aunque los aposentos que fueron agregados a la fachada poniente en la época tardía (sobre todo los de los niveles superiores) manifiestan orientaciones divergentes, llama la atención que la escalinata y la hilera inferior de los cuartos comparten la misma orientación, cercana a la desviación de 14° respecto a los rumbos cardinales, claramente mayor de la que presenta el santuario superior. El azimut de 284°20' asignado al Edificio de los Cinco Pisos por Aveni y Hartung (1986: 75) debe haber resultado de sus mediciones precisamente a lo largo de la escalinata o en la parte inferior de la estructura. A la luz de los argumentos que se exponen a continuación, es muy probable que tal orientación correspondiera a la etapa temprana del edificio y que en esa época fuera rectora en el área central de Edzná.

La Casa de la Luna, que delimita el patio central de la Acrópolis por el lado sur, está orientada con el azimut este-oeste de 104°39'. Aproximadamente la misma orientación, que pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8), la manifiestan el Templo Suroeste, inmediatamente al poniente de la Casa de la Luna, y el Templo del Norte, que encierra el patio central de la Acrópolis por el lado norte, así como el Nohochná, edificio alargado en el costado poniente de la gran plaza que se extiende al poniente de la Acrópolis. Esto es significativo, ya que, como menciona Andrews (1984: xxxviii), la plataforma de la Acrópolis —con su escalinata de acceso cuyas partes inferiores ostentan un estilo “megalítico”—, la Casa de la Luna, el Templo Suroeste y la Casa Grande (Nohochná) fueron construidos durante el Clásico Temprano. Por consiguiente, todo parece indicar que estos edificios reproducían la orientación original del Edificio de los Cinco Pisos que, en su versión temprana, fue anterior a la gran plataforma de la Acrópolis y los demás edificios existentes sobre ella (Benavides 2007a: 210s, y comunicación personal, 2010).

A este periodo temprano pertenece también la Estructura 501, situada al poniente de Nohochná (Benavides 2007c: 57). La ubicación de este edificio piramidal parece estar relacionada con el de los Cinco Pisos, como fue notado ya por Andrews (1984: 90):

The central doorway on the west side [es decir, del santuario superior del Edificio de los Cinco Pisos] is on axis with the passageway between the two long palace structures on the west side of the main plaza (structure U8-3) [Nohochná] and this axis is terminated by a large pyramidal mound with the remains of a round building on its top (structure T8-3) [Estructura 501].

Aunque, en realidad, el eje mencionado por Andrews no pasa exactamente por el pasillo entre los dos edificios alargados de Nohochná, resulta sumamente probable que la localización de la Estructura 501 con respecto al Edificio de los Cinco Pisos fuera, efectivamente, premeditada, formando un eje rector del cen-



Figura 25. Edzná, Edificio de los Cinco Pisos, vista hacia el oriente a lo largo del eje de simetría del santuario superior. Foto: Ivan Šprajc.

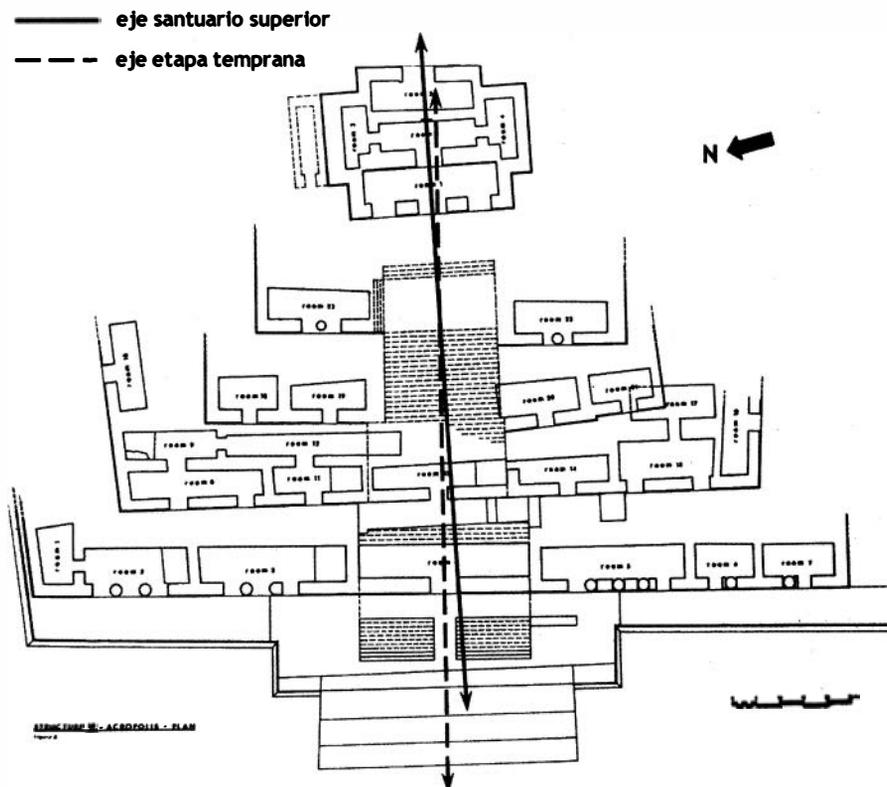


Figura 26. Plano del Edificio de los Cinco Pisos de Edzná (según Andrews 1984: 106, fig. 6), con los ejes de simetría de sus distintas etapas constructivas.

tro de la ciudad: el azimut de la línea desde la cúspide del Edificio de los Cinco Pisos hacia la Estructura 501 es de aproximadamente $284^{\circ}15'$, por lo que coincide con las orientaciones tempranas en la Acrópolis, mencionadas arriba; además, algunos paños expuestos en la Estructura 501, parcialmente excavada, sugieren que también este edificio estaba desviado unos 14° respecto a los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas de reloj. De los edificios que comparten esta orientación, sólo la Casa de la Luna, cuyo edificio superior conserva alineamientos suficientemente largos, pudo medirse con precisión (aunque cabe recordar que el edificio está fuertemente reconstruido: Benavides 2008: 244ss).

A la luz de los argumentos expuestos resulta sumamente probable que, durante las épocas tempranas, en el núcleo urbano de Edzná predominaran las orientaciones solares del Grupo 1, desviadas cerca de 14° respecto a los rumbos cardinales. Puesto que estas orientaciones son frecuentes en el Petén campechano (tabla 8) y fueron identificadas también en El Mirador, Guatemala (*v. infra*), su presencia en Edzná puede considerarse como un indicador adicional de las relaciones que tenía esta ciudad durante el Preclásico y el Clásico Temprano con el sur de Campeche y el Petén guatemalteco, y que han sido observadas en su cerámica y arquitectura temprana (Forsyth 1983: 224ss; Matheny *et al.* 1983: 194ss; Andrews 1984: xxxvis; Benavides 2002a: 55, 2007a: 210s), así como en inscripciones jeroglíficas (Pallán 2009).

Malmström (1991: 40, 43, 1997: 109) atribuye al Edificio de los Cinco Pisos, así como a la línea visual hacia la Estructura 501 notada por Andrews (*v. supra*), el azimut de 285.5° , relacionándolo con las puestas del Sol el 13 de agosto y sugiriendo que se trata de orientaciones conmemorativas de la fecha de inicio de la Cuenta Larga maya. Galindo (2001a: 306s, fig. 10, 2001b: 34) retoma esta opinión, asignándole al eje este-oeste del santuario superior del Edificio de los Cinco Pisos el azimut de $285^{\circ}53'$. En realidad, los azimuts citados no corresponden a la línea que conecta el santuario superior con la Estructura 501 y, mucho menos, al eje este-oeste del santuario, cuya orientación es —como ya mencionamos— marcadamente diferente de la del basamento (figura 26).

Espinosa (2008: 263) midió tres líneas que podrían representar el eje este-oeste del santuario superior, detectando que ninguna corresponde a los azimuts citados por Malmström y Galindo. La alineación medida por nosotros y que, a nuestro juicio, representa el eje este-oeste del santuario con mayor fidelidad es la que corresponde al eje de simetría definido por las jambas del cuarto interior y las dos pilastras que enmarcan la entrada al aposento exterior, ya que esta línea es la más evidente y fácilmente determinable para el observador colocado junto a la pared posterior del cuarto interior (figura 25). Esta alineación corresponde a la que Espinosa (2008: 263) llama “visual”, asignándole el azimut de $280^{\circ}30'10''$, cercano al que medimos nosotros y cuyo error estimado (tabla 1) se debe a que no sabemos con qué precisión la posición de las pilastras actuales, resultado de la restauración de Alberto Ruz (Antonio Benavides, comunicación personal, 2010), corresponde a la situación original. A lo largo de este eje se

encuentra empotrado en la pared posterior del cuarto interior un monolito parecido a una estela. En relación con la idea de Florentino García Cruz de que la “estela” queda iluminada al ponerse el Sol en los días 1-3 de mayo y 7-9 de agosto, Espinosa (2008: 263) observa, acertadamente, que la iluminación de la piedra puede ocurrir con mucho más tiempo en diferentes fechas. Aunque el monolito no determina el alineamiento con precisión, su posición en el centro de la pared, en efecto, parece reflejar su significado simbólico, como opina Espinosa (*ibid.*), siguiendo a Andrews (1984: 87), pero cabe agregar la advertencia de este último de que el monolito probablemente estaba cubierto con estuco.

La orientación del santuario que corona el Edificio de los Cinco Pisos y que fue construido durante el Clásico Tardío o Terminal (Benavides 2002: 55, 2007a, y comunicación personal, 2010) pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9). No obstante, considerando el error que, en vista de las incertidumbres mencionadas arriba, estimamos para el azimut del eje este-oeste del santuario, no es imposible que la orientación intencionada fuese ligeramente diferente, marcando las puestas del Sol en las fechas 17 de abril y 26 de agosto, separadas por un intervalo de 234 (= 18×13) días.

Respecto al Edificio de los Cinco Pisos agreguemos que Espinosa (2002, 2007) discutió una posible cámara solar, así como varias líneas visuales que encontró en la disposición arquitectónica de la estructura y para las que propuso un significado astronómico. Sin embargo, a falta de analogías, es imposible verificar la validez de sus interpretaciones.

La orientación del Templo del Sur (Estructura 421) pertenece al Grupo 10 de orientaciones solares (tablas 1 y 7). Considerando los posibles errores de los azimuts que medimos en el cercano Templo de los Mascarones (tabla 1), así como en las estructuras de la adyacente Pequeña Acrópolis, es probable que sus orientaciones fueran iguales a la del Templo del Sur. Las fechas de salida y puesta del Sol que corresponden a esta orientación y las que marcaba el santuario superior del Edificio de los Cinco Pisos en el horizonte oriente pueden incorporarse en un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 13 y de 20 días (tabla 16).

Los azimuts de orientación de la Vieja Hechicera (tabla 1) fueron medidos en el santuario superior, fechado en el Posclásico Tardío (Benavides 2002a: 56), pero algunos paños expuestos del basamento, construido en el Clásico Temprano o incluso antes (*ibid.*: 55; Matheny *et al.* 1983: 197; Forsyth 1983: 222ss), sugieren que el templo temprano tenía la misma orientación. Como se observa en la tabla 1, la orientación de la Vieja Hechicera es similar a la del Templo del Sur y el Templo de los Mascarones, por lo que quizá también pertenezca al Grupo 10 de orientaciones solares.

No obstante, también es posible que los tres edificios marcaran los extremos menores de la Luna (tabla 5). La relación con la Luna parece particularmente probable para el edificio de la Vieja Hechicera: Malmström (1991: 45, 1997: 145, 149s) afirma que, observando desde el Edificio de los Cinco Pisos, la pirámide

TABLA 16
ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE EDZNÁ

	fecha	intervalo (días)	fecha
salida del Sol, Templo del Sur	enero 27	74	noviembre 14
salida del Sol, Cinco Pisos, santuario superior	febrero 22	26 25	octubre 20
puesta del Sol, Templo del Sur	mayo 13	80 80	agosto 1
		80	

de la Vieja Hechicera, visible a lo largo del azimut de casi exactamente 300° , marcaba las puestas de la Luna en sus extremos mayores norte. En efecto, este alineamiento, cuyo azimut es $300^\circ 11'$, según nuestras mediciones, corresponde a la declinación lunar de $28^\circ 25'$, muy cercana a la declinación máxima alcanzable por la Luna. Aunque la intencionalidad de esta correspondencia queda como hipótesis, ya que ni el Edificio de los Cinco Pisos ni la Vieja Hechicera manifiestan esta orientación, podría ser significativo que, según una leyenda local que resume Benavides (s.f.), los campesinos que descansaban al pie de la Vieja Hechicera recibían de una anciana jicaritas de cocoyol con agua, a cambio de monedas que dejaban allí. Recordando los atributos acuáticos de la diosa vieja de la Luna en tiempos prehispánicos (Milbrath 1999: 141ss), es posible que el personaje principal de la leyenda referida también esté relacionado con este astro, como supone Benavides (s.f.), en lo que podríamos considerar una supervivencia de la importancia de la Luna reflejada en los alineamientos mencionados.

Ek' BALAM, YUCATÁN, MÉXICO

El edificio más grande del sitio, la Acrópolis, es una estructura compleja con muchos aposentos que presentan orientaciones divergentes (Castillo y Vargas de la Peña 2006; Vargas de la Peña y Castillo 2006a, 2006b; Vargas de la Peña *et al.* 2007). Los azimuts en la tabla 1 corresponden a los muros conservados en la parte alta del edificio. La orientación quizá pertenezca al Grupo 8 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 11), aunque también es posible que fuera funcional hacia el oriente, marcando las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por 200 (= 10×20) días; recordemos que estas fechas parecen haber sido registradas también por el grupo Lamay de Dzibanché, el grupo Tres Micos en El Mirador y el Templo de los Nichos Pintados en Mayapán (tabla 1).

EL CARACOL, QUINTANA ROO, MÉXICO

La Estructura C1-1-a, la principal del sitio que se localiza cerca del extremo sur de la isla de Cozumel, tiene dos etapas constructivas, ambas del Posclásico (figura 27; Freidel y Sabloff 1984; Robles 1986a: 68s; Schávelzon 1985a; Cortés de Brasdefer 2003). Como ya comentamos en otro lugar (Šprajc 2009), las dos etapas incorporan orientaciones diferentes.

El edificio temprano, de planta rectangular y con entradas en cada uno de los cuatro muros, fue ampliado con los muros que encierran otro aposento interior, que rodea el primero por todos lados menos por el poniente, donde los muros tardíos fueron agregados de ambos lados de la fachada temprana (figura 27; Freidel y Sabloff 1984: 59ss, fig. 14, láms. 4a y 4b; Schávelzon 1985a).²⁹ El azimut de la fase temprana citado en la tabla 1 corresponde al eje de simetría de las entradas oriente y poniente del edificio temprano y fue obtenido al promediar las lecturas tomadas a lo largo de ambos pares de jambas, así como a lo largo de los orificios oriente y poniente de la pequeña torre cuadrangular encima del edificio temprano. La adyacente Estructura C1-2a, un edificio bastante sencillo de planta rectangular, con funciones presumiblemente rituales y asociadas al edificio principal (Freidel y Sabloff 1984: 58, figs. 13 y 26c), manifiesta la misma orientación (figura 27). Mientras que los muros de la segunda etapa constructiva no exhiben una orientación notablemente diferente de la primera, la entrada oriente del edificio tardío no se encuentra exactamente alineada con las entradas oriente y poniente tempranas (figura 28). Considerando que no podemos descartar la intencionalidad de tal disposición, también fue determinado el azimut del eje de simetría a lo largo de las entradas oriente del edificio temprano y tardío (“fase tardía” en la tabla 1). Este alineamiento pudo ser funcional únicamente hacia el oriente, por estar desalineada la entrada poniente del edificio temprano (figura 28).

La orientación de la etapa temprana de la Estructura C1-1-a pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9), pero hay que advertir que pudo haber sido funcional hacia el oriente sólo si la duna de arena que se ubica inmediatamente al oriente del edificio, tapando la vista al mar (figura 27), es de formación reciente. Tal posibilidad existe, considerando que la parte inferior de la estructura adyacente está evidentemente sumergida en la arena, y en vista de la curiosa relación entre la orientación de la estructura principal y un islote rocoso que sobresale del mar frente a la costa: el eje este-oeste del edificio prolongado hacia el oriente pasa exactamente por este islote, ubicado a 550 m de distancia (figura 29). Recordando el papel que tenían algunos rasgos topográficos, p. ej. los cerros, en los conceptos que dictaban la orientación de los edificios importantes en Mesoamérica (cf. Šprajc 2001a), parece improbable que este alineamiento fuera fortuito, cualquiera que haya sido su significado simbólico. Y si suponemos, por lo tanto, que la Estructura C1-1-a de El Caracol fue construida en el lugar premeditado, donde la orientación requerida astronómicamente coincidía con la dirección hacia el islote, resulta poco probable que éste no haya sido visible desde el edificio.

Si la ubicación desalineada de la entrada oriente de la etapa tardía de la Estructura C1-1-a respecto al eje este-oeste del edificio anterior no se debe

²⁹ En el croquis de la planta de la Estructura C1-1-a publicado por Freidel y Sabloff (1984: fig. 14), el norte está marcado al revés y falta la entrada en el muro oriente del edificio interior (temprano).



Figura 27. El Caracol, Estructuras C1-1-a y (al fondo) C1-2a, vista hacia el sureste. Foto: Ivan Šprajc.



Figura 28. El Caracol, Estructura C1-1-a, vista hacia el poniente a través de la entrada oriente de la etapa tardía y las entradas oriente y poniente de la etapa temprana. Foto: Ivan Šprajc.

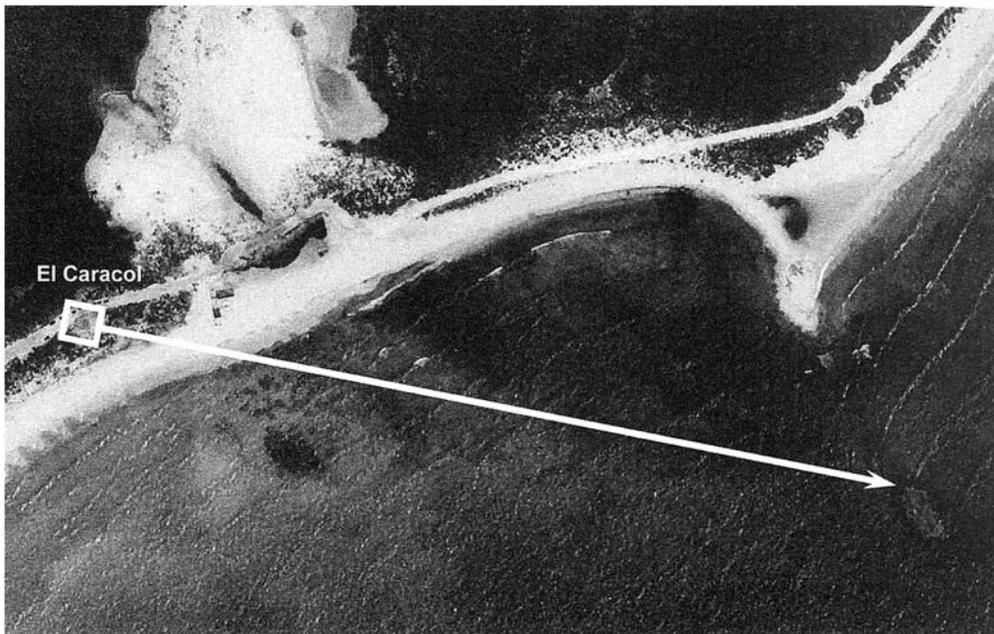


Figura 29. Alineamiento de la Estructura C1-1-a de El Caracol hacia el islote en el mar (imagen de satélite: Google Earth; <http://www.google.com/earth/>).

simplemente a la falta de interés de los constructores por los aspectos de simetría, el alineamiento formado por las entradas oriente de ambas etapas podría reflejar el propósito de combinar la remodelación del edificio con la introducción de otra versión del calendario observacional; este alineamiento pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8).

Cabe mencionar que la entrada oriente de la etapa temprana es más ancha que la entrada poniente; además, la entrada oriente de la etapa tardía es más ancha que la entrada oriente de la etapa temprana. Tal disposición quizá no sea fortuita, ya que hubiera permitido el juego de luz y sombra en las fechas relevantes. Al salir el Sol en los días que registraba la etapa temprana, las jambas de la entrada oriente se hubieran proyectado sobre la pared interior del muro opuesto, dejando angostas franjas iluminadas a ambos lados de la entrada poniente; de igual manera, en las fechas señaladas por el alineamiento de la etapa tardía, las jambas de su entrada oriente se hubieran proyectado sobre la pared exterior oriente de la etapa temprana, enmarcando su entrada con franjas iluminadas.

EL CEDRAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

En este sitio, ubicado en la isla de Cozumel, se midió la orientación de la Estructura C15-1-a, conocida también como “Cárcel” y fechada en el Posclásico Temprano (Freidel y Sabloff 1984; Schávelzon 1985b; Šprajc 2009). La orientación no se puede determinar con mucha precisión; posiblemente pertenece al Grupo 9 de orientaciones solares (tablas 1 y 7), aunque también puede asociarse con los extremos menores de la Luna (tabla 5). En vista de otras orientaciones lunares en la isla (capítulo 3.2.5), parece más probable la segunda alternativa.

EL GALLINERO, CAMPECHE, MÉXICO

Las estructuras cuyas orientaciones se determinaron son edificios piramidales que datan del periodo Clásico (Šprajc y Flores 2008: 38ss; Šprajc 2008b).

La orientación de la Estructura C-4 es solsticial, aunque el error que se debe considerar no permite determinar si se refiere a las salidas del Sol en el solsticio de diciembre o a las puestas en el de junio (tablas 1 y 2). Las Estructuras A-1, B-1 y D-1 corresponden al Grupo 1, la Estructura C-9 al Grupo 5 y las Estructuras A-1 y A-2 al Grupo 6 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8).

Cabe llamar la atención hacia la relación espacial que existe entre las Estructuras B-1 y C-1: la primera está orientada hacia la segunda, que se localiza a 100 m hacia el sureste; en otras palabras, el eje de simetría este-oeste de la Estructura B-1, prolongado hacia el oriente, pasa por la Estructura C-1. Por lo tanto, para el observador colocado en la cúspide de la Estructura B-1, el Sol aparecía en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, señaladas por este edificio, encima de la Estructura C-1. Ésta es relativamente pequeña y su estado actual no permite determinar su orientación de manera confiable; sin embargo, a juzgar por la disposición del montículo, es probable que la orientación de este edificio fuera igual a la de la Estructura B-1 (Šprajc 2008b: 238, Anexo 3: plano 5).

EL MECO, QUINTANA ROO, MÉXICO

La orientación del Castillo (Estructura 1), edificio piramidal del Posclásico Tardío (Lothrop 1924: 144ss; Robles 1981a; Andrews y Robles 1986), la reproducen la Estructura 12, edificio alargado al poniente, y la Estructura 2, plataforma rectangular en medio de la plaza al oriente; otras estructuras aledañas, todas de baja altura, exhiben orientaciones parecidas.

Al sugerir que El Meco fue un centro comercial y religioso, fungiendo como puerto de embarque para Isla Mujeres, Andrews y Robles (1986: 133) observan que la relación entre ambos es apoyada por la disposición de la Estructura 1, que mira hacia el mar e Isla Mujeres, mientras que en otros sitios costeros, como Tulum y Paamul, las pirámides mayores están orientadas hacia el interior. El significado religioso de Isla Mujeres es muy probable, agregan, ya que allí los españoles observaron varios templos, “de los cuales aún queda en pie el adoratorio de la punta sur de la isla.” Ahora bien, el eje de simetría este-oeste del Castillo (medido en el santuario superior; v. tabla 1), prolongado hacia el oriente, pasa a tan sólo unos minutos del arco al norte del extremo sur de Isla Mujeres, es decir, precisamente por el lugar donde, según los reportes históricos, existían varios adoratorios, de los que algunos fueron registrados arqueológicamente (Lothrop 1924: 148s), pero en la actualidad sólo sobreviven los restos de uno, al que se refieren Andrews y Robles (1986: 133) y que ha sido casi destruido en las últimas décadas (Goñi 1999).

Mientras que la intencionalidad de la relación entre el sitio de Isla Mujeres referido arriba y la orientación de la Estructura 1 de El Meco es, en vista de lo expuesto, muy probable, la dirección astronómicamente funcional de este ali-

neamiento parece haber sido hacia el poniente, ya que corresponde al Grupo 6 de orientaciones solares que marcaban las puestas del Sol separadas por 160 (= 8×20) días (tablas 1 y 7). Llama la atención que las orientaciones que aparentemente señalaban el mismo intervalo en el horizonte poniente son particularmente frecuentes en el norte de la península de Yucatán, siendo sus ejemplos la Estructura 42 de Dzibilchaltún, la Estructura MA-1 de Oxkintok, el Templo de los Gavilanes de Uxmal y las Estructuras Q-58 y Q-162 de Mayapán, las dos últimas también del Posclásico Tardío (tabla 1).

EL MIRADOR, PETÉN, GUATEMALA

Las estructuras que se han podido medir en este sitio pertenecen mayormente al Preclásico Tardío, aunque algunas tienen etapas más tempranas (Matheny 1980, 1986; Copeland 1989; Forsyth 1989, 1993; Howell 1989; Hansen 1990, 1992, 1998, 2000, 2001; Hansen *et al.* 2008).

Como lo reveló un estudio arqueoastronómico detallado (Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009), los edificios de El Mirador manifiestan orientaciones diferentes, pero éstas pueden clasificarse en varios grupos, ya que sus azimuts no están distribuidos de manera aleatoria sino que se concentran alrededor de ciertos valores. Más aun, varios edificios están orientados hacia otros, con los que conforman alineamientos cuyos azimuts se concentran alrededor de los mismos valores y que, por lo tanto, difícilmente pueden considerarse fortuitos. Además de que la traza urbana está dispuesta a lo largo de un eje este-oeste, indicando la importancia de ambos rumbos, los alineamientos este-oeste están dentro del ángulo de desplazamiento anual del Sol, sugiriendo que se relacionan con este astro y que facilitaban la observación de sus salidas y puestas en ciertas fechas. Los datos pormenorizados sobre estos alineamientos, así como los argumentos que fundamentan su intencionalidad y sus direccionalidades, se encuentran en las publicaciones citadas, por lo que a continuación nos limitamos a resumir la información más relevante. Aunque a cada grupo de orientaciones pertenece mayor o menor número de estructuras, la tabla 1 sólo incluye los datos sobre los edificios o conjuntos más prominentes, mientras que en el texto que sigue mencionamos también las demás estructuras que pertenecen a cada uno de los grupos.

La orientación de la pirámide Pava, que es el edificio sur de la Acrópolis Pava, pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). La misma orientación la comparten los edificios adyacentes, que conforman un conjunto del tipo Grupo E de Uaxactún en la misma Acrópolis Pava, así como la Estructura 3D2-1, ubicada en el sector poniente de la Gran Acrópolis Central, y el basamento de la Pirámide Monos. Cabe mencionar que la pirámide Monos es una de las construcciones más antiguas de El Mirador, ya que sus etapas más tempranas datan del Preclásico Medio (Copeland 1989), y que su conjunto triádico superior, al que se refieren los datos en la tabla 1, manifiesta una orientación diferente de la del basamento (*v. infra*). En relación con la Estructura 3D2-1

agreguemos que su eje de simetría este-oeste, prolongado hacia el oriente, pasa por los dos montículos alineados sobre el borde norte de la plataforma superior del basamento de la Pirámide Pava (Estructuras 2A6-6 y 2A6-7); por lo tanto, al observar desde la Estructura 3D2-1, los dos edificios referidos pudieron servir como un marcador artificial de salidas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre (para los detalles sobre los alineamientos que muy probablemente registraban este par de fechas, v. Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009).

Como se observa en la tabla 1, la orientación del Grupo Chicharras (o Cigarras) es casi igual a la del Grupo Tecolote y de la Acrópolis Sur, pero también la comparten el complejo Danta, los grupos Cutz, Kolomte' y el conjunto sur del Grupo Puma. El hecho de que tantas estructuras compartan la misma orientación sugiere su intencionalidad, aunque no pertenece a ninguno de los grupos comunes que hemos identificado. Su objetivo parece haber sido el de registrar las salidas del Sol en las fechas separadas por 143 (= 11×13) o 221 (= 17×13) días (tabla 1).

La Pirámide El Tigre y el conjunto triádico superior de la Pirámide Monos parecen haber marcado las salidas del Sol en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, separadas por 120 (= 6×20) días. Como ya mencionamos, los datos en la tabla 1 que corresponden a la Pirámide Monos se refieren al conjunto triádico superior, cuya orientación, prácticamente igual a la de la Pirámide El Tigre, difiere de la que manifiesta el basamento y que pertenece al Grupo 1 (v. *supra*).³⁰ Orientaciones muy parecidas las presentan el conjunto norte del Grupo Puma y la Estructura 3A6-2 del Grupo Pava. También en este caso los alineamientos que conforman algunos edificios refuerzan la intencionalidad y la función astronómica de estas orientaciones (Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009).

La direccionalidad de la orientación del Grupo Tres Micos no es evidente, pero llama la atención que tanto las fechas de salida del Sol como las de su puesta separan un intervalo cercano a 200 (= 10×20) días (tabla 1).

EL REY, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios de este sitio pertenecen al Posclásico Tardío (Lothrop 1924: 150ss; Velázquez Morlet 2002). Sus orientaciones, así como su distribución a lo largo de un eje norte-sur, parecen apegarse a la orientación general de la isla de Cancún. No obstante, las diferencias entre algunas orientaciones individuales, incluso entre edificios adyacentes (p. ej. Estructuras 2 y 3A: tabla 1), son notables, por lo que no se puede excluir la posibilidad de que fueran dictadas por consideraciones astronómicas. La línea del horizonte este corresponde al terreno elevado natural (duna), pero sujeto a modificaciones artificiales en las últi-

³⁰ Es probable que las distintas orientaciones pertenezcan a épocas constructivas diferentes, como fue sugerido ya por Copeland (1989: 59).

mas décadas, a escasos 150 m de distancia aproximadamente, por lo que las alturas del horizonte este no se pueden determinar con precisión; en vista de la cercanía del horizonte, es posible que las orientaciones no fueran funcionales hacia el oriente.

Las Estructuras 1 y 4, que delimitan una plaza por sus lados norte y sur, respectivamente, tienen orientaciones muy similares a la de la Estructura 2, la más alta del sitio y ubicada en la esquina noreste de la plaza. Posiblemente fueron destinadas a registrar las puestas del Sol separadas por 130 ($= 10 \times 13$) días, aunque, considerando el posible error en la orientación determinada, también podrían pertenecer al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

La Estructura 23 tiene casi la misma orientación que la cercana Estructura 19A (tabla 1), pero su referente astronómico no es evidente. Las Estructuras 3A y 22 tal vez marcaban los intervalos de 120 ($= 6 \times 20$) días en los horizontes poniente y oriente, respectivamente, aunque también es posible que la Estructura 22 registrara el intervalo de 240 ($= 12 \times 20$) días en el horizonte poniente (tabla 1).

EL TIGRE, CAMPECHE, MÉXICO

Las estructuras de El Tigre tienen diversas etapas constructivas; las tempranas se remontan al menos al Preclásico Tardío (Vargas P. 2001, 2006, 2009, 2010; Vargas y Delgado 2003, 2007; Vargas y Teramoto 1996), por lo que es de suponer que las orientaciones se mantuvieron desde aquella época.

La orientación de la Estructura 1 probablemente registraba las puestas del Sol en las fechas 23 de abril y 21 de agosto, separadas por 120 ($= 6 \times 20$) días (tabla 1). Aunque no se trata de un grupo común, recordemos que las mismas fechas oeste (± 1 día) corresponden a algunos edificios importantes en otros sitios, p. ej. la Pequeña Acrópolis de Dzibanché, la Estructura A-1 de Dzibilnocac, la Estructura Q-152 (Templo Redondo) de Mayapán y la Estructura E-6 de Yaxnohcah.

La Estructura 2, como lo indica la parte superior y expuesta de la escalinata, está orientada hacia la Estructura 4 (aunque las partes inferiores, que pertenecen a la etapa con mascarones, parecen tener una orientación diferente, parecida a la de la Estructura 1). La Estructura 4 manifiesta azimuts divergentes, pero en promedio parece estar orientada hacia la Estructura 2 (figura 30); otros edificios sobre la gran plataforma que sostiene la Estructura 4 tienen orientaciones parecidas. Es probable que el alineamiento fuera destinado para registrar las puestas del Sol en las fechas 11 de abril y 1 de septiembre, separadas por el intervalo de 143 ($= 11 \times 13$) días (tabla 1), y que, por lo tanto, pertenezca a una variante del Grupo 4 de orientaciones solares (tabla 7). Si observamos desde la Estructura 2, la parte superior de la Estructura 4 queda actualmente por debajo del horizonte natural, pero es posible que la altura del santuario superior de la Estructura 4 coincidiera aproximadamente con la del horizonte natural, cuya altura se cita en la tabla 1. Cabe agregar que entre ambos edificios se localiza la

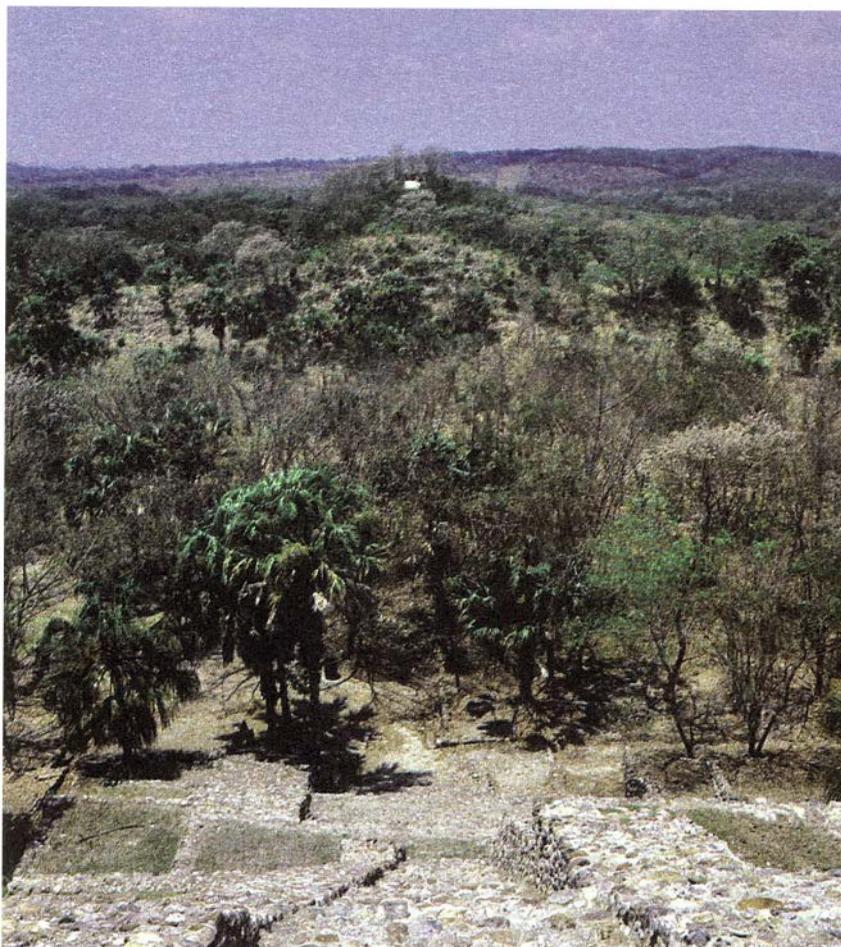


Figura 30. El Tigre, vista hacia el poniente desde la Estructura 4, a lo largo del alineamiento que conforma con el montículo principal de la Estructura 3 y la Estructura 2 (alfondo). Foto: Ivan Šprajc.

Estructura 3, compuesta de cinco montículos unidos entre sí y dispuestos en dirección norte-sur, por lo que las Estructuras 2 y 3 parecen conformar un arreglo del tipo Grupo E (cf. Vargas P. 2001: 168, 179s, figs. 11 y 17; Flores y Šprajc 2008: 25s, fig. 3). El montículo principal de la Estructura 3, que permanece sin excavar, se sitúa a lo largo del eje de simetría de las Estructuras 2 y 4 (figura 30). A lo largo del mismo eje se ubica, a unos 7 km hacia el oriente, el sitio arqueológico de Santa Clara (Ernesto Vargas, comunicación personal, 2011).

HOCHOB, CAMPECHE, MÉXICO

Las orientaciones se determinaron para las Estructuras 1, 2, 5 y 6, fechadas en el Clásico Tardío (Pollock 1970: 9ss; Potter 1977: 106ss; Carrasco y Boucher 1985).

La orientación de la Estructura 1 corresponde al Grupo 7 y la de las Estructuras 5 y 6 al Grupo 3 de orientaciones solares. La orientación de la Estructura 2 quizá pertenezca al Grupo 9, aunque la otra posibilidad es que marcara las salidas del Sol separadas por un intervalo de 280 (= 14 × 20) días (tablas 1, 7 y 10).

HORMIGUERO, CAMPECHE, MÉXICO

Las orientaciones de las Estructuras II y V, ambas del Clásico Tardío o Terminal (Potter 1977: 98s; Martos 1989; Bueno 1991, 1999), se discuten con mayor detalle en un estudio anterior (Šprajc 2004a). La Estructura II pudiera haber marcado las salidas del Sol en las fechas 9 de febrero y 1 de noviembre, separadas por un intervalo de 100 (= 5×20) días y posiblemente registradas también por la Estructura 1 de Tabasqueño y la Estructura 2A1 del Grupo Oeste de Kabah (tabla 1). Aunque estas orientaciones no son comunes en las tierras bajas mayas, en el centro de México pertenecen a uno de los dos grupos que componen la llamada familia de los 17° (Šprajc 2001a: 107ss). La orientación de la Estructura V pertenece al Grupo 4 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

ICKABAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

Las orientaciones de las Estructuras 4 y 5, fechadas en el Clásico Temprano (Sandra Balanzario, comunicación personal, 2010), pertenecen a los Grupos 5 y 2, respectivamente, de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

IZAMAL, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios de este sitio poseen varias etapas constructivas que van desde el Preclásico Tardío hasta la época colonial (Burgos *et al.* 2002, 2003; Millet y Burgos 2006; Quiñones 2006; Rafael Burgos, comunicación personal, 2010).

Los datos sobre la orientación de la estructura Kinich Kak Moo en la tabla 1 corresponden al gran basamento, que es del Preclásico Tardío o Clásico Temprano; la orientación del edificio piramidal superior, probablemente bastante tardío (Millet y Burgos 2006: 138s), podría ser ligeramente diferente, pero no se puede determinar de manera confiable debido a la planta ovalada y el estado actual de la estructura. La orientación de la gran plataforma pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 7 y 8).

Mientras que la etapa temprana de Itzamatul, fechada hacia fines del Preclásico o principios del Clásico Temprano (Millet y Burgos 2006: 139ss; Quiñones 2006: 61), parece tener la misma orientación que Kinich Kak Moo, los datos que para este edificio aparecen en la tabla 1 corresponden a la parte superior, que parece formar parte de las últimas modificaciones efectuadas en el Posclásico Temprano (Rafael Burgos, comunicación personal, 2010); la orientación de esta etapa pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

La orientación del edificio de Chaltunhá, fechado en el Clásico Terminal y el Posclásico Temprano (Burgos *et al.* 2002), podría haber marcado los extremos mayores norte de Venus en el horizonte poniente o los extremos mayores de la Luna en ambos horizontes (tablas 1, 3 y 4).

La orientación del edificio Habuc fue determinada en su sector poniente; aunque no pertenece a ninguno de los grupos prominentes, es posible que registrara las puestas del Sol en las fechas 5 de abril y 8 de septiembre, separadas

TABLA 17

ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE IZAMAL

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Edificio Kinich Kak Moo	salida del Sol	feb 12	105	oct 30
Edificio Habuc	puesta del Sol	abr 5	52 52	sep 8
			156	

por un intervalo de 156 (= 12 × 13) días y marcadas también por la Estructura 10 de Aké (tabla 1). Asumiendo que Kinich Kak Moo registraba las fechas este del Grupo 1, separadas por el intervalo de 260 días, las fechas oeste señaladas por Habuc subdividen este intervalo en periodos que son múltiplos de 13 días; el esquema del hipotético calendario observacional que posibilitaban las dos estructuras se presenta en la tabla 17.

JAINA, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación de la Estructura II del complejo Zayosal, fechada en el Clásico Tardío (Benavides 2002b, 2007b, 2007d, 2012), pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9). El azimut de la línea visual desde la pirámide del grupo Zacpool hacia la Estructura II del complejo Zayosal es aproximadamente 300°45' y podría referirse a los extremos mayores de la Luna. Sin embargo, la Estructura II no está orientada hacia dicha pirámide, la cual no ha sido excavada, por lo que su orientación no se puede determinar. Es decir, por el momento no tenemos indicios de que la relación del alineamiento con la Luna fuera intencional.

JANÁN I, QUINTANA ROO, MÉXICO

La Estructura C8-2-a de este sitio, un pequeño templo del Posclásico Tardío ubicado en la costa oriente de la isla de Cozumel (Freidel y Sabloff 1984), podría estar relacionada con las salidas o puestas del Sol en los solsticios (tablas 1 y 2; Šprajc 2009).

KABAH, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos, típicos del estilo Puuc (Codz Pop, Gran Pirámide y Estructura 2A1 del Grupo Oeste), datan del Clásico Tardío y Terminal (Pollock 1980: 140ss; Carrasco 1992).

Las orientaciones del Codz Pop y de la Gran Pirámide (Estructura 1B2) pertenecen a los Grupos 1 y 2, respectivamente, de orientaciones solares (tablas 1, 7, 8 y 9). La Estructura 2A1 del Grupo Oeste quizá registrara las salidas del Sol el 9 de febrero y el 1 de noviembre, separadas por 100 (= 5 × 20) días y posiblemente marcadas también por las Estructuras 1 de Tabasqueño y II de Hormiguero, así como por varios edificios en el centro de México, donde estas orien-

taciones pertenecen a uno de los dos grupos de la llamada familia de los 17° (Šprajc 2001a: 107ss).

KOHUNLICH, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio datan del Clásico Temprano (Edificio de los Mascarones y Estructuras E1, E2 y E3 del grupo Yaxná) y Tardío (Estructura VI y Estructura E-1 del grupo Pixa'an) (Andrews 1987; Cortés 1998; Nalda 2004; 2005; Nalda y Balanzario 2005, 2006).

La orientación del edificio llamado El Rey (Estructura VI o B2), que encierra la Plaza de las Estelas por el lado poniente, pertenece al Grupo 3 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 10); las estructuras de la Acrópolis, al norte de la misma plaza, manifiestan orientaciones muy parecidas. El edificio superior de la estructura El Rey, con dos cuartos alargados en dirección norte-sur, tiene entradas en los muros oriente y poniente, con las que está alineado el vano en el muro medial que comunica los dos cuartos. Puesto que el azimut este-oeste, medido a lo largo del eje de simetría de los tres vanos, corresponde a las puestas del Sol el 13 de abril y el 31 de agosto (tabla 1), es interesante que, según Cortés de Brasdefer (1991, 1998), en el día 12 de abril el Sol descendiente se alinea con las puertas del templo superior, si se observa desde el cuarto central del Edificio de las Estelas, ubicado en el lado opuesto (oriente) de la Plaza de las Estelas. La orientación de este edificio es, sin embargo, diferente de la que exhibe El Rey; por ser de baja altura, el Edificio de las Estelas parece poco apropiado para observar los eventos astronómicos sobre el horizonte, por lo que su orientación no fue incluida en la tabla 1 y en los análisis.

La orientación del Edificio de los Mascarones pertenece al Grupo 8 de orientaciones solares; en vista de que estas orientaciones registraban los días de cuarto del año (23 de marzo y 20 de septiembre, ± 1 día) en el horizonte poniente, llama la atención que la orientación de la Estructura E1 del grupo Yaxná marcaba las mismas fechas, pero en el horizonte oriente (tablas 1, 7 y 11). Así como esta última, también las estructuras E2 y E3 del grupo Yaxná están desviadas al norte del oriente; al parecer marcaban las salidas del Sol separadas por 160 (= 8×20) días (tabla 1), intervalo registrado también por las orientaciones del Grupo 7, aunque delimitado por otro par de fechas, registradas en el horizonte este (tabla 7). La orientación de la Estructura E1 del grupo Pixa'an pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

LA BLANCA, PETÉN, GUATEMALA

Los datos que aparecen en la tabla 1 corresponden a los edificios palaciegos de la Acrópolis, que encierran un patio y datan del Clásico Tardío y Terminal (Muñoz y Vidal 2005, 2006; Vidal *et al.* 2012).

El azimut norte del ala oeste del Edificio 6J2 vale para su fachada poniente. El azimut este corresponde al eje de simetría este-oeste del cuarto 10, que ocupa la posición central y está abierto hacia ambos lados; actualmente el Edificio

6J1, que encierra el cuadrángulo por el costado oriente, obstruye la vista hacia el horizonte en esta dirección (v. plano en Vidal *et al.* 2012: fig. 2), pero este edificio es el más tardío del conjunto, mientras que el ala poniente del Edificio 6J2 es la estructura más temprana (Manuel May Castillo, comunicación personal, 2011), por lo que su orientación pudo ser funcional hacia el oriente al menos durante un tiempo. El azimut del ala sur del Edificio 6J2 corresponde a su fachada sur.

Los edificios referidos manifiestan desviaciones en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales. Por ser poco comunes, estas orientaciones no pertenecen a ninguno de los grupos que hemos identificado; si es que obedecen a motivos astronómicos, es posible que el ala oeste del Edificio 6J2 marcara las fechas de salida o de puesta del Sol separadas por intervalos de 100 (= 5×20) días, aunque la orientación también pudiese haber sido destinada a registrar las puestas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, señaladas por las orientaciones del Grupo 1 en el horizonte oriente (tablas 1, 7 y 8). El ala sur, por otra parte, tal vez marcaba las fechas separadas por 80 (= 4×20) o 280 (= 14×20) días, aunque su orientación también corresponde a los extremos menores norte de la Luna en el horizonte oriente (tablas 1 y 5).

LA EXPEDICIÓN, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio, que se ubica en la parte noreste de la isla de Cozumel, a 600 m de la costa oriental y a 4.6 km al suroeste del extremo norte de la isla (Punta Molas), pertenecen al Posclásico Tardío (Freidel y Sabloff 1984: 128ss). Después de las exploraciones realizadas en el marco del proyecto Harvard-Arizona en los años 1970, la ubicación del sitio parece haber caído en el olvido hasta que lo volvimos a localizar, con el apoyo de informantes locales, en mayo de 2010 (Sánchez y Šprajc 2011a).

De los edificios que componen el Grupo C25-1, rodeando la plaza principal (v. plano en Freidel y Sabloff 1984: fig. 43), sólo las Estructuras C25-1-a, C25-1-b y C25-1-c exhiben elementos arquitectónicos expuestos. Se trata de edificios que manifiestan el estilo característico de la arquitectura del Posclásico Tardío en la costa nororiental. Cada uno tenía dos cuartos y la entrada principal enmarcada por columnas. En la Estructura C25-1-b, del lado suroeste de la plaza, sólo se observan algunas secciones de sus muros. La Estructura C25-1-a, en el costado sureste de la plaza, conserva sus muros laterales, el muro medial que divide los espacios posterior y anterior, comunicados por dos puertas con dinteles, y fragmentos de columnas del pórtico abierto hacia la plaza (figuras 31 y 32). En la Estructura C25-1-c, que delimita la plaza por su costado noroeste, se observan segmentos de sus muros y, en la parte frontal, mirando hacia la plaza, las jambas laterales y las dos columnas centrales atravesadas por tres dinteles (figuras 33 y 34). Tres columnas con relieves, de las que dos estaban en la Estructura C25-1-a (Freidel y Sabloff 1984: 132, lám. 9: b y c) y una en la Estructura C25-1-b, fueron removidas del sitio en un momento desconocido; actualmente se



Figura 31. La Expedición, Estructura C25-1-a, parte frontal, vista hacia el sur. Foto: Ivan Šprajc.



Figura 32. La Expedición, Estructura C25-1-a, muro lateral noreste con parte del muro medial, vista hacia el este. Foto: Ivan Šprajc.



Figura 33. La Expedición, Estructura C25-1-c, restos de la fachada, vista hacia el oeste.
Foto: Ivan Šprajc.



Figura 34. La Expedición, Estructura C25-1-c, restos de la fachada, vista desde el interior del edificio hacia el sureste. Foto: Ivan Šprajc.

encuentran en el Museo de la Isla de Cozumel, en la ciudad San Miguel de Cozumel (Mayer 1981: 6, 16, 1991: 56s, lám. 22).

Las tres estructuras comparten aproximadamente la misma orientación. Su azimut medio este-oeste (tabla 1), aunque por el estado actual de los edificios no se puede determinar con mucha precisión, corresponde a los extremos o paradas mayores de la Luna (tabla 4). Freidel y Sabloff (1984: 136) opinan que La Expedición, a juzgar por el tipo de los edificios que encierran la plaza principal y que se asocian con ceremonias periódicas en las que participaban los miembros de toda la comunidad y representantes de otras, fue el centro religioso más importante en el sector costero noreste de la isla de Cozumel. Considerando la importancia del culto a la diosa Ixchel y la presencia de otros alineamientos posiblemente lunares en la isla (capítulo 3.2.5; Šprajc 2009), es muy probable que la relación de las orientaciones en La Expedición con la Luna fuera intencional.

Recordando la frecuente asociación de las orientaciones lunares con las solsticiales (v. capítulo 3.2.5), mencionemos también que la Estructura C8-2-a de Janan I, orientada solsticialmente (v. *supra*), se localiza a escasos 650 m hacia el oriente.

LA PALMA, QUINTANA ROO, MÉXICO

La Estructura C5-1-a, un pequeño templo del Posclásico Tardío ubicado en la costa oriente de la isla de Cozumel (Freidel y Sabloff 1984), posiblemente marcaba las salidas del Sol separadas por un intervalo de 91 (= 7×13) días, o las puestas del Sol que delimitaban un intervalo de 100 (= 5×20) días (tabla 1; Šprajc 2009).

LABNÁ, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos, típicos del estilo Puuc, datan del Clásico Tardío y Terminal (Pollock 1980: 7ss; Huchim y Toscano 2002). La orientación del templo llamado El Mirador pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares, mientras que los edificios superiores del Palacio están orientados hacia las salidas o puestas del Sol en los solsticios (tablas 1, 2, 7 y 8).

LACANHÁ, CHIAPAS, MÉXICO

Los edificios medidos datan del Clásico Tardío (Tovalín, Ortiz y Corrales 2006). Como se observa en el plano del sitio (*ibid.*: 290, fig. 3), las estructuras en la Acrópolis manifiestan orientaciones parecidas. El Edificio 1 o de las Columnas comparte la orientación con el adyacente Edificio 2. El Edificio 6, que es el más alto, no ha sido excavado, pero es probable que su orientación fuera semejante a la del Edificio de las Columnas, que se localiza a unos 60 m al noroeste, por lo que las alturas del horizonte y las declinaciones correspondientes al Edificio de las Columnas en la tabla 1 son las que valen para el observador sobre la pirámide más alta, que hubiese sido el lugar más idóneo para las observaciones astro-

nómicas. El hecho de que incluso el Edificio Noroeste, situado a casi medio kilómetro de la Acrópolis, manifiesta una orientación muy similar, sugiere que la orientación rectora del sitio fue dictada por factores astronómicos; es probable que se relacionara con los ortos de la estrella Fomalhaut (tablas 1 y 6).

LAS DELICIAS, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación de la Estructura 2, basamento piramidal que data del Clásico Temprano o (a juzgar por el conjunto triádico que lo corona) del Preclásico Tardío (Šprajc y Flores 2008: 95ss), pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). Parece que el edificio superior de la Estructura 1, ligeramente desviado respecto a su basamento, tenía la misma orientación (Šprajc 2008b).

LIMONES, QUINTANA ROO, MÉXICO

La pirámide principal, que corresponde al Clásico (Maciel 2009), probablemente marcaba las puestas del Sol en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, que delimitan un intervalo de 260 días (tabla 1). Tal orientación la exhiben también la Estructura III de Calakmul, el Templo del Búho de Dzibanché y la Pirámide de los Mascarones de Xcambó, así como varios edificios en el centro de México (Šprajc 2001a).

MAYAPÁN, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio pertenecen al Posclásico Tardío (Peraza 1999; Peraza y Delgado 2006; Peraza *et al.* 2006; Milbrath y Peraza 2003, 2009).

La orientación del Castillo de Mayapán (Estructura Q-162) pertenece al Grupo 6 de orientaciones solares (tablas 1 y 7). En este edificio puede observarse, durante la puesta del Sol en los días alrededor del solsticio de invierno, un juego de luz y sombra en la alfarda norte, análogo al fenómeno que se produce cerca de los equinoccios en el Castillo de Chichén Itzá (Arochi 1991: 109; Aveni, Milbrath y Peraza 2004: 130s), pero la intencionalidad del evento es, así como en el caso de Chichén Itzá (*v. supra*), discutible.

Si asumimos que la orientación del Castillo corresponde al Grupo 6 y que, por lo tanto, registraba las puestas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre, separadas por 160 (= 8×20) días (tablas 1 y 7), llama la atención que la Estructura Q-58, edificio piramidal situado en el sector noroeste del núcleo del sitio, posiblemente señalaba el mismo intervalo, también en el horizonte poniente, aunque delimitado por otras fechas, ya que este edificio está desviado en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales. La otra posibilidad es que la Estructura Q-58 marcara las salidas del Sol separadas por 169 (= 13×13) días (tabla 1).

Según Aveni, Milbrath y Peraza (2004: 135s, Table 3), el azimut de la perpendicular a la plataforma de la Estructura Q-152 (Templo Redondo), orientada con su escalinata hacia el poniente, es $286^{\circ}02'$, mientras que Galindo (2007a:

73ss, tabla 2) anota para el eje de simetría de la escalinata el azimut $284^{\circ}29'$. Aunque sus azimuts son diferentes, ambos autores relacionan el alineamiento con las puestas del Sol en las fechas 29/30 de abril y 13 de agosto: mientras que Galindo observa que el alineamiento intersecta la balaustrada norte del Castillo situado inmediatamente al poniente, por lo que en el cálculo de la declinación correspondiente considera $3^{\circ}30'$ para la altura del horizonte poniente, Aveni *et al.* evidentemente toman como relevante la altura del horizonte natural, por lo que las declinaciones que obtienen son casi iguales. El azimut de la escalinata, resultante de nuestras mediciones, es más cercano al que proporciona Galindo. Se trata de nuestro azimut norte-sur, mientras que el azimut este-oeste representa el valor medio de las líneas este-oeste de la plataforma (tabla 1). Considerando que se trata de azimuts medidos en la plataforma, la función observacional de esta orientación resulta cuestionable; aunque la asignamos al Grupo 1 de orientaciones solares, también podría relacionarse con las puestas del Sol el 23 de abril y el 21 de agosto, separadas por 120 ($= 6 \times 20$) días y aparentemente registradas también por la Pequeña Acrópolis de Dzibanché, la Estructura A-1 de Dzibilnocac, la Estructura 1 de El Tigre y la Estructura E-6 de Yaxnohcah (tablas 1, 7 y 8). Por otra parte, los alineamientos conformados por los vanos en el edificio redondo superior no pueden determinarse de manera confiable, como lo ilustran los valores discrepantes obtenidos por Aveni *et al.* (2004: Table 3) y Galindo (2007a: tabla 2).

El azimut este-oeste de la Estructura Q-80 (Templo de los Nichos Pintados), al norte del Castillo, fue medido en el cuarto norte, a lo largo de su eje de simetría marcado por las entradas en sus muros oriente y poniente, que son del mismo ancho y, por lo tanto, adecuadas para la observación de las sombras proyectadas por las jambas. Si esta orientación era observacionalmente funcional, pudo haber registrado las salidas del Sol en las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 ($= 10 \times 20$) días y probablemente marcadas también por el grupo Lamay de Dzibanché, la Acrópolis de Ek' Balam y el grupo Tres Micos en El Mirador (tabla 1). Aunque otros muros de la Estructura Q-80, que tiene diferentes etapas constructivas (*cf.* Milbrath y Peraza 2003: 19s), manifiestan azimuts algo mayores, más cercanos a los del Castillo, la orientación del cuarto referido resulta significativa: si asumimos que las fechas este correspondientes delimitaban un intervalo de 200 días, llama la atención que las fechas oeste que, según argumentamos, probablemente señalaban el Castillo y el Templo Redondo subdividen este intervalo en múltiplos de 20 días. El esquema del posible calendario observacional se presenta en la tabla 18.

Refiriéndose al caso concreto de Mayapán, Carlson (1982) opinó que las orientaciones desviadas al sur del oriente permitían optimizar los efectos del Sol matutino en la época más fría del año; sin embargo, esta interpretación es poco convincente, ya que —de acuerdo con lo que ya se discutió en otra ocasión (Šprajc 2004b: 166)— para cualquier orientación podemos suponer que tenía alguna ventaja en términos de circunstancias climáticas. Para varios alineamien-

TABLA 18
ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE MAYAPÁN

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura Q-80 (Templo de los Nichos Pintados)	salida del Sol	mar 14	165	sep 30
Estructura Q-162 (Castillo)	puesta del Sol	abr 3	20 40	sep 10
Estructura Q-152 (Templo Redondo)	puesta del Sol	abr 23	20 20	ago 21
			120	

tos en Mayapán, Aveni *et al.* (2004), Ruiz Gallut *et al.* (2001), Galindo (2007a) y Allen y Galindo (2011) presentan hipótesis relativamente complejas y relacionadas con varios cuerpos celestes; a falta de analogías, no es posible evaluar su validez.

MUYIL, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio datan de los periodos Clásico Tardío-Terminal y Posclásico Temprano (Witschey 2005, 2008).

Los azimuts de la etapa temprana del Castillo en la tabla 1 corresponden al templo abierto hacia el oriente; el azimut este-oeste es casi igual al del eje de simetría de la escalinata expuesta en el lado poniente, que al parecer también pertenece a la etapa temprana. Paralelo a este eje conduce hacia el oriente el Sacbé 1, cuyo inicio se encuentra en la esquina noreste del Castillo (*cf.* Witschey 2005, 2008). Esta orientación pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). Los azimuts de la etapa tardía del Castillo (Estructura 8I-13) en la tabla 1 representan valores medios de los azimuts que fueron medidos en el templo superior y a lo largo de los paramentos inferiores del basamento. Esta orientación pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

Los muros de la Estructura 9K-1 (Templo 8) son bastante divergentes. Los datos en la tabla 1 corresponden al alineamiento que conforman los agujeros en los muros este y oeste del edificio y cuyo azimut pudo determinarse con cierta precisión. Si la orientación fue astronómica, posiblemente registraba las puestas del Sol en las fechas 3 de mayo y 11 de agosto o 30 de abril y 13 de agosto, con intervalos intermedios de 100 (= 5 × 20) o 260 (= 13 × 20) días, respectivamente (tabla 1). Tal vez no es fortuito que el primer par de fechas subdivide el intervalo de 260 días, que seguramente señalaba la etapa temprana del Castillo, en múltiplos de 20 días; el posible calendario observacional se presenta en la tabla 19.

NADZCAAN, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación del Grupo Ahkin, fechado en el Clásico Temprano (García Cruz 1997; Carrasco y Wolf 1996; Nondédéo 2003: 59, 74ss), pertenece al Grupo 4 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

TABLA 19
ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE MUYIL

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Castillo, etapa temprana	salida del Sol	feb 12	105	oct 30
Estructura 9K-1 (Templo 8)	puesta del Sol	may 3	80 80	ago 11
			100	

NAKBE, PETÉN, GUATEMALA

Los edificios cuyas orientaciones pudieron determinarse (Estructuras 1, 47, 51 y 59) datan del Preclásico Medio y Tardío (Forsyth 1993; Hansen 1992, 1998, 2000).

La orientación de la Estructura 1 pertenece al Grupo 8, mientras que la de las Estructuras 47 y 51, que conforman un conjunto del tipo Grupo E, corresponde al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7, 9 y 11). La orientación de la Estructura 59 posiblemente registraba las salidas del Sol separadas por intervalos de 143 (= 11 × 13) o 221 (= 17 × 13) días (tabla 1; Šprajc y Morales-Aguilar 2007); cabe recordar que tales orientaciones se encuentran también en el sitio cercano de El Mirador (*v. supra*).

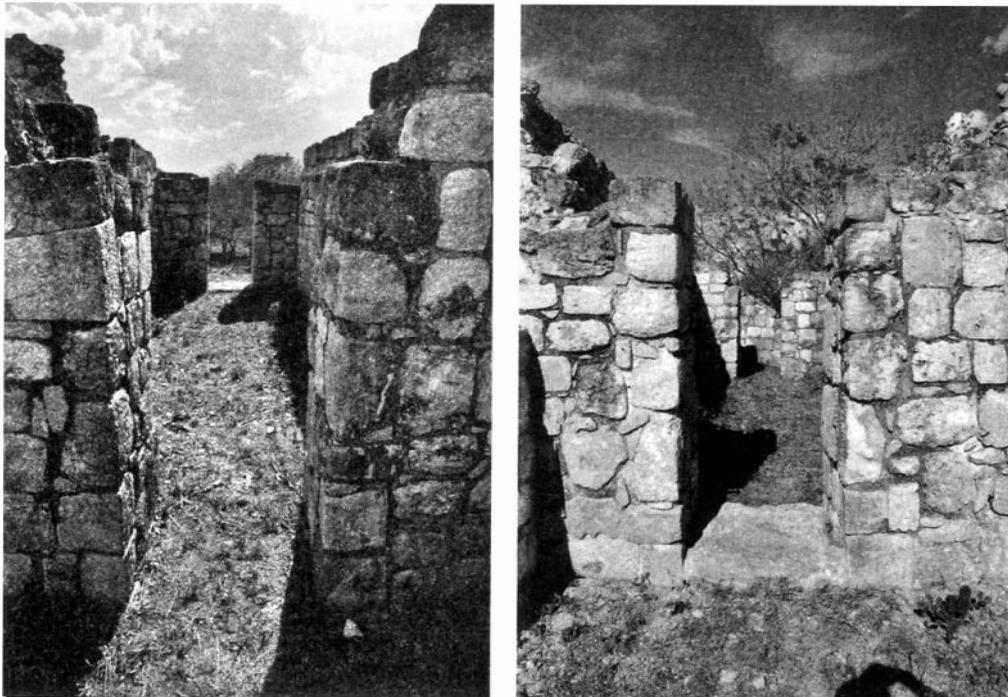
NUEVO CHETUMAL, CHIAPAS, MÉXICO

En la tabla 1 se presentan los datos para el Edificio 1, ubicado sobre una elevación natural relativamente prominente y fechado en el Clásico Tardío (Tovalín, Ortiz y Velázquez 2004); los Edificios 4 y 5, que se localizan 150 m al noroeste y en un nivel más bajo (*ibid.*: 58ss, figs. 4-6), tienen orientaciones parecidas. Aunque es posible que fueran ajustadas a la configuración del terreno natural, cabe notar que la orientación de la Estructura 1 puede relacionarse con los extremos mayores sur de Venus o la Luna en el horizonte poniente; debido a las incertidumbres en cuanto al azimut intencionado, no es posible dar preferencia a uno u otro referente celeste (tablas 1, 3 y 4). La direccionalidad poniente de la orientación, si es que tiene bases astronómicas, se ve apoyada por el hecho de que el horizonte suroeste está lejos, mientras que la línea del horizonte oriente se ubica a escasos cientos de metros de distancia.

OXKINTOK, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos datan del Clásico Tardío (Rivera 1989, 1990, 1992, 1996; Schmidt 2004).

La Estructura SA-1, también conocida como Satunsat, tiene paramentos con azimuts notablemente divergentes, por lo que no la incluimos en el presente estudio. Sin embargo, este singular edificio posee varios tragaluces que penetran desde su fachada poniente, atravesando los diversos cuartos en su interior, y que pudieron tener una función astronómica, relacionada con las puestas del Sol en los días de cuarto del año (Šprajc 1990, 1995).



a

b

Figura 35. Oxkintok, Estructura CA-14, cuarto superior, vista hacia el poniente (a) y el oriente (b). Foto: Ivan Šprajc.

El azimut este-oeste de la Estructura CA-14, anotado en la tabla 1, se midió a lo largo de la línea entre los puntos centrales de los vanos oriente y poniente de un cuarto alargado en dirección este-oeste y perteneciente a una subestructura (figura 35; cf. Schmidt 2004: 31ss). Estos vanos, ciertamente, hubieran facilitado las observaciones, pero en tal caso la orientación sólo pudo ser funcional hacia el poniente, ya que el cuarto alargado está comunicado con otro espacio que estaba cerrado por el lado oriente; además, la vista hacia el horizonte oriente la obstruye la adyacente Estructura CA-12, que no ha sido excavada (figura 35: b), pero que puede ser contemporánea o incluso más temprana que la CA-14. Es probable, en efecto, que la orientación fuera funcional hacia el poniente, ya que pertenece al Grupo 8 de orientaciones solares, señalando las puestas del Sol en los días de cuarto del año (figura 36; tablas 7 y 11), registrados en varios sitios, posiblemente también en el Satunsat de Oxkintok (*vsupra*). Un indicio de la considerable importancia de la Estructura CA-14 lo representa la tumba encontrada por Ricardo Velásquez en una de las subestructuras y conteniendo los restos de un personaje evidentemente relacionado con la clase gobernante de Oxkintok durante el Clásico Tardío (Schmidt 2004: 32s).

La Estructura DZ-8 pertenece al Grupo 3 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 10). La Estructura MA-1 parece haber registrado un intervalo de 160 (= 8×20) días en el horizonte poniente, aunque la otra posibilidad es que marcara las salidas del Sol separadas por un intervalo de 169 (= 13×13) días (tabla 1).

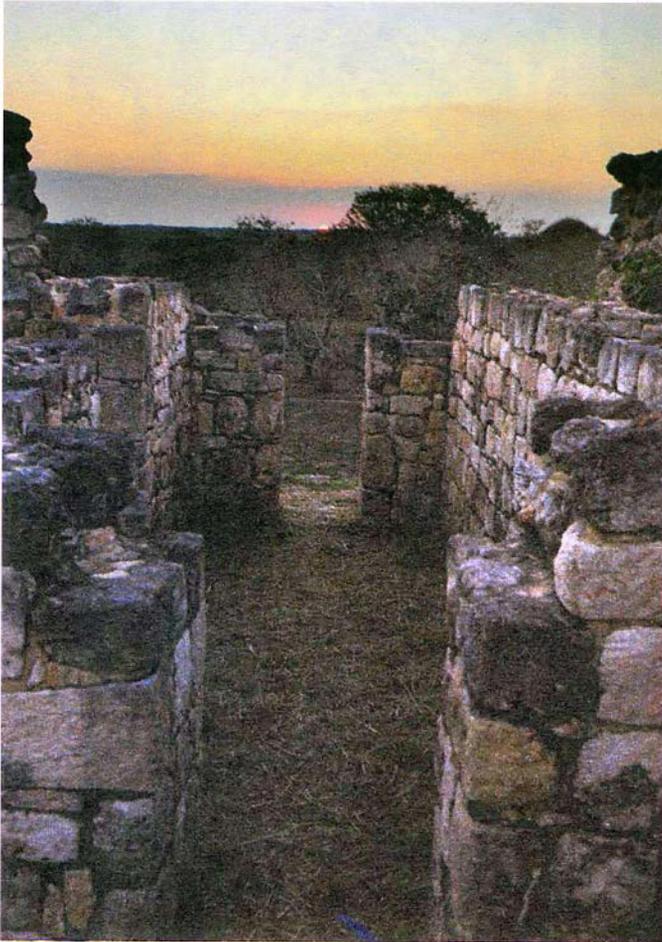


Figura 36. Oxkintok, Estructura CA-14, puesta del Sol el 23 de marzo de 2011. Foto: Ivan Šprajc.

OXTANKAH, QUINTANA ROO, MÉXICO

Las estructuras cuyas orientaciones fueron determinadas datan de los periodos Clásico Temprano y Tardío (De Vega Nova 2007; De Vega Nova *et al.* 2000). Las Estructuras I, III y IV se localizan en la Plaza Abejas, ocupando sus lados oriente, sur y poniente, respectivamente; las Estructuras VI y X delimitan la Plaza Columnas por sus costados oriente y norte, respectivamente (v. plano en De Vega Nova 2007: fig. 3).

El azimut este-oeste de la Estructura VI corresponde al eje de simetría del santuario superior; es posible que se refiriera a los extremos mayores norte de Venus en el horizonte poniente (tablas 1 y 3).

Las Estructuras I y X pertenecen al Grupo 11 de orientaciones solares (tablas 1 y 7). La orientación de la Estructura IV es parecida; aunque puede relacionarse con los extremos menores sur de la Luna en el horizonte oriente (tabla 5), es más probable que su objetivo fuera registrar las salidas del Sol el 20 de enero y el 21 de noviembre, separadas por un intervalo de 60 (= 3×20) días (tabla 1). Estas fechas y las que marcaban las Estructuras I y X pueden combinarse en un solo calendario observacional compuesto por múltiplos de 13 y de 20 días (tabla 20).

TABLA 20
ESQUEMA DE UN POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE OXTANKAH

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura IV	salida del Sol	ene 20	60	nov 21
Estructuras I y X	puesta del Sol	may 20	120 120	jul 24
			65	

La Estructura III parece haber marcado las salidas del Sol separadas por un intervalo de 280 (= 14 × 20) días (tabla 1).

PALENQUE, CHIAPAS, MÉXICO

Los edificios medidos pertenecen al Clásico Tardío (Nieto 1990; Nieto y Paillés 1993; Barnhart 2001; Liendo 2001, González Cruz 2004).

El azimut este-oeste del Templo de las Inscripciones en la tabla 1 corresponde a la fachada principal (norte) del santuario superior. La línea de la fachada prolongada hacia el oriente pasa por el Templo de la Cruz, exactamente por el centro del arranque de la pequeña escalinata que asciende por el último cuerpo escalonado de esta estructura a la plataforma con el santuario superior, lo que podría ser resultado de un acto deliberado (Hartung 1976: 133, figs. 8 y 9). El alineamiento que conforman los orificios rectangulares en los muros laterales de la crujía norte del santuario del Templo de las Inscripciones tiene prácticamente el mismo azimut. Anderson y Morales (1981) observan que la línea a lo largo de los dos orificios pasa por el punto en la penúltima terraza del Templo de la Cruz, donde originalmente estaba una estatua, y sugieren que ésta hubiera sido iluminada en los días cercanos a los solsticios, cuando los rayos del Sol en los momentos de su puesta pasaban por los agujeros del Templo de las Inscripciones. Esta suposición, sin embargo, debe ser refutada: debido a que la altura del horizonte poniente a lo largo de este alineamiento es de 1°, mientras que los dos orificios se encuentran casi al mismo nivel, formando un alineamiento horizontal —siendo la altura (dimensión vertical) de cada orificio de aproximadamente 32 cm y la distancia que los separa (longitud de la crujía) de 21 m—, los rayos del Sol nunca hubieran podido atravesarlos y mucho menos alcanzar el punto referido sobre el Templo de la Cruz, ya que éste se encuentra en un nivel más alto (figura 37; el ángulo vertical de la línea desde el orificio oriente del Templo de las Inscripciones hasta el punto mencionado sobre el Templo de la Cruz es de casi 2°). Es cierto que, en las fechas cuando el Sol se ponía a lo largo del alineamiento conformado por los dos agujeros, pudiera haberse observado un juego de luz y sombra en el interior de la crujía: el rectángulo iluminado, formado en la pared interior oriente por los rayos que pasaban por el orificio poniente, se hubiera observado, en los momentos de la puesta del Sol, justamente debajo del orificio oriente y verticalmente alineado con él (actualmente el fenómeno no se

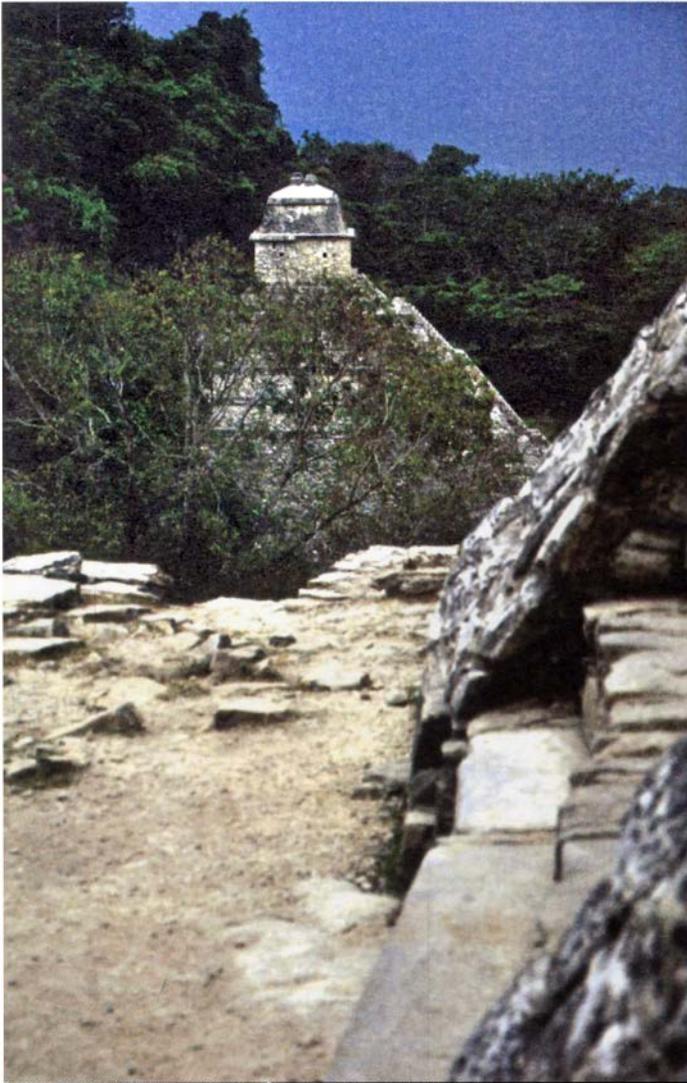


Figura 37. Palenque, vista desde la parte superior del Templo de la Cruz hacia el poniente, a lo largo de la fachada norte del Templo de las Inscripciones. Nótese que el santuario superior del Templo de las Inscripciones queda por debajo del punto de observación y considerablemente por debajo de la línea del horizonte (cerro) al fondo. Foto: Ivan Šprajc.

puede observar debido a la vegetación cercana que, al observar desde el Templo de las Inscripciones, obstruye la vista hacia el horizonte: figura 37). Sin embargo, este alineamiento difícilmente puede considerarse solsticial, como opinan Anderson y Morales (1981), Aveni y Hartung (1979: 173s, fig. 1) y Méndez *et al.* (2005: 47), porque al azimut basado en nuestras mediciones —que concuerda con los valores $202^{\circ}31'$ y $22^{\circ}39'$ que para la perpendicular a la fachada del templo determinaron Carlson (1976: 116) y Aveni y Hartung (1979: 176), respectivamente— le corresponde la declinación oeste de apenas 21.905° . Es posible que el propósito de la orientación fuera marcar las puestas del Sol el 30 de mayo y el 14 de julio, que delimitan un intervalo de 320 ($= 16 \times 20$) días (tabla 1). Por otra parte, la orientación podría referirse a los extremos menores de la Luna en el horizonte oriente (tabla 5); sin embargo, para la declinación este hay que considerar un error relativamente grande, ya que la ladera norte del cercano Cerro El Mirador, que forma la línea del horizonte oriente visible detrás del Templo de la Cruz, está actualmente cubierta por vegetación.

En vista de lo expuesto es inverosímil la hipótesis de Klokočník y Kostelecký (2013) sobre la orientación solsticial de la tumba de Pacal en el Templo de las Inscripciones. Considerando el posible error en sus lecturas realizadas con brújula, es probable que la orientación de la tumba obedezca a la del templo superior.

Debido al estado actual del Templo de la Cruz, su orientación no se puede establecer con mucha precisión. No obstante, los azimuts norte-sur y este-oeste que determinamos (tabla 1) son parecidos a los valores $210^{\circ}36'$ y $211^{\circ}45'$ proporcionados por Carlson (1976: 117) y Aveni y Hartung (1979: 176), respectivamente. La orientación tal vez señalaba los extremos mayores norte de la Luna en el horizonte poniente, como ya notaron Méndez *et al.* (2005: 61). En la dirección opuesta corresponde aproximadamente a las salidas del Sol en los solsticios de diciembre (tablas 1, 2 y 4), lo que llama la atención si recordamos la relación entre los extremos norte de la Luna llena y los solsticios de invierno, que parece reflejarse en la asociación de las orientaciones lunares y solsticiales en varios sitios (v. capítulo 3.2.5). Cabe advertir, sin embargo, que la relación de la orientación del Templo de la Cruz con los solsticios es dudosa, ya que para la declinación este hay que considerar un error bastante grande debido a la incertidumbre respecto a la altura del horizonte oriente, que se encuentra a escasos 200 m y corresponde a la ladera norte del cerro El Mirador, actualmente cubierta por el bosque tropical.

El azimut este-oeste que determinamos para el Templo del Sol (tabla 1) corresponde al eje central del santuario superior.³¹ La orientación es parecida a la del adyacente Templo de la Cruz (tabla 1), por lo que no es imposible que también el Templo del Sol marcara las paradas mayores norte de la Luna en el horizonte poniente, como ya constataron Méndez *et al.* (200: 50), quienes para su eje este-oeste asumieron el azimut $119^{\circ}46'$ determinado por Carlson (1976: 110, 117). Por otra parte, Méndez *et al.* (2005: 57ss) relacionan la orientación del Templo del Sol con las salidas del Sol en los días de su paso por el nadir. Aquí el problema es que el horizonte oriente de este edificio lo forma el contorno del cerro cercano de El Mirador, a unos 250 m distancia, sobre el que se localiza el Grupo D. Para que el Sol estuviera saliendo a lo largo del eje del Templo del Sol en los días de su paso por el nadir —es decir, teniendo la declinación equivalente al valor negativo de la latitud del lugar—, la altura del horizonte debería ser unos 28° . En realidad, actualmente las copas de los árboles sobre la ladera norte del cerro apenas rebasan los 25° de altura en esta dirección, por lo que la declinación correspondiente (cerca de -19°) no coincide con la que alcanza el Sol en las fechas de su tránsito por el nadir, y hay que considerar que, en la época del auge de la ciudad, el cerro tenía construcciones y seguramente no estaba cubierto por vegetación tan exuberante, por lo que la altura del horizon-

³¹ El azimut de Carlson (1976: 110, 117) es $119^{\circ}46' \pm \frac{1}{2}^{\circ}$, mientras que Aveni y Hartung (1979: 176) proporcionan los valores $120^{\circ}36'$ y $119^{\circ}28'$ para las partes superior e inferior, respectivamente.

te debió ser aun menor. Por otra parte, para que la orientación marcara las salidas del Sol en los solsticios de invierno, eventos con los que la relacionaron Carlson (1976: 110) y Aveni y Hartung (1979: 176), la altura del horizonte oriente debería ser apenas unos 15° , lo que también es poco probable. En vista de que la altura del horizonte oriente no se puede determinar de manera confiable, optamos por no incluirla en la tabla 1 y preferimos no especular sobre el posible referente astronómico del alineamiento hacia el oriente.

Por razones similares también es cuestionable la aserción de Méndez *et al.* (2005: 60, figs. 4 y 28) de que, desde el Templo del Sol, la cumbre del cerro El Mirador marca las salidas del Sol en el solsticio de invierno. Para que esto sucediera, la altura del cerro debería ser unos 32° ; según nuestras mediciones, la altura actual de las copas de los árboles en la cumbre del cerro, cuyo azimut es cerca de 134° , es aproximadamente 31.5° , pero hay que recordar nuevamente que el cerro, con el Grupo D en su parte alta, seguramente no estaba cubierto por vegetación, por lo que su altura angular debió ser considerablemente menor. Méndez *et al.* (2005) encuentran diversos alineamientos astronómicos en la configuración arquitectónica del Templo del Sol, así como en la disposición del Grupo de las Cruces en general. Mientras que ciertos elementos arquitectónicos mencionados en su argumentación indican que algunas de las correspondencias propuestas efectivamente pudieron haber sido logradas a propósito, la exactitud y la intencionalidad de otras parece más cuestionable, siendo el problema principal la falta de casos análogos.

Se han propuesto otras hipótesis cuya validez es difícil de verificar. Milbrath (1999: 271ss) relacionó la disposición de los edificios del Grupo de las Cruces con la visibilidad de las constelaciones Cruz del Norte y Cruz del Sur. Para el Templo de la Cruz Foliada Aveni y Hartung (1979: 176) determinaron el azimut $312^\circ30'$ (parecido al que determinamos nosotros: tabla 1), asociándolo con la puesta de la estrella Capella. A las partes superior e inferior del Templo del Conde los mismos autores asignaron los azimuts $107^\circ06'$ y $106^\circ44'$, respectivamente (el primero es casi idéntico al que medimos nosotros a lo largo del eje central del santuario superior: tabla 1), relacionando esta orientación con la salida de la estrella Sirio; en nuestra interpretación, la orientación pertenece al Grupo 9 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

Según Schele (1980: 74ss, 1981: 99), observando desde la torre del Palacio, el Sol en el solsticio de invierno parece hundirse en el Templo de las Inscripciones y, además, ilumina el interior del Templo de la Cruz. Carlson (1976: 110) observa que la trayectoria del Sol en el solsticio de invierno es, efectivamente, más o menos paralela a la escalinata del Templo de las Inscripciones, pero agrega que no es posible evaluar la hipótesis de manera cuantitativa. Podríamos añadir, aunque con la misma incertidumbre, que el descenso del Sol aproximadamente paralelo a la escalinata del Templo de las Inscripciones pudiese haberse observado también desde la parte superior del Templo de la Cruz (figura 37), pero en este caso en el solsticio de verano.

Es posible que la torre del Palacio haya servido para observaciones astronómicas, como han sugerido diversos autores, pero los elementos arquitectónicos que se conservan no permiten establecer ningún alineamiento con suficiente precisión. Anderson *et al.* (1981) atribuyeron una función astronómica a la ventana en forma del signo Ik, en el muro poniente de la torre; según su reconstrucción, en los momentos de la puesta del Sol la imagen iluminada de la ventana tocaba por primera vez en el año una pared especialmente construida en el cuarto interior el día 30 de abril, extendiéndose en los días siguientes hasta que, en el solsticio de verano, la proyección completa del agujero cayera en la pared. El movimiento al revés pudo observarse en los días siguientes hasta que, en la fecha 12 de agosto, la imagen iluminada tocaba la pared por última vez. Al observar el fenómeno, el 29 de abril de 2011, pudimos constatar que la suposición de Anderson *et al.* (1981) es, en términos generales, correcta. No obstante, con base en las dimensiones de la pared y del cuarto es posible calcular que, alrededor del 30 de abril y el 12 de agosto, el desplazamiento diario de la imagen iluminada es de escasos 8 mm, por lo que resulta cuestionable si el dispositivo hubiera permitido determinar estas fechas con precisión.

Los templos al sur del Grupo de las Cruces (XVII, XIX y XX) se sitúan entre los cerros cercanos, relativamente altos y cubiertos por vegetación, por lo que es imposible determinar, de manera confiable, las alturas del horizonte que corresponden a sus orientaciones; por consiguiente, sería enteramente especulativo tratar de determinar sus posibles referentes astronómicos. Asimismo, y no obstante los intentos de Aveni y Hartung (1979) y Galindo (2001a: 295ss), creemos que resulta difícil reconstruir los posibles alineamientos astronómicos incorporados en los múltiples edificios del Palacio.

Considerando la configuración accidentada de los terrenos en los que se extiende Palenque, vale la pena llamar la atención sobre la posibilidad de que fueran ante todo los edificios ubicados en las partes altas de las elevaciones los que tenían orientaciones astronómicamente funcionales, pero estas estructuras permanecen sin excavar.

PLAN DE AYUTLA, CHIAPAS, MÉXICO

El núcleo de este sitio, con edificios construidos en el periodo Clásico, se compone de las Acrópolis Este y Oeste, ubicadas sobre dos cerros naturales, a 250 m de distancia (Tovalín y Ortiz 2003; Tovalín, Ortiz y Velázquez 2004: 60ss, figs. 7-10; INAH 2005; Martos 2007).

Las estructuras de las dos acrópolis manifiestan orientaciones parecidas, estando alineadas a lo largo de la línea con la que podemos unir las cumbres de ambos cerros y cuyo azimut es de aproximadamente 44°. Los azimuts norte-sur y este-oeste que aparecen en la tabla 1 representan valores medios de los azimuts medidos en las estructuras de la Acrópolis Oeste, ya que el cerro en el que se ubica este grupo es considerablemente más alto que el de la Acrópolis Este y, por lo tanto, hubiese sido más idóneo para observaciones astronómicas. Los

azimuts medios que corresponden a los edificios de la Acrópolis Este son parecidos (44.91° y 132.15°), pero las variaciones entre estructuras particulares son más grandes que entre las de la Acrópolis Oeste. Las orientaciones parecen haber sido dictadas por la línea con la que podemos unir las dos elevaciones, pero es posible que la selección del lugar fuera condicionada por el hecho de que la perpendicular al alineamiento corresponde aproximadamente a los puntos de orto de la estrella Fomalhaut (tabla 6).

POMONÁ, TABASCO, MÉXICO

Los edificios cuyas orientaciones se determinaron datan de los periodos Clásico Temprano y Tardío (Juárez 1994; García Moll 2003a, 2007b; López Varela 1995, 1998).

Las Estructuras 4 a 7 del Conjunto I, que encierran la plaza principal por su lado poniente, comparten la misma orientación, que pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). También las Estructuras 9 a 13, plataformas bajas en el lado opuesto de la plaza, manifiestan orientaciones similares, mientras que la de la Estructura 1, en el lado norte, es notablemente diferente, correspondiendo al Grupo 3 (tablas 1, 7 y 10; cf. planos en Juárez 1994: fig. 1; García Moll 2007b: fig. 6). Las dos orientaciones hubieran permitido el manejo de un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 20 días (tabla 21); notemos que este esquema es idéntico al que reconstruimos para Becán (tabla 12).

TABLA 21
ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL DE POMONÁ

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estructura 4	salida del Sol	feb 12	105	oct 30
Estructura 1	puesta del Sol	abr 13	60 60	ago 31
			140	

POXILÁ, YUCATÁN, MÉXICO

La orientación de la Estructura 1, la principal del sitio, fechada en el Preclásico Medio (Robles *et al.* 2006; Robles y Ceballos s.f.; Peniche 2012), pertenece al Grupo 8 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8).

RÍO BEC, CAMPECHE, MÉXICO

Los tres edificios medidos datan del Clásico Tardío, manifestando características del estilo arquitectónico denominado según este sitio (Potter 1977: 94ss; Michelet *et al.* 2007).

La orientación de la Estructura 1 del Grupo A pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9). La orientación de la Estructura 1 del

Grupo B no es común, pero el hecho de que el eje de simetría de su entrada oriente, que pudo medirse con precisión, corresponde a las salidas del Sol separadas por un intervalo de 220 (= 11×20) días es difícilmente fortuito (tabla 1). El edificio principal del Grupo D probablemente señalaba las puestas del Sol en las fechas 31 de marzo y 12 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 (= 10×20) días y registradas también en otros sitios, p. ej. en Aké (Estructura 2) y Tikal (Estructuras 5C-54 y 5D-86 de Mundo Perdido y 5D-46 de la Acrópolis Central; tabla 1).

SABANA PILETAS, CAMPECHE, MÉXICO

El edificio superior del Grupo Columnitas, fechado en el Clásico Tardío (Benavides y Novelo 2008), pudo haber sido orientado hacia las paradas mayores de la Luna o hacia los extremos máximos norte de Venus en el horizonte poniente (tablas 1, 3 y 4). Es interesante, por lo tanto, que en el Grupo Esculturas, situado inmediatamente al poniente del Grupo Columnitas, Novelo y Benavides (2009: 87, 90s) hallaron algunos relieves que representan al dios L, asociado con Venus (Closs 1979: 150ss; Šprajc 1993a: 22s, 1996a: 34), y un monolito similar a otras esculturas del Puuc campechano conocidas como *Xnuk* (“mujer anciana”) y posiblemente relacionadas con la diosa vieja de la Luna (cf. Milbrath 1999: 141ss; Benavides s.f.).

SAN CLAUDIO, TABASCO, MÉXICO

Los muros expuestos en la Estructura 1, la más grande del sitio, datan de épocas distintas y manifiestan azimuts diferentes; los datos en la tabla 1 corresponden a las partes inferiores y presumiblemente las más antiguas, pertenecientes al Clásico Temprano (Romero 2003). La orientación quizá marcara las puestas del Sol separadas por 100 (= 5×20) días, aunque también podemos relacionarla con las paradas menores norte de la Luna en el horizonte poniente (tablas 1 y 5). La orientación de la Estructura 12 no es solsticial, como se supuso con base en la desviación de 25° (INAH 2010), que ha de referirse a los rumbos cardinales magnéticos; es posible que el edificio fuera orientado hacia los extremos mayores norte de Venus como estrella de la tarde (tablas 1 y 3).

SAN GERVASIO, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio, el más grande de la isla de Cozumel, pertenecen al Clásico Temprano y Tardío y, en su mayoría, al Posclásico Tardío (Sabloff y Rathje 1975; Freidel y Sabloff 1984; Robles 1986a, 1986b; Sierra Sosa 1994; Azcárate y Ramírez 2000; Ramírez y Azcárate 2000). El significado astronómico de las orientaciones fue discutido anteriormente en otro estudio (Šprajc 2009).

Varios edificios manifiestan orientaciones con azimuts este-oeste cerca de $115^\circ/295^\circ$, que corresponden a las declinaciones del Sol cerca de los solsticios de junio y de diciembre. En el Grupo I (Central) se encuentran así orientadas las Estructuras 5-a (El Palacio), 6-a (El Osario), 6-c (Los Nichos) y 7-a (Las

Columnas);³² el mismo eje solsticial lo reproducen el Sacbé 2, que conduce del Grupo I al Grupo III (Manitas) al oriente, la Estructura 30-a (32) en el Grupo II y la Estructura 27-a (La Tumba) en el Grupo III. Las demás orientaciones solsticiales se encuentran en el Grupo VI (El Ramonal) (tablas 1 y 2). Evidentemente paralelo al Sacbé 2 está, como se observa en el plano del sitio (Sabloff y Rathje 1975: plano anexo), el Sacbé 7, en el conjunto al suroeste del Grupo I. Asimismo, quizá no sea casual que el Grupo Murciélagos y la Estructura 32-a (Nohoch Nah) estén situados a lo largo de una línea aproximadamente solsticial. Aunque el estado actual de varios edificios no permite determinar sus orientaciones intencionadas con mucha precisión, es evidente que no todos estaban orientados hacia los eventos solsticiales con exactitud. Podemos suponer que sólo algunos fueron destinados para las observaciones, mientras que la orientación de los aledaños fue menos exacta y tan sólo ajustada, de manera aproximada, a los que eran astronómicamente funcionales.

Entre los edificios con probable función observacional destaca la Estructura 41-a (Ka'na Nah), ante todo porque es uno de los edificios más altos e importantes de San Gervasio (Gregory 1975: 105; Freidel y Sabloff 1984: 63ss, figs. 14 y 15). En su parte alta se conservan los restos del santuario cuya entrada, así como la escalinata principal de la estructura, miran hacia el poniente, mientras que el espacio interior del santuario lo divide un muro que corre en dirección norte-sur, pero no alcanza los muros norte y sur, dejando estrechos accesos laterales al aposento interior oriente; este muro está, además, perforado por un vano central (Sierra Sosa 1994: 109, fig. 38). El azimut citado en la tabla 1 representa el valor medio de los azimuts medidos a lo largo de las jambas de la entrada exterior y del vano central en el muro interior, pero no necesariamente reproduce el valor originalmente intencionado con mucha precisión, debido a que en las jambas faltan partes considerables del estuco. La disposición del edificio, que posee tanto la escalinata principal de acceso como la entrada al aposento superior del lado poniente, sugiere que la intención de los constructores fue registrar las puestas del Sol en los solsticios de junio: puesto que la entrada poniente al santuario superior es ligeramente más ancha que el vano en el muro interior, los rayos solares que penetran en el espacio interior, al ponerse el Sol en los días solsticiales, forman en la pared poniente del muro interior dos franjas iluminadas a cada lado del vano central (figura 38). Frente a este vano se encuentra, adosado a la pared poniente del muro medial, un

³² En la nomenclatura establecida por el proyecto Harvard-Arizona en los años 1970, las designaciones de los edificios de Cozumel incluyen el código del sitio, compuesto por la letra C y un número, seguido por el número de la estructura (Gregory 1975: 91; Freidel y Sabloff 1984: 5ss). Para referirnos a las estructuras de San Gervasio empleamos esta nomenclatura en forma abreviada, omitiendo el código del sitio (C22). Algunos nombres alternativos que se han introducido recientemente se añaden entre paréntesis.



Figura 38. San Gervasio, Estructura 41-a (Ka'na Nah), juego de luz y sombra en la pared poniente del muro divisorio interior del santuario superior, al ponerse el Sol el 3 de julio de 2009. Nótese que la franja iluminada del lado izquierdo del vano central es considerablemente más ancha que la del lado derecho, debido a que la foto fue tomada 12 días después del solsticio de verano y, además, casi 20 minutos antes de la puesta del Sol. Foto: Ivan Šprajc.

altar cuadrangular.³³ Si este altar sostenía la escultura de la deidad a la que estuvo dedicado el templo, como supone Freidel (1975; Freidel y Sabloff 1984: 64), los rayos del Sol, cuando éste se estaba acercando al horizonte poniente en el solsticio de verano, hubieran iluminado la figura. Desde luego, tal juego de luz y sombra podría haberse observado durante varios días, por lo que no hubiera permitido determinar la fecha exacta de solsticio, pero pudo haber tenido un gran significado simbólico.

³³ En los planos de esta estructura de Freidel (1975: fig. 25) y Freidel y Sabloff (1984: figs. 14 y 15), este altar se encuentra dibujado en el lado erróneo, es decir, adosado a la pared oriente del muro divisorio interior.

Freidel (1975) y Freidel y Sabloff (1984: 44, 152s, 164) argumentan que el edificio de Ka'na Nah era una versión o predecesor del santuario de Ixchel reportado en fuentes históricas y ubicado en el asentamiento que estaba en las inmediaciones del actual poblado San Miguel de Cozumel. Citando este dato, Galindo (2002) afirma que la estructura de Ka'na Nah está orientada, con el azimut de $300^{\circ}21'$, hacia las paradas mayores de la Luna en el horizonte poniente. Los resultados de nuestras mediciones (tabla 1), apoyados por el registro fotográfico del juego de luz y sombra en los días cercanos al solsticio de verano (figura 38), demuestran que esta afirmación es errónea.

No obstante, es muy probable que los alineamientos lunares estén incorporados en otros edificios de San Gervasio. Además, recordando la interesante relación entre los extremos de la Luna llena y los solsticios (capítulo 3.2.5), parece significativa la asociación de las orientaciones lunares con las solsticiales, siendo particularmente llamativo el caso del grupo El Ramonal.

Las declinaciones que corresponden al azimut este-oeste de la acrópolis del grupo El Ramonal son cercanas a las que alcanza la Luna en sus paradas mayores (tablas 1 y 4). Cabe notar que este azimut fue medido a lo largo del talud sur y de la escalinata de acceso, los únicos elementos excavados de la acrópolis; la orientación del talud y la escalinata corresponde, según el plano de Azcárate y Ramírez (2000: fig. 3), a la orientación de la mayoría de los edificios sobre la plataforma de la acrópolis, pero no necesariamente la reproduce con mucha precisión, por lo que las declinaciones correspondientes no permiten ninguna conclusión confiable respecto a la dirección en la que esta orientación pudiese haber sido funcional. Como hemos comentado en el capítulo 3.2.5, los datos sobre las orientaciones indican que las orientaciones lunares eran funcionales predominantemente hacia el poniente, marcando los extremos mayores norte. Sin embargo, en el caso del grupo del Ramonal de San Gervasio parece más probable un escenario diferente. Considerando que, entre las estructuras sobre la acrópolis que manifiestan la orientación posiblemente lunar, la más alta y, por tanto, la más idónea para las observaciones es la Estructura 54-a (VI-3c), situada en el costado poniente de la plaza y orientada con su escalinata de acceso hacia el oriente, es probable que desde este edificio se observaran las salidas de la Luna que, al alcanzar su parada mayor sur, aparecía a lo largo del eje central este-oeste del edificio y, además, por encima del centro de la Estructura 49 (VI-3g), situada en el lado opuesto de la plaza. Ahora bien, las Estructuras 47 (VI-2c) y 48a (VI-2a), en la plaza inmediatamente al sur de la acrópolis, están orientadas solsticialmente y —según el plano de Azcárate y Ramírez (2000: fig. 3)— también los edificios en el lado oriente de la acrópolis comparten la misma orientación (figura 39). La dirección observacionalmente funcional de estas orientaciones tampoco puede determinarse de manera confiable, pero la direccionalidad poniente es sugerida por la Estructura 41-a (Ka'na Nah), ubicada inmediatamente al sureste de la acrópolis de El Ramonal; como ya comentamos, este edificio, a juzgar por su disposición arquitectónica, registraba las puestas del

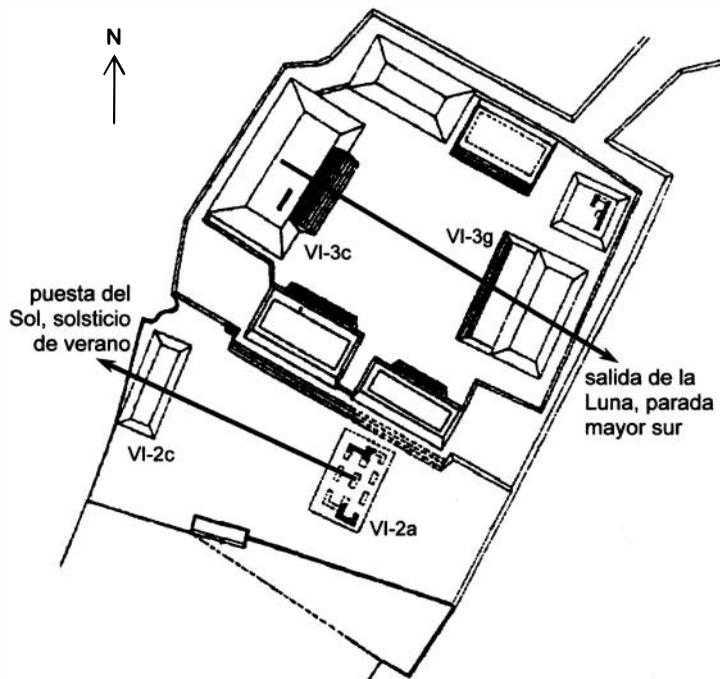


Figura 39. San Gervasio, plano del Grupo El Ramonal (según Azcárate y Ramírez 2000: fig. 3), con los alineamientos discutidos en el texto.

Sol en el solsticio de junio. Aunque cabe advertir que Ka'na Nah pertenece al Posclásico Tardío (Gregory 1975: 105; Freidel y Sabloff 1984: 152ss; Sierra Sosa 1994: 109), mientras que los demás edificios de El Ramonal han sido fechados para el periodo Clásico (algunas subestructuras podrían ser aun más tempranas: Gregory 1975: 103s; Azcárate y Ramírez 2000: 15), no es improbable que la práctica observacional atestiguada para el Posclásico fuera heredada de épocas anteriores.³⁴ Las circunstancias presentadas sugieren, por lo tanto, que las orientaciones solsticiales del grupo El Ramonal marcaban las puestas del Sol más alejadas hacia el norte, mientras que la orientación lunar de la mayoría de los edificios sobre la acrópolis se refería a las salidas de la Luna llena más alejadas hacia el sur.

En relación con la propuesta continuidad de las prácticas observacionales, es interesante que, según Freidel y Sabloff (1984: 151ss), el recinto cívico-ceremonial del grupo El Ramonal (llamado Distrito 2 en su nomenclatura) fungió como centro del asentamiento durante el Clásico, mientras que en el Posclásico Tardío, como lo sugieren ante todo las características y los contextos del material cerámico encontrado en la Estructura 48a (*ibid.* 151s; Gregory 1975: 103), fue usado como lugar de culto. Considerando que la Estructura 41-a, interpretada como santuario de Ixchel, fue construida en las inmediaciones del antiguo

³⁴ Freidel y Sabloff (1984: 153) advierten que la Estructura 41-a, cuya última fase pertenece al Posclásico Tardío, posee varias etapas constructivas anteriores.

centro ceremonial, Freidel y Sabloff (1984: 153) concluyen que este último fue el sitio original del culto oracular:

Certainly a strong tradition of sanctity in this precinct would explain the presence of the Decadent period cult of the talking idol combined with a complete lack of construction activity in the precinct itself. (Freidel y Sabloff 1984: 155).

Por consiguiente, si el templo original de Ixchel estaba en la acrópolis de El Ramonal, la presencia de alineamientos lunares resulta aún más probable. Por otra parte, el hecho de que la orientación de Ka'na Nah no es lunar sino solsticial no necesariamente debilita la identificación de este edificio con el oráculo dedicado a Ixchel, basada en la comparación de sus características arquitectónicas con las descripciones históricas del santuario actualmente desaparecido, que debió estar en el asentamiento cercano a la ciudad moderna de San Miguel (Freidel 1975; Freidel y Sabloff 1984: 44, 152s, 164). Si la acrópolis de El Ramonal siguió siendo escenario de actividades rituales durante el Posclásico Tardío, también es probable que haya conservado su función astronómica; es decir, mientras que el nuevo templo sirvió para registrar las puestas solsticiales del Sol, las salidas extremas de la Luna continuaron observándose en el antiguo recinto ceremonial. En vista de los atributos de Ixchel referidos arriba, la idea de que en su templo se observara el Sol no es inverosímil: en la cosmovisión mesoamericana, la Luna estaba estrechamente relacionada con el Sol nocturno y ambos se asociaban con el agua, la tierra y la fertilidad (Klein 1976: 97, 1980; Milbrath 1999: 105ss; Šprajc 1996a: 61); además, Xbalanqué, uno de los héroes gemelos de *Popol Vuh*, representa tanto el Sol nocturno como la Luna llena (Tedlock 1985: 296ss; Milbrath 1999: 130; Baudez 1985: 33ss). Puesto que la transformación del astro diurno al nocturno ocurría en el horizonte (Klein 1980: 165ss), no es irrazonable imaginar que la hierofanía solsticial contemplada en Ka'na Nah fue concebida como momento liminar en el que el Sol, a punto de ponerse, estaba adquiriendo los poderes que compartía con Ixchel y con el otro avatar celeste de la diosa, observado en su adoratorio antiguo. Considerando los dominios de Ixchel, la relación de su santuario con las puestas del Sol también concuerda con el simbolismo del lado poniente del universo, asociado con el agua, el maíz y la fertilidad (Šprajc 1996b: 187ss, 2001a: 88ss, 2004b).

Si bien no podemos descartar la posibilidad de que la orientación de la Acrópolis de El Ramonal, así como la de las Estructuras 4-a (El Álamo) y 4-b (Los Murales), se relacionara con los extremos mayores norte de Venus (tablas 1 y 3), la interpretación lunar resulta, en vista de los datos contextuales examinados arriba, mucho más verosímil.

La Estructura 32-a (Nohoch Nah), desviada en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales, tal vez señalaba los extremos menores norte de la Luna en el horizonte poniente (tabla 5), aunque también llama la atención que uno de los intervalos que separan las puestas del Sol que corresponden a la orientación de este edificio es casi exactamente 80 (= 4 × 20)

días (tabla 1). Cabe notar que el azimut este-oeste en la tabla 1 corresponde al eje de simetría de las entradas en los muros oriente y poniente del edificio y que la entrada poniente es ligeramente más ancha que la del muro oriente. Por lo tanto, si la orientación se relacionaba con el Sol, en el interior del edificio pudieron observarse los juegos de luz y sombra análogos a los ya descritos en relación con la estructura Ka'na Nah: en las fechas cuando el Sol, al ponerse, estaba alineado con el eje del edificio, la sombra de las jambas de la entrada poniente se demarcaba en la pared interior del muro oriente, dejando angostas franjas iluminadas a ambos lados de la entrada oriente. No es posible establecer la precisión con la que se pudieran haber fijado las fechas, debido a que faltan partes considerables del estuco que originalmente recubría las jambas. Desde luego, las observaciones también pudieron haberse realizado a lo largo de ambas entradas de manera directa, estando el observador fuera del edificio, frente a la entrada oriente.

Los motivos de la inusual desviación de Nohoch Nah, es decir, al norte del oriente, podrían estar relacionados con el Sacbé 1, que conduce del Grupo I a Nohoch Nah con el azimut de aproximadamente 45° , pero a partir de esta estructura, que posiblemente marcaba los límites de la ciudad, cambia su rumbo a unos 80° (Hernández 1986: 24s). Según Franco (1986: 26), su dirección fluctúa entre 70° y 90° , pero en los planos de San Gervasio de Sabloff y Rathje (1975: plano anexo), Robles (1986a: fig. 2, 1986b: plano anexo) y Sierra Sosa (1994: fig. 2), así como en el mapa de *sacbeob* en Freidel y Sabloff (1984: fig. 19), puede observarse que el azimut del *sacbé* es, a partir de Nohoch Nah, entre 70° y 80° , aumentando a unos 90° apenas después de los primeros 100 metros aproximadamente. Es decir, cualquiera que haya sido el motivo, parece bastante evidente que la concordancia entre la orientación de Nohoch Nah y el curso del *sacbé* en su primer tramo hacia el oriente no es fortuita. La ubicación del edificio, por la que los usuarios del camino estaban prácticamente obligados a atravesarlo (Freidel y Sabloff 1984: 57), no hubiera sido incompatible con su propuesta función observacional.

La Estructura 34-d del Grupo IV (Murciélagos), fechada en el Posclásico Tardío y notablemente desviada respecto a las adyacentes que conforman el Grupo IV, es bastante pequeña (Gregory 1975: 100, fig. 20; Freidel y Sabloff 1984: fig. 25; Sierra Sosa 1994: 103s, fig. 35), pero debe haber tenido considerable importancia: en su interior fue depositada, debajo de una banqueta con un posible altar, una ofrenda que, además de una colección de hachas de jade y piedra verde, contenía fragmentos grandes de un metate y al menos dos manos de basalto (Gregory 1975: 100). Si estos objetos tenían alguna relación con el ritual agrícola, el simbolismo del edificio sería congruente con el significado de su orientación, que pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8); según aducimos en el capítulo 4.1, es muy probable que las fechas señaladas por este grupo de orientaciones delimitaran un ciclo agrícola canónico o ceremonial.

TABLA 22
 ESQUEMA DEL POSIBLE CALENDARIO OBSERVACIONAL
 DE SAN GERVASIO

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)		fecha
Estructura 5-a (El Palacio) y otras	salida del Sol	dic 21	40	40	dic 21
Estructura 32-a (Nohoch Nah)	puesta del Sol	ene 30			nov 11
Estructura 34-d	salida del Sol	feb 12	13	12	oct 30
Estructura 41-a (Ka'na Nah) y otras	puesta del Sol	jun 22	130	130	jun 22

Las fechas que, según argumentamos, probablemente registraban varios edificios de San Gervasio pueden incorporarse en un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 13 y de 20 días (tabla 22).

Las Estructuras 6-b (Grupo I o Central), 34-a y 34-e (Grupo IV o Murciélagos) tal vez fueron orientadas hacia el punto de salida de la estrella Fomalhaut (tablas 1 y 6). Es interesante que las orientaciones de las Estructuras 6-b y 34-e, ambas del Posclásico Tardío, son similares, mientras que la Estructura 34-a, fechada en el Clásico Tardío (Sierra Sosa 1994: 88ss, 103s, fig. 19), tiene un azimut más grande: las declinaciones correspondientes concuerdan, con bastante precisión, con las que tenía la estrella Fomalhaut en los respectivos periodos (Hawkins 1968: 88; Ruggles 2015a: tabla 31.1). Mencionemos, también, que la decoración del inusual incensario encontrado en la Estructura 34-e consiste en motivos cruciformes elaborados con puntos y líneas (Gregory 1975: 101s, fig. 21),³⁵ ante la posibilidad de que se trate de la representación de algún asterismo, podemos recordar que una constelación en forma de cruz, documentada entre los quichés y los cakchiqueles en los altos de Guatemala, probablemente incluye la estrella Fomalhaut (Remington 1980: 117s, fig. 6.8).

SANTA ROSA XTAMPAK, CAMPECHE, MÉXICO

Para la orientación del Palacio de este sitio Chenes, cuyo florecimiento corresponde al Clásico Tardío (Pollock 1970: 46ss; Potter 1977: 108ss; Andrews 1995; Michelet y Becquelin 2001: 219ss; Hohmann 2006; Zapata 2007), Aveni (1991: 355) proporcionó el azimut de $208^{\circ}29'$, por lo que parecía probable su relación con los extremos máximos de Venus (Aveni 1982: 14; Šprajc 1996a: 79). Sin embargo, las mediciones en campo revelaron que el azimut este-oeste del edificio es de $117.85^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ y que la declinación oeste correspondiente (tabla 1) discrepa de los valores máximos que alcanzaba Venus durante el Clásico Tardío

³⁵ Gregory (1975: 101s) asocia el incensario con la Estructura 34-c, pero evidentemente se trata de un error, ya que su descripción del edificio corresponde claramente al que está marcado en el plano de Freidel y Sabloff (1984: fig. 25a) como Estructura 34-e.

y Terminal (de 26.4° a 27.4° aproximadamente: Šprajc 2015a). Podemos suponer que la orientación astronómicamente funcional fue incorporada en otro edificio y que las estructuras aledañas, incluyendo el Palacio, la reproducían, pero sin mucha precisión; como ya notaron Michelet y Becquelin (2001: 221), las orientaciones de las estructuras en el núcleo del sitio son bastante uniformes. La estructura piramidal al sureste del Palacio, la más alta del sitio, parece particularmente idónea para las observaciones, pero por no haber sido excavada, su orientación no puede determinarse con precisión; según el plano de Pollock (1970: fig. 56), y de acuerdo con la disposición del edificio observada en campo, su orientación podría relacionarse con los extremos de Venus o con las salidas o puestas solsticiales del Sol.

SAYIL, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos manifiestan el estilo arquitectónico Puuc del Clásico Tardío y Terminal (Pollock 1980: 85ss; Sabloff y Tourtellot 1991; Carrasco y Boucher 1990). Las orientaciones del edificio llamado El Mirador y del piso superior del Palacio Norte (los niveles inferiores exhiben orientaciones divergentes) pertenecen al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8). La orientación del Palacio Sur corresponde aproximadamente a los extremos lunares menores norte en el horizonte poniente (tabla 5); la otra posibilidad es 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 señaladas también en otros sitios (p. ej. en Castillo Real, Hochob, Oxtankah y Xlapak: tabla 1).

TABASQUEÑO, CAMPECHE, MÉXICO

Los edificios de este sitio Chenes datan del Clásico Tardío y Terminal (Pollock 1970: 19ss; Potter 1977: 113s; Benavides y Novelo 2010). La orientación de la Estructura 1 pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8), mientras que la Estructura 3 probablemente señalaba las salidas del Sol en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, que delimitan un intervalo de 120 (= 6×20) días; este par de fechas también lo registran edificios importantes en otros sitios, tales como la Estructura IV-B de Calakmul, la Estructura 1 de Chacchoben, la pirámide Monos de El Mirador y los Templos IV y V de Tikal (tabla 1).

Tichy (1994) sugiere que los edificios semejantes a la torre asociada a la Estructura 3 de Tabasqueño, tales como la Estructura 5 de Hochob y las torres de Nocuchich y Chenchán, servían para observar las sombras que arrojan sus elementos arquitectónicos a mediodía y, de esta manera, determinar las fechas en las que el Sol pasa por el cenit local. La hipótesis es llamativa, considerando que los edificios referidos se encuentran casi en el mismo meridiano; sin embargo, en vista de sus dimensiones relativamente modestas, el desplazamiento de las sombras en los días consecutivos es apenas perceptible (cf. Aveni 1995: S77s) y sería interesante verificar si realmente permite determinar las fechas de los pasos cenitales del Sol.

Morales y Sumner-Faust (1986) discuten el posible significado astronómico de varios alineamientos que encuentran en la disposición de elementos arquitectónicos de los edificios de Tabasqueño. Al no contar con casos análogos en otros sitios, empero, resulta imposible verificar la viabilidad de estas hipótesis.

TANCAH, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio datan de los periodos Posclásico Temprano y Tardío (Lothrop 1924: 120ss; A. Miller 1982).

Los datos sobre la orientación de la Estructura 1 en la tabla 1 corresponden al santuario superior, fechado en el Posclásico Tardío. En tanto que esta orientación pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 7 y 8), la etapa temprana a la que pertenece el basamento, sólo parcialmente excavado, podría tener una orientación diferente.

La Estructura 6 probablemente señalaba las salidas del Sol en el solsticio de diciembre (tablas 1 y 2). Orientaciones muy parecidas a la de la Estructura 6 las poseen dos estructuras ubicadas al sur de ésta e inmediatamente al noroeste de la Estructura 10 (v. plano en A. Miller 1982: fig. 8). La orientación de esta última pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

Debido al estado actual de la Estructura 12, su azimut este-oeste, originalmente intencionado, no se puede determinar con mucha precisión. Considerando el error estimado, podría relacionarse con las paradas mayores de la Luna (tabla 4), pero es más probable que el edificio fuera orientado hacia los extremos máximos norte de Venus en el horizonte poniente; la declinación correspondiente (tablas 1 y 3) es muy cercana a las que alcanzaba el planeta durante el Clásico Terminal y el Posclásico Temprano (cf. Šprajc 1996a: 142ss, fig. 27, tabla 1, 2015a), periodo al que pertenece el edificio (A. Miller 1982: 38). La idea es congruente, además, con la iconografía de los murales que se conservan en el interior del santuario superior y que, según A. Miller (1982: 57s, 68s, 89, Plate 6), podrían referirse al culto de Quetzalcóatl: la escena representa un ritual agrícola en el que participan los dioses de la lluvia y el dios del maíz; uno de los *chaacoob* lleva en sus manos a una serpiente emplumada, y sabemos que este ser sobrenatural se asociaba con Venus y que el planeta, especialmente su aspecto vespertino, estaba conceptualmente relacionado con la lluvia y el maíz. Asimismo, podemos recordar que los extremos mayores norte de la estrella de la tarde —fenómenos con los que podemos relacionar la orientación de la Estructura 12— siempre ocurren a principios de mayo, por lo que anuncian o coinciden con el inicio de la temporada de lluvias (capítulo 3.2.4; Šprajc 1993a, 1993b, 1996a, 1996b).

Mientras que la Estructura 12 está orientada con su entrada hacia el oriente, la Estructura 16, localizada a unos 20 m hacia el oriente, mira con su escalinata de acceso hacia el poniente. Algunos muros expuestos en la Estructura 16 sugieren que ambos edificios compartían la misma orientación.

En relación con la Estructura 12, Flores Gutiérrez (2001) propuso una serie de hipótesis astronómicas que difícilmente podemos comentar, ya que el azimut

de 106.4° que le asignó al edificio difiere notablemente del valor que, con base en las mediciones a lo largo de los muros norte y sur del santuario, determinamos nosotros (tabla 1).

TIKAL, PETÉN, GUATEMALA

Los edificios medidos en este sitio pertenecen a distintos periodos, desde el Preclásico Medio hasta el Clásico Tardío (Carr y Hazard 1961; Coe 1990; Fialko 1987, 1988; Gómez 2012; Harrison 1970, 1999; Herman 2007; Laporte 2001, 2003; Laporte y Fialko 1995; Laporte y Herman 2003; Loten 2007). Sus orientaciones fueron discutidas exhaustivamente en otro estudio (Šprajc, Richter y Sánchez 2013).

Hartung (1980b) y Aveni y Hartung (1988) exploraron tanto el potencial astronómico de las orientaciones arquitectónicas como los patrones geométricos en la distribución de los edificios principales de Tikal, pero no todos sus datos coinciden con los nuestros. Según Aveni y Hartung (1988: 2), las orientaciones que predominan en Tikal están desviadas cerca de 10° al este del norte. De acuerdo con los resultados de nuestras mediciones, las orientaciones de este grupo son comunes, pero el panorama general es mucho más complejo.

Las orientaciones de las Estructuras 5D-22 de la Acrópolis Norte y 5D-54 de la Acrópolis Central, el Templo II y el Palacio de las Ventanas (Estructura 5C-13) pertenecen al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9). La Estructura 5D-22 comparte su orientación con las adyacentes 5D-23, 5D-24 y 5D-25, con las que conforma un conjunto triádico, pero podemos asumir que la observacionalmente funcional fue la Estructura 5D-22, que domina el conjunto, por lo que en la tabla 1 sólo aparecen los datos para esta estructura. Su orientación fue medida en la etapa expuesta, que data del Clásico Tardío, pero la estructura mantuvo la misma orientación desde inicios del Clásico Temprano (Coe 1990: vol. II: 372ss, Table 89, fig. 6: i-l; Loten 2007: 42ss, 70). Es muy probable que hubiera más edificios en Tikal con orientaciones parecidas, pero su estado actual no permite confirmarlo. En el Grupo G, la parte superior del edificio dominante (Estructura 5E-55), para el que una orientación astronómica es particularmente probable, permanece sin excavar, por lo que su orientación no se pudo determinar con precisión. Sin embargo, a juzgar por el plano de Carr y Hazard (1961), todo el conjunto manifiesta una desviación de aproximadamente 10° al sur del este,³⁶ es decir, similar a la de los edificios referidos arriba. Asimismo, el azimut que medimos a lo largo de la parte expuesta del paramento sur del edificio central de la Acrópolis Sur (Estructura 5D-104), que tampoco ha sido excavada, sugiere que la misma orientación regía también en este conjunto arquitectónico.

³⁶ El mapa de Tikal de Carr y Hazard (1961) está orientado al norte magnético, pero la declinación magnética que proporcionan (aproximadamente 6°45'E) permite determinar los azimuts verdaderos de varios edificios al menos de manera cercana.

Cabe advertir que la Estructura 5C-13 (Palacio de las Ventanas) ha sido incluida en el Grupo 2 debido a que el error en días, basado en la incertidumbre en cuanto al azimut intencionado de la orientación, es relativamente grande (tablas 1 y 9), pero es más probable que en realidad señalara las salidas del Sol el 19 de febrero y el 22 de octubre, separadas por 120 (= 6 × 20) días y registradas tanto por los Templos IV y V de Tikal (*v. infra*) como por edificios en otros sitios, o las puestas del Sol el 18 de abril y el 26 de agosto, separadas por 130 (= 10 × 13) días. Asimismo es posible que la orientación de la Estructura 5D-54, también incluida en el Grupo 2, en realidad perteneciera al Grupo 3 de orientaciones solares (tablas 9 y 10).

Según Aveni y Hartung (1988: 2), los Templos I y II comparten la misma orientación. En realidad, aunque están orientados con sus accesos aproximadamente uno hacia el otro, la disposición del Templo II, que pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9), difiere notablemente de la del Templo I ($A_N = 9^{\circ}00' \pm 30'$, $A_E = 97^{\circ}21' \pm 15'$).³⁷ El eje de simetría este-oeste del Templo I, prolongado hacia el poniente, atraviesa el Templo II al sur de la entrada de su santuario superior, mientras que el eje de simetría del Templo II prolongado hacia el oriente pasa por el Templo I al sur de la entrada al santuario superior de este último. Considerando que los Templos I y II son casi contemporáneos, construidos en la primera mitad del siglo octavo (Harrison 1999: 140ss), y que, observando a lo largo de sus ejes de simetría, mutuamente obstruyen la vista hacia el horizonte en ambas direcciones, no es probable que sus orientaciones fueran astronómicamente funcionales. Sin embargo, en la tabla 1 y en los análisis incluimos los datos sobre la orientación del Templo II, porque no es imposible que ésta fuera funcional al menos un tiempo. Según los datos estratigráficos, su construcción empezó antes que la del Templo I, que albergó la tumba de Jasaw Chan K'awiil I y que probablemente fue edificado apenas por su hijo y sucesor Yik'in Chan K'awiil, es decir, después de 734 d.C. (Harrison 1999: 142; Martin y Grube 2000: 48; Sharer y Traxler 2006: 397ss).³⁸

En comparación con el Templo II y el grupo triádico en la parte norte de la Acrópolis Norte, los edificios en el costado sur de la acrópolis manifiestan orientaciones ligeramente diferentes. Según los planos publicados por Coe (1990: fig. 6: k, l), las Estructuras 5D-32 y 5D-34 y la última etapa de la hoy desaparecida Estructura 5D-33 (*cf.* Berlin 1967; Rainey *et al.* 1967; Thompson 1967) tenían la misma orientación. Es de suponer que la observacionalmente funcional fue la de la Estructura 5D-33, la más alta e importante del grupo (*cf.* Harrison 1999; Martin y Grube 2000: 35ss; Sharer y Traxler 2006: 303); la orientación que

³⁷ El azimut que proporcionan Aveni y Hartung (1988: 12, tabla 2) para el Templo I (280°35') es muy diferente del que resultó de nuestras mediciones, pero casi igual al que determinamos para el Templo II (tabla 1). Hartung (1980: 150), sin embargo, afirma que el Templo I está orientado 9° al este del norte, lo que concuerda con nuestras lecturas, tomadas a lo largo de la fachada poniente del santuario superior.

³⁸ Gómez (2012: 78), sin embargo, atribuye la construcción del Templo I a Jasaw Chan K'awiil I.

determinamos para la última etapa de este templo (tabla 1), basándonos en los planos de Coe (1990: fig. 6: 1) y en las mediciones de campo realizadas en los edificios vecinos 5D-32 y 5D-34,³⁹ pertenece al Grupo 5 de orientaciones solares (tabla 7).⁴⁰

Muy parecida a la anterior es también la orientación del cercano Templo I. Aunque se trata de uno de los edificios más emblemáticos de Tikal, ya mencionamos que es sumamente difícil que su orientación hubiese sido astronómicamente funcional, por lo que no la incluimos en la tabla 1 y en los análisis. El templo está mirando hacia el poniente y no cuenta con elementos que pudieran haber facilitado la observación de las salidas del Sol, mientras que la vista hacia el horizonte poniente queda tapada por la crestería del Templo II que, como ya hemos mencionado, es anterior al Templo I. Es probable que el Templo I simplemente imitara la orientación de la Estructura 5D-33 y las adyacentes, posiblemente por motivos simbólicos (*v. infra*).

Al Grupo 5 de orientaciones solares pertenece también la Estructura 3D-43 en el Grupo H (Zona Norte) de Tikal. El edificio es del Clásico Tardío (Harrison 1999: 142, 145, 158ss, 164, 181; Sharer y Traxler 2006: 303s, 395ss; Martin y Grube 2000: 47s); aunque tiene subestructuras importantes del Clásico Temprano (Harrison 1999: 145; Laporte 2001; Laporte y Herman 2003; Herman 2007), no conocemos su orientación.

Los Templos IV y V marcaban, con toda probabilidad, los ortos del Sol en las fechas 19 de febrero y 22 de octubre, separadas por 120 (= 6×20) días y señaladas también por la Pirámide Monos de El Mirador y las Estructuras IV-B de Calakmul, 1 de Chacchoben y 3 de Tabasqueño, entre otras. Como ya mencionamos arriba, la Estructura 5C-13, también llamada Palacio de las Ventanas (o de los Murciélagos), parece haber registrado las mismas fechas, aunque la otra posibilidad es que registrara un intervalo de 130 (= 10×13) días en el horizonte poniente (tabla 1). Si bien la ubicación del acceso no necesariamente indica la dirección astronómicamente funcional de la estructura (capítulo 3.3), en el caso del Templo IV de Tikal el hecho de que mira al oriente concuerda con la idea de que su orientación era funcional en esta dirección: mientras que las salidas del Sol pudieron haberse observado desde el interior del santuario superior, a lo largo del eje de simetría marcado por las entradas a sus tres crujías, es difícil imaginar la forma de observar las puestas del Sol indicadas por la orien-

³⁹ Las orientaciones de las estructuras actualmente desaparecidas o cubiertas por edificios más tardíos pudieron determinarse —al menos de manera aproximada— en los planos, que para este fin fueron orientados al norte astronómico, usando como referencia las lecturas de campo realizadas en algunos edificios.

⁴⁰ Un detalle interesante es que la crujía central de la Estructura 5D-32, situada inmediatamente al oriente de la 5D-33, con la que comparte su orientación, posee en su muro oriente un orificio; considerando que la crujía tiene apenas 80 cm de ancho, el observador situado en su extremo poniente pudo haber determinado con bastante facilidad las fechas en que el Sol saliente estaba alineado con el agujero.

tación, ya que el santuario no cuenta con agujeros o vanos abiertos hacia el poniente; además, a lo largo de su eje este-oeste prolongado hacia el oriente no existe otro edificio de donde pudieran observarse las puestas del Sol alineadas con el Templo IV.

El Templo VI pertenece al Grupo 4 de orientaciones solares (tablas 1 y 7). En vista de que un intervalo que marcan las orientaciones de este grupo en el horizonte poniente es 221 ($= 17 \times 13$) días, llama la atención que el mismo intervalo separa las fechas que les corresponden a los Complejos O y Q de pirámides gemelas en el horizonte oriente, aunque es posible que el objetivo de estos alineamientos fuera registrar el intervalo de 143 ($= 11 \times 13$) días (tabla 1).⁴¹ La direccionalidad oriente de la orientación de los dos complejos concuerda con el hecho de que el horizonte poniente se encuentra, en ambos casos, a relativamente poca distancia (v. plano de Carr y Hazard 1961). Además, también en El Mirador hay indicios de que las orientaciones de este grupo eran funcionales hacia el oriente (v. *supra*; Šprajc y Morales-Aguilar 2007: 128ss; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009: 86).

El eje este-oeste del Complejo P de pirámides gemelas, en la Zona Norte de Tikal, corresponde al Grupo 8 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 11).

Las Estructuras 5C-54 y 5D-86 de Mundo Perdido, que forman parte de un conjunto del tipo Grupo E, siendo la primera la pirámide radial y la segunda el edificio central sobre la plataforma este del grupo, comparten la misma orientación. El conjunto manifiesta diversas etapas constructivas que van desde el Preclásico Medio hasta el Clásico Temprano (Fialko 1987, 1988; Laporte y Fialko 1995; Laporte 2003). Al parecer tanto la pirámide radial como la plataforma este conservaron la misma orientación durante todas las épocas constructivas (cf. Fialko 1987; 1988; Laporte y Fialko 1995: 50). Laporte y Fialko (1995: 47) asignan al primer estadio de la pirámide radial una orientación cercana a los 6°; Fialko (1987; 1988), por otra parte, menciona la desviación de 6°45' al este del norte astronómico, pero al mismo tiempo atribuye la desviación de 8° al sur del este astronómico al eje normativo que conecta las Estructuras 5C-54 y 5D-86 (Fialko 1987: 146). Según nuestras mediciones, el azimut de esta línea, así como de los ejes este-oeste de ambos edificios, es de apenas unos 94°30' (tabla 1). Este alineamiento —que, debido a tal desviación, obviamente no puede relacionarse con las salidas equinocciales del Sol, como menciona Harrison (1999: 56)— pudo haber sido funcional en ambas direcciones, ya que la Acrópolis Sur, que actualmente tapa la vista hacia el horizonte oriente, es una construcción predominantemente del Clásico Tardío (Gómez 2012, y comunicación personal 2011). Llama la atención, en efecto, que uno de los intervalos delimitados por las fechas de salida del Sol correspondientes

⁴¹ Debido al estado de preservación de estos conjuntos (sólo la pirámide oriente del Complejo Q ha sido parcialmente excavada), únicamente pudieron determinarse con cierta precisión los azimuts de las líneas este-oeste que conectan las pirámides gemelas en cada conjunto.

es 156 (= 12×13 días), mientras que uno de los que separan las puestas del Sol es 200 (= 10×20) días (tabla 1).

Hasta el momento se han encontrado pocas orientaciones similares en otros sitios mayas. Sin embargo, recordando que en la Estructura 5D-86 de Mundo Perdido, precisamente a lo largo de su eje este-oeste, fue encontrada la Estela 39, que se refiere a las ceremonias de terminación de katún realizadas en 8.17.0.0.0 (376 d.C.) por el gobernante Chak Tok Ich'aak Chak I, posiblemente enterrado allí mismo (Laporte y Fialko 1995: 57, 64), llama la atención que una orientación prácticamente idéntica a la rectora en Mundo Perdido la manifiesta la Estructura 5D-46 de la Acrópolis Central (tabla 1), identificada como residencia del mismo gobernante (Harrison 1999: 71, 76ss; Sharer y Traxler 2006: 315ss). Este edificio también pudo ser astronómicamente funcional en ambas direcciones, asumiendo que los edificios sobre la Acrópolis Central, que actualmente obstruyen la vista hacia el horizonte poniente, datan mayormente del Clásico Tardío.

Durante el Clásico Tardío fue adosado a la plataforma este de Mundo Perdido, inmediatamente al sur de la Estructura 5D-86, un palacio con cinco accesos abiertos hacia el este; el edificio, que representa la primera etapa de la Estructura 5D-87, fue posteriormente clausurado para ser utilizado como base del templo abierto hacia el oeste (Laporte y Fialko 1995: 84s, fig. 75). Según Laporte y Fialko (1995: 84s), la Estructura 5D-87 materializó un nuevo eje normativo del complejo Mundo Perdido. En efecto, la orientación de este edificio es ligeramente diferente de la incorporada en la pirámide radial y la plataforma este, pero prácticamente igual a la que determinamos para la última etapa —también del Clásico Tardío— de la Estructura 5C-49, localizada al noroeste de la pirámide radial (tabla 1; Laporte y Fialko 1995: 80). Mientras que la orientación de la Estructura 5C-49 —así como la de la Estructura 3D-40 del Grupo H (Zona Norte), cuya última etapa también es del Clásico Tardío, aunque construida sobre edificios del Clásico Temprano (Laporte 2001; Herman 2007)— pertenece al Grupo 7 de orientaciones solares (tablas 1 y 7), cabe notar que la Estructura 5D-87 difícilmente pudo ser observacionalmente funcional: su eje este-oeste prolongado hacia el poniente pasa por el talud sur de la Estructura 5C-54 (pirámide radial), que alcanzó su volumen actual ya en el Clásico Temprano (Laporte y Fialko 1995: 56). El mismo eje prolongado hacia el oriente pasa por el Templo V, construido alrededor del año 600 d.C. (Gómez 2012), mientras que el templo que representa el último estadio de la Estructura 5D-87 ha sido fechado a inicios de la fase Imix (Laporte y Fialko 1995: 85). El uso astronómico es factible sólo para la primera etapa de esta construcción: si el edificio palaciego con cinco puertas (Estructura 5D-87-7) fue adosado a la plataforma este antes de la construcción del Templo V, su orientación pudo ser observacionalmente funcional hacia el oriente al menos durante un tiempo, marcando las mismas fechas que la cercana Estructura 5C-49.

Mencionando que el Templo III está desviado $18^{\circ}16'$ al este del norte, Aveni y Hartung (1988: 2) evidentemente se refieren a su fachada (su azimut es, según nuestras mediciones, $18^{\circ}44'$: tabla 1) y asumen que la perpendicular marcaba los días del paso del Sol por el cenit (*ibid.*: 12, Table 2). Sin embargo, el eje de simetría este-oeste del santuario superior, cuya planta es patentemente rombooidal, tiene el azimut de $103^{\circ}39'$. Las fechas correspondientes y el error estimado (relativamente pequeño; tabla 1) no permiten asignar este edificio al Grupo 1 de orientaciones solares, por lo que no aparece en la tabla 8; no obstante, la pertenencia a este grupo es probable, ya que el eje de simetría del santuario superior pudo haber sido ligeramente alterado a consecuencia de las intervenciones de restauración.

Aunque ninguno de los demás edificios mayores y actualmente expuestos en Tikal manifiesta tal orientación, es posible que los alineamientos del Grupo 1 estuvieran presentes en la historia temprana de la Acrópolis Norte. A juzgar por los planos de Coe (1990: fig. 6), los primeros edificios mayores de la acrópolis —Estructuras 5D-Sub.1-1 y 5D-Sub.9, construidas entre aproximadamente 80 a.C. y 75 d.C., según Loten (2007: 14ss, 69)—, así como sus sucesores 5D-Sub.8-1 y 5D-22-6, todavía del Preclásico Tardío (*ibid.*: 29ss), están desviados alrededor de 14° respecto a los rumbos cardinales.

La Estructura 5D-52, uno de los edificios más prominentes de la Acrópolis Central, llamado también Palacio de los Cinco Pisos, posiblemente marcaba las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, separadas por un intervalo de 260 días. Es probable que las mismas fechas, registradas por varias orientaciones en el centro de México (Šprajc 2001a), fueran marcadas también por la Estructura III de Calakmul, el Templo del Búho en Dzibanché, la pirámide principal de Limones y la Pirámide de los Mascarones en Xcambó (tabla 1).

Con las fechas que, según argumentamos, muy probablemente señalaban diversos edificios importantes de Tikal, podemos reconstruir varios calendarios observacionales compuestos predominantemente por múltiplos de 13 y de 20 días. Tres esquemas hipotéticos se presentan en la tabla 23.

Localización de los edificios y factores astronómicos

Según Malmström (1981: 253s, fig. 22.1, 1997: 152, 169s, fig. 49), la ubicación de Tikal, específicamente del Templo IV, pudo haber sido determinada a raíz de que, observando en ese lugar, el Pico Victoria, en las Montañas Mayas en Belice, marcaba las salidas del Sol en el solsticio de invierno. Debido a que el monte no es fácilmente visible, agrega el autor, posteriormente fue construido en la misma dirección el Templo III, para que su crestería sirviera como un marcador adicional del mismo evento. Según nuestras mediciones, el azimut del centro de la crestería del Templo III, observando desde la entrada al santuario superior del Templo IV, es $114^{\circ}40'$. En esta dirección la altura del horizonte natural, que queda ligeramente por encima de la crestería del Templo III, es $-0^{\circ}03'$ (figura 40); la declinación correspondiente es $-23^{\circ}42'$, por lo que el Sol,

TABLA 23
ESQUEMAS DE TRES POSIBLES CALENDARIOS OBSERVACIONALES DE TIKAL

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Templos IV y V Estructura 5C-49 (Mundo Perdido) Estr. 5D-46 (Acróp. Central) y 5C-54 y 5D-86 (M. Perdido)	salida del Sol	feb 19	120	oct 22
	salida del Sol	mar 11	20 20	oct 2
	puesta del Sol	mar 31	20 20	sep 12
			165	

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Estr. 5D-46 (Acróp. Central) y 5C-54 y 5D-86 (M. Perdido) Estructura 5C-49 (Mundo Perdido) y 3D-40 (Zona Norte) Estructura 5C-13 (Palacio de las Ventanas)	salida del Sol	mar 9	156	oct 4
	puesta del Sol	mar 29	20 20	sep 14
	puesta del Sol	abr 18	20 19	ago 26
			130	

alineamiento	evento	fecha	intervalo (días)	fecha
Complejos O y Q Complejo P Estructura 5C-13 (Palacio de las Ventanas)	salida del Sol	mar 3	143	oct 11
	puesta del Sol	mar 23	20 20	sep 21
	puesta del Sol	abr 18	26 26	ago 26
			130	



Figura 40. Tikal, vista desde el santuario del Templo IV hacia el oriente, con los Templos I, II y III. Foto: Ivan Šprajc.

efectivamente, salía en esta dirección en los solsticios de diciembre.⁴² En cambio, el azimut del Pico Victoria ($112^{\circ}54'$), que se ubica a más de 116 km de distancia (N $16^{\circ}48'45''$, W $88^{\circ}37'11''$; a.s.n.m.: 1120 m), no corresponde a la dirección solsticial.⁴³

Tanto Malmström (1981: 253s, fig. 22.1, 1997: 170ss) como Aveni y Hartung (1988: 9) notaron que los Templos I y III fueron erigidos a lo largo de la línea este-oeste. De acuerdo con los resultados de nuestras mediciones, el azimut de la línea visual que conecta los centros de las entradas a los santuarios superiores de los Templos I y III es $269^{\circ}54'$, igual al que proporcionan Aveni y Hartung (1988: 9, 12, Table 2). Este alineamiento reproduce casi perfectamente la dirección este-oeste, lo que pudo haber sido intencional, pero no es equinoccial, como mencionan Aveni y Hartung (*ibid.*) y Malmström (1981: 253, 1997: 169ss, figs. 48, 50), porque las salidas o puestas equinociales del Sol a lo largo de esta línea sólo pudiesen haberse observado sobre el horizonte natural (con una altura de 0° aproximadamente). En realidad ambos templos, debido a su altura, mutuamente obstruyen la vista hacia el horizonte natural, como fue acertadamente señalado por Hartung (1980b: 148).⁴⁴ Por lo tanto, al tratar de asignar un significado observacional al alineamiento que conforman ambos edificios, hay que tomar en cuenta las alturas de sus cresterías. Al observar frente al santuario superior del Templo I, la altura angular de la crestería del Templo III es de $3^{\circ}36'$; la declinación correspondiente a esta altura y al azimut de $269^{\circ}54'$ es $0^{\circ}55'$. A la inversa, observando frente al santuario del Templo III, la declinación que corresponde a la dirección hacia el Templo I y a la altura de su crestería ($2^{\circ}36'$, suponiendo que la altura original no era mucho mayor) es $0^{\circ}47'$. Llama la atención que las dos declinaciones son muy parecidas, pero no corresponden a las posiciones del Sol en los equinoccios sino en las fechas de cuarto del año, 23 de marzo y 21 de septiembre (figuras 41 y 42). Recordemos que las puestas del Sol en estas fechas son registradas por diversas orientaciones (Grupo 8: tablas 7 y 11).

⁴² Observando desde la entrada al santuario superior del Templo IV a principios del siglo IX, época de construcción del Templo III (Harrison 1999: 174ss; Martin y Grube 2000: 52s), el disco solar estaba alineado exactamente con el centro de la crestería del Templo III en el momento de su último "contacto" con el horizonte, es decir, cuando se veía todo el disco colocado tangencialmente sobre la línea del horizonte: la declinación que corresponde a tal posición del Sol a lo largo de este alineamiento es $-23^{\circ}37'$, idéntica a la que alcanzaba el astro en el solsticio de diciembre a principios del siglo IX. Actualmente las declinaciones solsticiales son de $\pm 23^{\circ}26'$, por lo que el Sol sale en el solsticio de diciembre ligeramente a la izquierda de la crestería (sobre las variaciones seculares de las declinaciones solsticiales, v. capítulo 3.2.1).

⁴³ Al visitar el sitio, no pudimos discernir el Pico Victoria. Según los cálculos basados en la cartografía disponible, de los que también deriva el azimut citado, el monte queda por debajo de la línea del horizonte.

⁴⁴ "A menos que supusiéramos la existencia de un agujero en las paredes traseras de uno o ambos edificios, no era posible llevar a cabo observaciones equinociales después de terminada la construcción. Evidentemente dicho agujero no existía" (Hartung 1980b: 148).



Figura 41. Tikal, el Sol saliente sobre la crestería del Templo I, observando desde la entrada al santuario superior del Templo III, el 21 de septiembre de 2011. Foto: Dieter Richter.

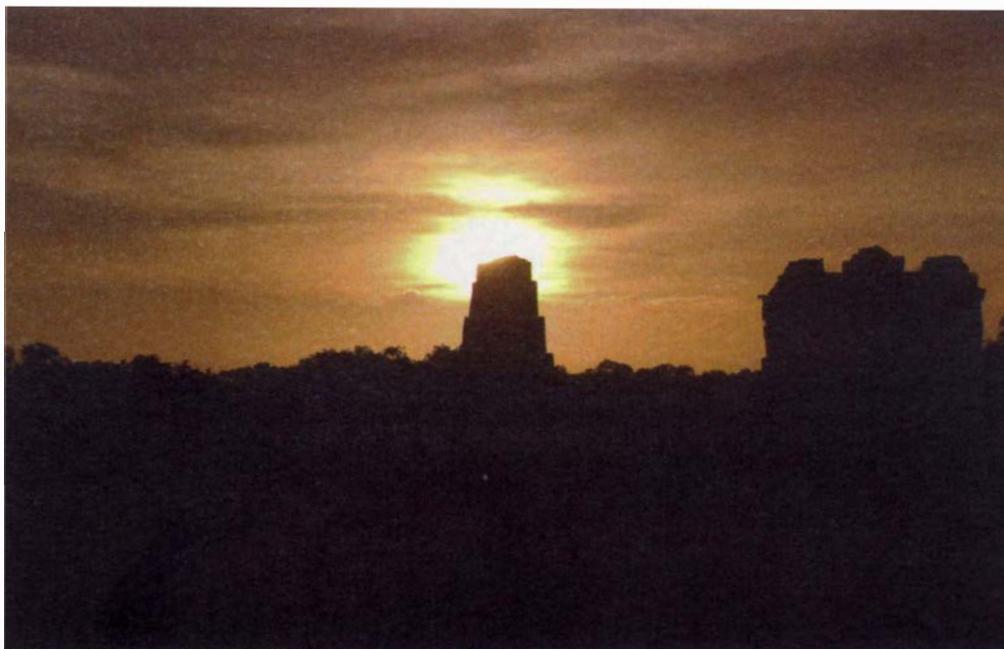


Figura 42. Tikal, el Sol sobre la crestería del Templo III, observando desde la entrada al santuario superior del Templo I, en la tarde del 21 de septiembre de 2011. Foto: Dieter Richter.

Para la línea desde el Templo I al Templo IV, Malmström (1981: 253s, fig. 22.1, 1997: 169ss, figs. 48, 50) proporciona el azimut de 285° y sugiere que marcaba las puestas del Sol el 13 de agosto, conmemorando la fecha del inicio de la Cuenta Larga. También Aveni y Hartung (1988: 8, 12, Table 2), asignándole a la misma línea el azimut de 104° y asociándola con las puestas del Sol el 12-13 de agosto, observan la posible relación con la fecha base de la Cuenta Larga, pero agregan que también corresponde a las salidas del Sol en las fechas 14 febrero y 29 de octubre, que dividen el año en periodos de 257 y 108 días, cercanos a los de 260 y 105 días. Según nuestras mediciones, el azimut de la línea que conecta los centros de los Templos I y IV es $104^\circ 14'$. Al observar frente a la entrada al santuario superior del Templo IV, la crestería del Templo I queda por debajo de la línea del horizonte natural, cuya altura en esta dirección es de $-0^\circ 03'$ (figura 40). La declinación correspondiente es $-13^\circ 46'$, lo que significa que el Sol sale arriba del Templo I en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, registradas por un gran número de orientaciones en las tierras bajas mayas (Grupo 1: tablas 7 y 8), así como en el centro de México (Šprajc 2001a: 107ss). El mismo alineamiento podría ser significativo también en dirección inversa. Para el observador colocado en la entrada del santuario del Templo I, la declinación que corresponde al punto central superior de la crestería del Templo IV, con la altura angular de $3^\circ 13'$, es $14^\circ 29'$. El Sol tiene esta declinación en las fechas 29 de abril y 14 de agosto. Suponiendo que la crestería original del Templo IV era algo más alta, las fechas correspondientes hubieran sido 30 de abril y 13 de agosto, marcadas por algunas orientaciones en las tierras bajas mayas y, con mayor frecuencia, en el centro de México (Šprajc 2001a). Un dato que apoya la intencionalidad astronómicamente motivada de este alineamiento consiste en que el Templo IV fue construido por Yik'in Chan K'awiil, a quien se le ha atribuido también la construcción del Palacio de los Cinco Pisos (Estructura 5D-52) en la Acrópolis Central; como hemos mencionado, es probable que este edificio registrara las puestas del Sol en las fechas 30 de abril y 13 de agosto (tabla 1). Sin embargo, cabe advertir que, para que la crestería del Templo IV, si se observa frente al santuario superior del Templo I, hubiera marcado las fechas 30 de abril y 13 de agosto, su altura debería haber sido unos metros mayor de la actual; una alternativa hubiera sido observar desde algún punto por debajo del nivel de la plataforma superior del Templo I, pero cualquier escenario es enteramente hipotético.

Asimismo llama la atención el alineamiento conformado por los Templos IV y II. Al observar desde la entrada al santuario superior del Templo IV, el Sol sale alineado con el Templo II en las fechas 9 de febrero y 1 de noviembre, con un intervalo intermedio de 100 ($= 5 \times 20$) días. En nuestra muestra de datos son pocas las estructuras que quizá fueran destinadas para marcar este par de fechas (p. ej. las Estructuras II de Hormiguero, 2A1 del Grupo Oeste de Kabah y 1 de Tabasqueño: tabla 1). Sin embargo, si recordamos que Tikal, además de recibir influencias culturales de Teotihuacan, fue víctima de intervenciones políticas y

militares iniciadas por esta metrópoli en el centro de México, resulta significativo que en ambos sitios encontramos asociados los alineamientos que corresponden a las salidas del Sol en los mismos dos pares de fechas. Mientras que en Tikal las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, por una parte, y 9 de febrero y 1 de noviembre, por la otra, son marcadas por los alineamientos entre los Templos IV y I y los Templos IV y II, respectivamente, en Teotihuacan el primer par de fechas corresponde a la orientación de la Pirámide del Sol y el segundo a la de la Ciudadela (Šprajc 2000a; 2001a: 201ss).⁴⁵

Cabe advertir que la intencionalidad de los alineamientos discutidos no es indicada por las orientaciones de los edificios involucrados; es decir, los ejes este-oeste de los Templos I, II, III y IV no coinciden con los alineamientos que hemos comentado. Sin embargo, si recordamos que el significado de las fechas marcadas por estos alineamientos queda atestiguado en las orientaciones arquitectónicas en diversos sitios, resulta probable que los lugares en que se iban a construir algunos de los edificios más prominentes de Tikal, e incluso sus alturas, fueran, en efecto, dictados por consideraciones de carácter astronómico y calendárico. De ser así, podemos tratar de reconstruir la secuencia de este aspecto de planeación urbana.

El gobernante Yik'in Chan K'awiil mandó construir el Templo IV en el lugar adecuado, para que conformara alineamientos astronómicamente significativos con los Templos I y II, mientras que, posteriormente, la selección del lugar para construir el Templo III fue condicionada tanto por el Templo I como por el Templo IV. Puesto que, desde este último, pudieron observarse las salidas del Sol en los solsticios de invierno sobre el Templo III, parece significativo que la relación entre los Templos I y III permitió contemplar las salidas y puestas del Sol en los días que, junto con los solsticios, dividen el año en cuatro partes de igual duración. La altura de la plataforma superior del Templo III, además de la ubicación de la entrada en el plano horizontal, debieron ser cuidadosamente premeditadas para que permitieran observar las apariciones del Sol en los días de cuarto del año sobre la crestería del Templo I (figura 41); por otra parte, la crestería del Templo III debió tener la altura adecuada a fin de que, para el espectador frente a la entrada al santuario superior del Templo I, marcara la posición del Sol descendiente en las mismas fechas (figura 42).

Las relaciones espaciales comentadas arriba pueden servir como punto de partida para buscar patrones semejantes en otros sitios. Sólo al contar con casos análogos podríamos reforzar la idea de que, además de las orientaciones, también la distribución de los edificios era, en cierta medida, dictada por criterios astronómicos.

⁴⁵ La asociación de dos orientaciones que registran estos dos pares de fechas se encontró también en otros sitios del centro de México; se trata de dos grupos de orientaciones de la llamada familia de los 17° (Šprajc 2001a: 109ss).

Perspectiva diacrónica

Los datos disponibles para Tikal, sobre todo para el conjunto Mundo Perdido y la Acrópolis Norte, permiten reconstruir la secuencia en la que aparecieron algunas orientaciones.

Aunque los edificios expuestos del complejo Mundo Perdido son del periodo Clásico, sabemos que la orientación de los edificios principales, así como el eje rector este-oeste que conecta la pirámide radial con el edificio central sobre la plataforma este, se mantuvieron sin cambios desde el Preclásico Medio (Fialko 1987, 1988; Laporte y Fialko 1995: 50). Por lo tanto, las orientaciones que corresponden a las salidas del Sol el 9 de marzo y el 4 de octubre y a sus puestas el 31 de marzo y el 12 de septiembre se enumeran entre las más tempranas de Tikal conocidas hasta el momento.

También para la Acrópolis Norte conocemos una larga secuencia constructiva. Si asumimos que los planos de Coe (1990: fig. 6) reproducen la situación encontrada durante las excavaciones con fidelidad, podemos advertir que las orientaciones desviadas entre 8° y 10° al sur del este, incorporadas en las estructuras tardías, parecen haber estado presentes en la Acrópolis Norte desde que, al inicio del Preclásico Tardío, aparecieron las primeras estructuras monumentales de naturaleza claramente cívico-ceremonial (Coe 1990, vol. III: 814, fig. 6: a, b; Loten 2007: 5ss). Sin embargo, más tarde en el Preclásico Tardío aparece como dominante una orientación diferente: a juzgar por los planos, las Estructuras 5D-Sub.1-1 y 5D-Sub.9, que constituyen los primeros edificios mayores de la acrópolis y que se encontraron asociadas con la cerámica Chuen y Cauac, manifiestan la desviación de 14° , que corresponde al Grupo 1 de orientaciones solares. Estas estructuras, construidas entre aproximadamente 80 a.C. y 75 d.C., según Loten (2007: 14ss, 69), fueron reemplazadas por las 5D-Sub.8-2 y 5D-22-6, que conservaron la misma orientación (Coe 1990: vol. II: 215s, 225, 270, 338, tablas 39, 44, 63 y 78, fig. 6: c-h; Loten 2007: 31ss, 70). La aparición de las orientaciones de este grupo en Tikal durante el Preclásico Tardío no sería sorprendente, considerando su presencia en la arquitectura más o menos contemporánea en varios sitios de las tierras bajas, sobre todo en el centro de la península (tabla 8). En la Acrópolis Norte de Tikal, estas orientaciones coexisten con la desviación cerca de 8° al sur del este, perteneciente al Grupo 5 de orientaciones solares y plasmada en las Estructuras 5D-Sub.3 y 5D-26-3, construidas consecutivamente en el lado sur de la plataforma, pero desaparecen al inicio del Clásico Temprano, cuando se construyen las Estructuras 5D-22-5, 5D-23-2 y 5D-24-2 (transición entre las fases Cimi y Manik temprano, inicios del siglo 3 d.C.), que conforman el primer grupo triádico y que, junto con la versión contemporánea del edificio inmediatamente al sur (Estructura 5D-26-2), adoptan la desviación cerca de 10° (Coe 1990, vol. II: 342, 419, 433, tablas 80, 91, 94, fig. 6: d-i; Loten 2007: 42ss). Esta orientación, perteneciente al Grupo 2 y conservada hasta los finales del Clásico en las remodelaciones subsiguientes de los edificios mencionados, parece haber sido incorporada también en la ver-

sión temprana de la Estructura 5D-33, construida en la fase Manik del Clásico Temprano en la orilla sur de la Acrópolis Norte, sobre la tumba de Siyaj Chan K'awiil II. Sin embargo, en la adyacente Estructura 5D-34, en la que fue encontrada la tumba del gobernante anterior Yax Nuun Ayiin I, resurgió la desviación alrededor de 8°, presente en la Acrópolis Norte desde épocas tempranas. Esta orientación, correspondiente al Grupo 5, fue posteriormente adoptada también por la Estructura 5D-32, erigida alrededor del año 600 d.C. inmediatamente al oriente de la 5D-33 y que alberga la tumba del gobernante Calavera de Animal, así como en la última etapa del templo 5D-33, construida hacia finales del siglo 7, probablemente por Jasaw Chan K'awiil I (Coe 1990, vol. II: 504, 506, 510, 581, tablas 111, 114, 122, fig. 6: j-l; Harrison 1999: 82ss, 126ss; Martin y Grube 2000: 32ss; Sharer y Traxler 2006: 302s, 379, 391; Loten 2007: 63ss; Gómez 2012). La desviación de 14° (Grupo 1), abandonada en la Acrópolis Norte al terminar el Preclásico Tardío, reaparece durante el Clásico Tardío, si es que fue incorporada, como suponemos, en el Templo III y en la relación espacial entre los Templos I y IV.

A esta época pertenecen también los Templos I y II que, junto con el Templo 5D-33, llegaron a formar un nuevo conjunto triádico inmediatamente al sur de la Acrópolis Norte y alrededor de la Gran Plaza (*cf.* Harrison 1999: 145). Lo interesante es que las orientaciones de los Templos I y II —aunque su función observacional no es probable, por circunstancias ya referidas— reproducen dos orientaciones que dominaban en la Acrópolis Norte durante épocas tardías: el azimut del eje este-oeste del Templo I es prácticamente idéntico al que reconstruimos para la última etapa de la Estructura 5D-33, mientras que el azimut del eje este-oeste del Templo II es muy parecido al de la Estructura 5D-22 (tabla 1). Más que de una casualidad, ha de tratarse del resultado de un acto deliberado y explicable en términos simbólicos. Si el Templo II es anterior al I (Harrison 1999: 142; Martin y Grube 2000: 48; Sharer y Traxler 2006: 397ss), llama la atención, además, que la relación cronológica entre ambos parece reflejar la secuencia temporal en la que, durante el periodo Clásico, aparecieron las dos orientaciones rectoras en la Acrópolis Norte (*v. supra*).

Por falta de datos sobre las subestructuras en otras partes de Tikal, no podemos determinar con certeza los momentos en que una u otra orientación apareció por primera vez, pero es probable que, durante el Clásico Tardío, coexistieran las orientaciones de todos los grupos identificados. Una excepción podría ser la alineación, antigua y duradera, que regía en Mundo Perdido, si es que cayó en desuso en el Clásico Tardío y fue sustituida, como opinan Laporte y Fialko (1995: 84s), por un nuevo eje normativo materializado en la Estructura 5D-87.

TIPIKAL, YUCATÁN, MÉXICO

La Estructura 6 tuvo dos periodos de construcción: el edificio de planta ovalada y con el acceso hacia el oriente pertenece a finales del Preclásico Medio, mientras que el basamento rectangular fue construido en el Clásico Temprano

(Peraza 2002), conservando la orientación del edificio anterior. La orientación corresponde al Grupo 11 de orientaciones solares, aunque también llama la atención el intervalo de casi 60 (= 3×20) días registrado en el horizonte oriente (tablas 1 y 7). Por otra parte, la orientación podría relacionarse con los extremos menores de la Luna (tabla 5).

TONINÁ, CHIAPAS, MÉXICO

Los edificios medidos pertenecen al Clásico Tardío (Becquelin y Baudez 1979, 1982; Becquelin y Taladoire 1990; Yadeun 1991, 1992, 1993, 2002).

Las estructuras que conforman la Acrópolis comparten aproximadamente la misma orientación. Es de suponer que la rectora y más relevante en términos astronómicos fue la del edificio más alto, Estructura D5-2 (Templo I), que pertenece al Grupo 10 de orientaciones solares (tablas 1 y 7). La orientación del Templo de la Guerra es solsticial; si fue funcional hacia el poniente, como lo sugieren las declinaciones correspondientes en ambos horizontes (tablas 1 y 2), podemos notar que el solsticio de junio divide el periodo entre las fechas oeste marcadas por la Estructura D5-2 en dos periodos de 40 (= 2×20) días. Por otra parte, considerando que la orientación de la Estructura D5-2 también podría referirse a los extremos menores de la Luna (tabla 5), recordemos que en varios sitios las orientaciones potencialmente lunares se encuentran asociadas con los alineamientos solsticiales, tal vez reflejando la observación de los extremos lunares durante el plenilunio (v. capítulo 3.2.5).

Probablemente no es fortuito que la Estructura D5-2 esté alineada hacia un cerro visible en el horizonte oriente (figura 43) y ubicado a 28.4 km de distancia (N16°49'06", W91°45'28"). No obstante, al azimut este-oeste del edificio le asignamos un error relativamente grande (tabla 1), ya que, según Yadeun (1991, 1992, 2002), la parte superior de la estructura se encontró muy destruida y fue restituida con base en los elementos conservados.

TULUM, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos datan del Posclásico Tardío (Lothrop 1924; A. Miller 1982; Santillán y Vargas 1992; Vargas Pacheco 1995; Vargas y Santillán 1995).

Todas las estructuras que componen el recinto central dominado por el Castillo (Estructura 1) exhiben orientaciones muy semejantes, aparentemente dictadas por la del Castillo, que pertenece al Grupo 11 de orientaciones solares (tablas 1 y 7, figura 44). Asimismo son prácticamente iguales las orientaciones de las Estructuras 16 (Templo de los Frescos) y 20, alineadas a lo largo de un mismo eje este-oeste, que corre ligeramente al sur del eje central del Castillo. Por lo tanto, resulta poco probable que la orientación de la Estructura 5 (Templo del Dios Descendente), ubicada inmediatamente al noroeste del Castillo, fuese astronómicamente funcional por sí misma. Sin embargo (Galindo 1994: 170) la relaciona con las puestas del Sol en los días de su paso por el cenit, mientras que Iwaniszewski (1987) y Flores *et al.* (2001) presentan diversas



Figura 43. Toniná, Estructura D5-2 (Templo I), vista hacia el oriente a lo largo de un paramento en la parte superior; nótese la alineación hacia el cerro en el horizonte. Foto: Ivan Šprajc.

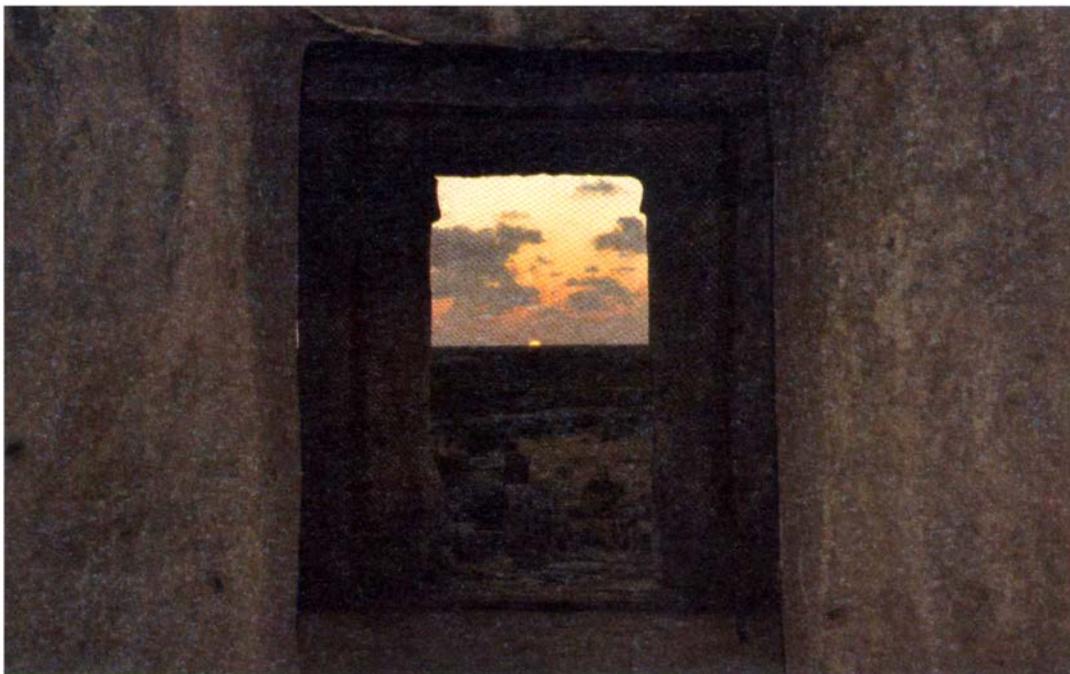


Figura 44. Tulum, El Castillo, puesta solar a lo largo del eje de simetría del santuario superior, el 20 de mayo de 2011. Foto: Ivan Šprajc.

hipótesis astronómicas para una serie de alineamientos que encuentran en la disposición arquitectónica de este edificio y cuya intencionalidad es difícil de verificar.

Según Galindo (2007b), el Sol se pone en el eje del Castillo 13 días antes y después del solsticio de verano, afirmación que no concuerda con los resultados de nuestras mediciones, confirmados por la observación de la puesta del Sol el 20 de mayo de 2011 (figura 44).

La orientación de la Estructura 25, palacio alargado en dirección este-oeste y con escalinatas de acceso en los lados norte y sur, puede relacionarse con los extremos mayores norte de la Luna en el horizonte poniente (tablas 1 y 4). En los muros oriente y poniente del cuarto sur —una especie de antesala a la que se accede pasando por una columnata— se encuentran dos orificios, estando el del muro oriente a una altura menor que el del muro poniente. El muro oriente divide el pórtico de otro cuarto con columnas, abierto hacia el oriente (figura 45). El hecho de que, observando desde el orificio oriente, la línea visual que atraviesa el agujero poniente pasa justamente encima del segmento poniente de la muralla que encierra el núcleo del sitio (figuras 45 y 46), sugiere la posibilidad de que las dos aberturas servían para observaciones astronómicas. Por ello, y considerando que el alineamiento formado por los dos agujeros es paralelo a las demás líneas (muros, columnatas) este-oeste del edificio, su azimut fue medido con precisión y tomado como representativo de la orientación este-oeste de la estructura (tabla 1). La línea visual desde el orificio oriente a través del orificio poniente corresponde a la declinación lunar de $28^{\circ}39'$, que es igual a la declinación máxima que alcanzaba la Luna en el Posclásico Tardío. La alineación de los dos orificios no pudo servir para observar los extremos mayores sur de la Luna en el horizonte oriente, debido a su inclinación: mirando a través de las dos aberturas en dirección inversa, no se ve el horizonte sino el terreno natural a unos 20 m al oriente de la estructura. Las observaciones hacia el oriente pudieran haberse realizado a lo largo de otros elementos arquitectónicos de esta estructura, por lo que en la tabla 1 también está anotada la altura del horizonte oriente y la declinación correspondiente.

La idea de que la alineación de los dos agujeros en la Estructura 25 tuvo un significado especial se ve reforzada por su relación con otros rasgos arquitectónicos. Exactamente a lo largo de la dirección marcada por los dos orificios se encuentra, inmediatamente al poniente del edificio, el centro de la escalinata que conduce a una plataforma baja (Estructura 29: Lothrop 1924: 108) y, más adelante, una pequeña escalinata en el sector poniente de la muralla (figuras 47, 48 y 49). Llama la atención que esta línea no coincide con el eje central este-oeste de la Estructura 25 sino precisamente con los dos orificios mencionados que se localizan en la antesala sur del edificio (figura 48).

Parece significativo que otra pequeña escalinata en la muralla poniente se encuentra exactamente en el eje de simetría del Castillo prolongado hacia el poniente, a lo largo del cual se localiza —evidentemente recalcando su impor-



Figura 45. Tulum, Estructura 25, fachada oriente; nótese el orificio en el muro interior del cuarto con columnas. Foto: Ivan Šprajc.



Figura 46. Tulum, Estructura 25, vista hacia el poniente a través de los orificios en los muros oriente y poniente de la antesala sur; nótese la altura del agujero poniente respecto al segmento de la muralla visible al fondo a la izquierda. Foto: Ivan Šprajc.

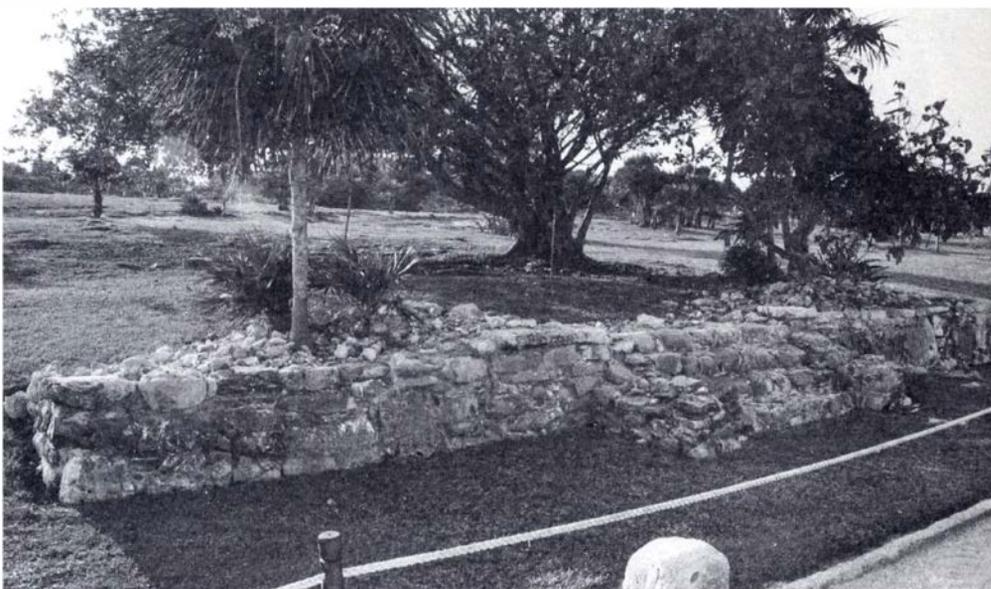


Figura 47. Tulum, Estructura 29, vista hacia el noroeste. Foto: Ivan Šprajc.

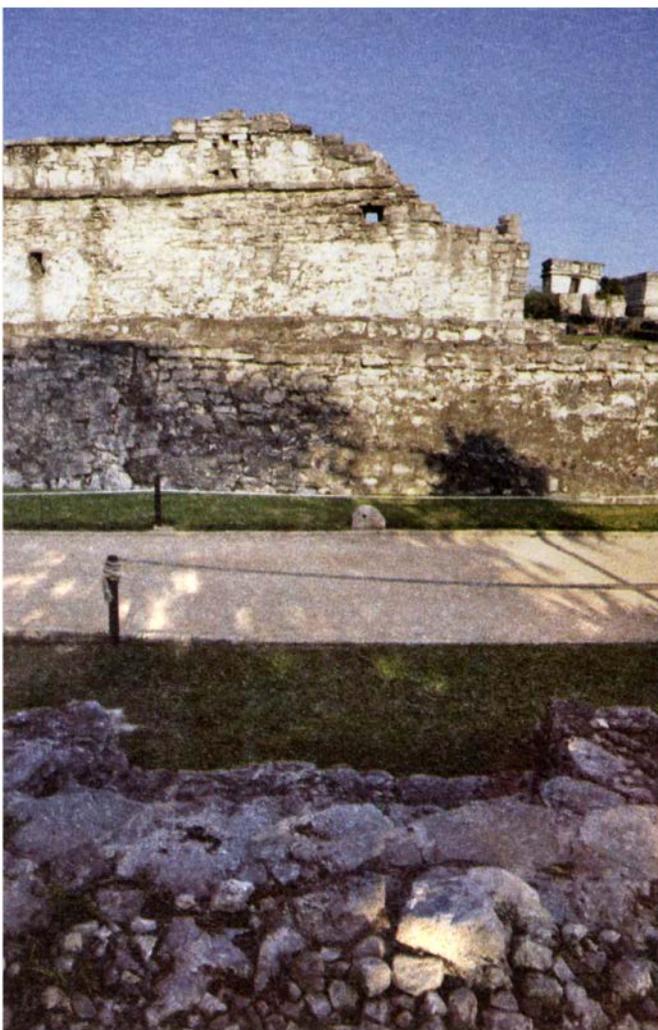


Figura 48. Tulum, fachada poniente de la Estructura 25, viendo desde la escalinata de la Estructura 29 hacia el oriente. Foto: Ivan Šprajc.



Figura 49. Tulum, pequeña escalinata ubicada en el brazo poniente de la muralla a lo largo de la alineación de los orificios de la Estructura 25; vista hacia el noroeste. Foto: Ivan Šprajc.

tancia— también la Estructura 8, plataforma rectangular en el centro del recinto interior (cf. Vargas Pacheco 1995: 61s). Aunque la cara interior de la muralla poniente cuenta con varias escalinatas (cf. Lothrop 1924: 72), probablemente no es fortuito que dos de ellas se localicen exactamente a lo largo de los ejes señalados también por otros elementos arquitectónicos. Aunque el alineamiento definido por los dos agujeros en la Estructura 25 corresponde con exactitud a los extremos mayores norte de la Luna en el cielo occidental, no es imposible que la escalinata en la muralla, colocada a lo largo de esta alineación, sirviera para marcar el punto idóneo para observar los extremos mayores sur en el horizonte oriental, en la dirección señalada por la Estructura 25.

Encima de la entrada central que comunica el pórtico sur con el adoratorio central de la Estructura 25 (cf. planta en Lothrop 1924: 104, fig. 87) se encuentra una figura del dios descendente elaborada en estuco. Esta deidad ha sido comúnmente relacionada con Venus, ya que aparece en la página 58 del *Códice Dresden*, llevando un glifo de Venus en su cabeza; sin embargo, también es innegable su relación con la Luna, si recordamos que la figura en el manuscrito mencionado forma parte de la tabla lunar, o de eclipses. Por otra parte, hay que advertir que la interpretación de este elemento iconográfico no necesariamente tiene relevancia para la interpretación del significado de la orientación de la Estructura 25: la deidad descendente adorna muchos edificios cuyas orientaciones no pueden relacionarse ni con Venus ni con la Luna.

La orientación de la Estructura 21 corresponde aproximadamente a las puestas del Sol en el solsticio de junio (tablas 1 y 2). Recordando que los extremos de la Luna llena siempre ocurren cerca de los solsticios, quizá no sea

fortuito que la Estructura 25, con la probable orientación lunar (*v. supra*), se sitúe inmediatamente al norte de la Estructura 21. Aunque no es imposible que la Estructura 25 haya marcado los extremos lunares sur en el horizonte oriente, las circunstancias ya mencionadas favorecen la idea de que fue orientada hacia los extremos norte en el horizonte poniente. Si en la observación de los extremos era importante la fase llena de la Luna, recordemos que la asociación con un edificio orientado solsticialmente tendría sentido por la contraposición de la Luna llena y el Sol (*v. capítulo 3.2.5*); en tal caso esperaríamos que la Estructura 21 estuviera orientada hacia las salidas del Sol en el solsticio de diciembre. Para este edificio en la tabla 1 no aparecen los datos sobre el horizonte oriente y la declinación correspondiente, porque la vista en esta dirección la tapa el complejo arquitectónico del Castillo, que conforma la línea del horizonte artificial, cuya altura no se puede determinar, por depender del punto exacto de observación. Sin embargo, si se observaban las apariciones del Sol encima de estos edificios (o suponiendo que éstos son posteriores a la Estructura 21), no es imposible que la orientación de la Estructura 21 marcara las salidas del Sol en el solsticio de diciembre. La otra posibilidad que debemos considerar, sin embargo, es que los extremos lunares se observaban cerca del novilunio (*v. capítulo 3.2.5*); en tal caso sería comprensible que las orientaciones de ambos edificios fueran funcionales hacia el poniente, ya que tanto los extremos norte de la Luna como los que alcanzaba el Sol en el solsticio de junio se observaban en la misma época del año y aproximadamente en la misma dirección.

La Estructura 35, también conocida como Casa del Cenote (Santillán y Vargas 1992), y la Estructura 45 tal vez registraban los extremos menores de la Luna (tablas 1 y 5), pero también llama la atención que un intervalo entre las fechas de salida del Sol señaladas por la Casa del Cenote —12 de noviembre y 29 de enero (figura 50)— es 78 (= 6×13) días y que la cercana Estructura 45 posiblemente marcaba el mismo intervalo en el horizonte poniente (tabla 1). La Estructura 54, si es que fue orientada astronómicamente, quizá registrara un intervalo de 280 (= 14×20) días en el horizonte oriente (tabla 1).

UITZILNÁ, CAMPECHE, MÉXICO

La orientación de la Estructura 6, templo piramidal fechado en el Clásico Temprano (Šprajc, Flores, Čaval y García 2014: 44, Apéndice B, plano 2), pertenece al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8).

UXMAL, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos pertenecen a los periodos Clásico Tardío y Terminal (Pollock 1980: 208ss; Barrera 1985, 1991; Kowalski 1987; Huchim y Toscano 1999, 2002).

La Pirámide del Adivino incorpora al menos dos orientaciones diferentes, seguramente relacionadas con sus distintas etapas constructivas (*cf.* Barrera



Figura 50. Tulum, Casa del Cenote, salida del Sol el 12 de noviembre de 2014, observada a lo largo del eje de simetría del edificio. Foto: Mauricio Marat, INAH.

1985: 43ss; Huchim y Toscano 1999). El santuario superior (Templo V) comparte su orientación, que pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9), con la escalinata oriente, en tanto que el sector poniente del edificio, incluyendo la escalinata que conduce al Templo Chenes (Templo IV), manifiesta la misma orientación que este último. El azimut este-oeste del Templo Chenes citado en la tabla 1 corresponde al eje de simetría de las jambas frontales y de las interiores que pertenecen a la fachada del Templo III, al que posteriormente fue adosada la cámara del Templo IV (cf. Barrera 1985: 53s). Aunque la línea fue medida con teodolito, es posible que no corresponda a la situación original con exactitud, ya que durante el proceso de restauración fueron sustituidas las jambas originales del Templo III por unas de concreto; el error de tan sólo dos centímetros en la posición de las actuales respecto a las originales resultaría en un error acimutal de al menos un cuarto de grado. Posiblemente la orientación original pertenecía al Grupo 4 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

La Gran Pirámide es de planta bastante irregular; los datos en la tabla 1 corresponden a las partes expuestas en el lado norte del santuario superior. Las orientaciones de este edificio y de la Casa de las Tortugas corresponden aproximadamente a los extremos menores de la Luna; por otra parte, la Casa de las Tortugas también parece pertenecer al Grupo 10 de orientaciones solares,

mientras que la Gran Pirámide quizá marcara las puestas del Sol separadas por un intervalo de 78 (= 6 × 13) días (tablas 1, 5 y 7).

Los azimuts norte-sur y este-oeste del Palacio del Gobernador en la tabla 1 corresponden a su fachada oriente y al eje de simetría de su entrada central, respectivamente. Aveni (1975: 182ss, Table 5) y Aveni y Hartung (1986: 22ss) propusieron que este edificio, construido alrededor del año 900 d.C. (Kowalski 1987, 2003: 211ss; Bricker y Bricker 1996), fue orientado hacia los extremos máximos sur de Venus en su aspecto matutino. Al reexaminar el caso, Šprajc (1993a: 47, 1996a: 75ss, 1996b: 173ss) argumentó que la orientación del palacio era funcional en la dirección opuesta, marcando los extremos máximos norte de Venus como estrella de la tarde (tablas 1 y 3). Estos fenómenos pudieron observarse desde la pirámide principal de Cehtzuc, un sitio menor localizado a 4.5 km al oriente y a lo largo de la línea perpendicular a la fachada del Palacio del Gobernador. Considerando el rango de las máximas declinaciones que alcanzaba Venus en las décadas alrededor de 900 d.C. (entre 26°45' y 27°) y el ángulo de extinción de 1° a 2°, válido en la húmeda atmósfera tropical (Bradley Schaefer, comunicación personal, 1999), el planeta descendiente desaparecía exactamente encima del borde norte del Palacio, visto desde Cehtzuc con el azimut de 298°13'.

Además de que la decoración del Palacio del Gobernador cuenta con varios elementos iconográficos y epigráficos que aluden a Venus (Aveni 1975: 182ss; Aveni y Hartung 1986: 22ss; Šprajc 1993a: 45s, 1996a: 75ss, 1996b: 173ss, 2015b; Bricker y Bricker 1996), apoyando la idea de que la orientación del edificio estaba de alguna forma relacionada con el planeta, los siguientes argumentos favorecen, específicamente, la direccionalidad poniente de la orientación:

1. Debido a la asimetría de los extremos máximos visibles en los horizontes oriente y poniente (v. capítulo 3.2.4), Venus, al salir como estrella matutina en el horizonte oriente de Uxmal, nunca pudo alcanzar un azimut mayor de 115°40' (Šprajc 1993a: 20s, 45ss, 1996a: 23ss, 75ss, 1996b: 32ss, 173ss, 2015a, 2015b). La diferencia entre este azimut y el del eje este-oeste del Palacio del Gobernador (tabla 1) rebasa 2° (o 4 diámetros del disco solar). En vista de los datos analizados en la presente obra, que indican la precisión con la que fueron diseñadas las orientaciones en el área maya, resulta improbable que los constructores, desean-do orientar el edificio hacia los extremos máximos sur de la estrella de la mañana, hubiesen cometido un error tan grande.

2. En la arquitectura mesoamericana se conocen relativamente pocos alineamientos hacia los extremos de Venus, pero todos corresponden a las posiciones extremas de la estrella de la tarde con mayor precisión que a las de la estrella matutina (Šprajc 1993a: 45ss, 1996a: 72ss, 1996b: 170ss).

3. La orientación hacia los extremos de la estrella vespertina tiene sentido en términos del contexto natural y cultural. Mientras que las fechas de los extremos máximos sur de la estrella de la mañana (principios de enero) no parecen significativas, los mayores extremos septentrionales de la estrella de la tarde, que siem-

pre ocurren a principios de mayo, anunciaban el comienzo de la temporada de lluvias. Condicionando el inicio de la siembra del maíz, este momento ha sido siempre de vital importancia para los agricultores mesoamericanos. Hay que añadir que no sólo los extremos *máximos* norte de la estrella de la tarde, alcanzados en intervalos de ocho años, manifiestan una relación estacional significativa. En cualquier ciclo de ocho años pueden observarse, en la mayoría de los casos, cinco extremos norte y cinco extremos sur en el cielo occidental; mientras que las fechas de los primeros se distribuyen entre abril y junio, los segundos son visibles entre octubre y diciembre, coincidiendo con el final de la temporada de lluvias y el tiempo de la cosecha. Debido al ancho angular del Palacio del Gobernador, como visto desde Cehtzuc ($1^{\circ}15'$), la puesta de Venus detrás del edificio pudo ser observada cuando la declinación del planeta rebasaba $24^{\circ}56'$, es decir, en dos o tres extremos norte de la estrella vespertina visibles en un ciclo de ocho años (ocasionalmente durante un lapso de varios días). Hay evidencias indicando que los extremos de Venus vespertino eran, en efecto, observados y que fue precisamente su estacionalidad, significativa en términos agrícolas, la que fue responsable de la ampliamente documentada asociación conceptual de Venus, particularmente de la estrella de la tarde, con la lluvia, el maíz y la fertilidad en la cosmovisión mesoamericana (capítulo 3.2.4; Šprajc 1993a, 1993b, 1996a, 1996b, 1996c).

4. La relación de la orientación del Palacio con los fenómenos que presagiaban la llegada de las lluvias estacionales es congruente con el hecho de que los más de 350 glifos de Venus, conservados en la decoración de la fachada, están colocados en las mejillas de Chac, dios de la lluvia. Por otra parte, recordando que es el aspecto vespertino del planeta el que tenía una importancia primordial en la asociación conceptual Venus-lluvia-maíz, es probable que las referencias a Venus en la inscripción encima de la entrada principal, junto con los símbolos del dios de la lluvia, que incluyen dos imágenes esqueléticas de Chac (Bricker y Bricker 1996), se refieran específicamente a la estrella de la tarde, pues diversos datos indican que la apariencia huesuda era una característica tanto de Venus en su manifestación vespertina como de las imágenes de fertilidad en la iconografía mesoamericana (Šprajc 1993a: 41s, 1996a: 68, 1996c).

Un intento de interpretar el simbolismo del Palacio del Gobernador y el significado de su orientación en relación con la ideología política fue presentado en el capítulo 4.2.

UXUL, CAMPECHE, MÉXICO

La Estructura XI, probablemente del Clásico Temprano, aunque podría tener etapas más tempranas (Šprajc y Flores 2008: 60ss; García López 2008; Ruppert y Denison 1943: 74ss), y la Estructura XIII conforman un complejo del tipo Grupo E. Los datos en la tabla 1 se basan en la información publicada por Ruppert (1940: 227, Table II) y Ruppert y Denison (1943: 6, Table 1). La orientación, discutida ya en otro estudio (Šprajc 2008b), pertenece al Grupo 7 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

XAMÁN SUSULÁ, YUCATÁN, MÉXICO

La orientación de la Estructura 1714-Asub, que es una construcción cívico-ceremonial del Preclásico Medio y Tardío (Peniche 2012), no se puede determinar con precisión, pero podría tratarse de una orientación solar del Grupo 8 (tablas 1, 7 y 11).

XCALUMKÍN, CAMPECHE, MÉXICO

El edificio sur de la Colina Noroeste de este sitio con arquitectura Puuc (Pollock 1980: 418ss; Becquelin *et al.* 1996; Ojeda y Benavides 2008; Benavides 2010) parece haber sido orientado hacia los extremos mayores de la Luna (tablas 1 y 4). En esta relación podría ser significativo que, a 150 m al suroeste del Grupo de la Serie Inicial, fue encontrada una escultura antropomorfa sedente conocida localmente como “la vieja” (*xnuk*, en maya yucateco: Benavides 2010: 31, fig. 15); si se trata de la diosa vieja de la Luna, como es posible suponer (*cf.* Milbrath 1999: 141ss; Benavides s.f.), el culto a esta deidad en el sitio reforzaría la idea sobre la orientación lunar del edificio referido.

XCAMBÓ, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio datan del Clásico Temprano y Tardío (Sierra Sosa 1999, 2003).

Las orientaciones del Edificio del Comerciante y el Templo de las Caritas, situados en el lado sureste de la plaza principal, concuerdan con la de la adyacente Pirámide de los Mascarones, que al parecer registraba las puestas del Sol en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, comúnmente marcadas por las orientaciones en el centro de México (Šprajc 2001a), así como por algunas en nuestra área de estudio (p. ej. la Estructura III de Calakmul, el Templo del Búho de Dzibanché y la estructura principal de Limones: tabla 1). La orientación de la Pirámide de la Cruz, en el costado norte de la plaza principal, es ligeramente diferente, pero casi igual a la de la estructura palaciega que se ubica en el extremo oriente del sitio, a 400 m de la plaza principal, y cuyo eje este-oeste prácticamente coincide, además, con el *sacbé* que la conecta con otros edificios, localizados a poco más de 100 m hacia el poniente y también con orientaciones semejantes (*cf.* plano en Sierra Sosa 2003: fig. 1). Las orientaciones de la Pirámide de la Cruz y de la estructura palaciega pertenecen al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 8).

Si asumimos que los edificios rectores de los dos grupos de alineamientos eran la Pirámide de la Cruz, que marcaba las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre, y la Pirámide de los Mascarones, que registraba las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, llama la atención que cada par de fechas delimita un intervalo de 260 días y que la presencia de ambas orientaciones es análoga a los casos en el centro de México, en los que una sola orientación marca las cuatro fechas (Šprajc 2001a: 107ss, 201ss, 258ss).

XCARET, QUINTANA ROO, MÉXICO

Las adyacentes Estructuras E-III y E-IV de este sitio, que floreció en el Posclásico Tardío (Andrews y Andrews 1975; Con 2002), al parecer compartían la misma orientación; la segunda es de planta ovalada, pero su azimut este-oeste prácticamente coincide con el de la primera. Orientaciones parecidas las manifiestan también las Estructuras C-IV, H-I y el Templo de la Caleta. Es posible que su referente astronómico fuera la estrella Fomalhaut en los momentos de su orto, suposición que se ve reforzada por el hecho de que la orientación de las Estructuras D-I y F-I es diferente de las anteriores, pero aproximadamente corresponde a la dirección en la que la misma estrella se ocultaba (tablas 1 y 6). Además, recordemos que algunas orientaciones en los sitios cercanos de Calica y Xelhá también pueden relacionarse con la salida de Fomalhaut (tablas 1 y 6).

El motivo astronómico de las orientaciones de las Estructuras A-VI y C-I no es evidente; posiblemente fueron ajustadas de manera aproximada a las de los edificios vecinos.

XELHÁ, QUINTANA ROO, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio datan de los periodos Clásico (Casa de los Pájaros, Palacio y Estructura de las Pilastras) y Posclásico (Casa del Jaguar) (Lothrop 1924: 133ss; Robles 1981b; A. Miller 1982; Ochoa 2008).

La plaza del Grupo B está delimitada en sus lados suroeste y noreste por el Palacio (Estructura 136) y la Estructura de las Pilastras, respectivamente. Mientras que la orientación de la parte sur del Palacio puede relacionarse con las salidas o puestas solsticiales del Sol, el adosamiento norte, con acceso desde la plaza, manifiesta una orientación diferente y similar a la de la Estructura de las Pilastras, al otro lado de la plaza, correspondiendo a los extremos mayores de la Luna (tablas 1, 2 y 4). La coexistencia de alineamientos lunares y solsticiales, advertida también en otros sitios de la costa nororiental (p. ej. en Buena Vista, San Gervasio y Tulum), parece reflejar la observación de los extremos de la Luna llena, que son particularmente impactantes y que siempre ocurren cerca de los solsticios (v. capítulo 3.2.5).

Ruiz Gallut (2001) y Galindo (2001a) relacionan la disposición arquitectónica de la Casa de los Pájaros y la Casa del Jaguar con varios eventos astronómicos, ante todo con las posiciones de ciertos asterismos, pero resulta difícil evaluar la intencionalidad de estas correspondencias. De acuerdo con nuestros análisis, la orientación de la Casa de los Pájaros corresponde al Grupo 3 de orientaciones solares, mientras que la de la Casa del Jaguar, semejante a la que manifiestan diversos edificios en los sitios del noreste de la península, podría referirse a las salidas de la estrella Fomalhaut (tablas 1, 6, 7 y 10).

XLAPAK, YUCATÁN, MÉXICO

Los edificios medidos en este sitio representan ejemplos típicos del estilo arquitectónico Puuc del Clásico Tardío y Terminal (Pollock 1980: 60ss). Las orienta-

ciones del Edificio B y del Palacio podrían relacionarse con las paradas menores de la Luna (tablas 1 y 5), aunque también llama la atención que las fechas correspondientes al Edificio B delimitan intervalos de 280 (= 14×20) días en ambos horizontes. El Edificio C tal vez marcaba las puestas del Sol separadas por un intervalo de 60 (= 3×20) días (tabla 1).

XPUJIL-I, CAMPECHE, MÉXICO

Las orientaciones en este sitio, donde los edificios más imponentes manifiestan el estilo arquitectónico Río Bec del Clásico Tardío (Potter 1977: 92ss; Bueno 1999; Carrasco y Boucher 1985), se discuten en detalle en un estudio anterior (Šprajc 2004a). La orientación de la Estructura I parece pertenecer al Grupo 5 de orientaciones solares (tablas 1 y 7). El eje central este-oeste del edificio, prolongado hacia el poniente, pasa por la Estructura IX de Becán, la más alta de este sitio y visible en el horizonte poniente, a 6.4 km de distancia; prolongado hacia el oriente, el mismo eje pasa por los montículos de Mirador Chico, pequeño sitio arqueológico ubicado en el cerro al oriente del poblado moderno de Xpujil (Mayer 2000; Šprajc 2004a). La orientación de la Estructura IV pertenece al Grupo 6 de orientaciones solares (tablas 1 y 7).

YAXCHILÁN, CHIAPAS, MÉXICO

Los edificios cuyas orientaciones se determinaron en este sitio datan del Clásico Tardío (García Moll 1996, 2007a; López Varela 1995, 1998; Carrasco 1991; Golden *et al.* 2008; Juárez Cossío 2009).

Las Estructuras 40 y 41, en la parte más alta del sitio, e incluso la Estructura 33, ubicada a casi 300 m de distancia, tienen orientaciones semejantes; sus referentes astronómicos no son evidentes, aunque la Estructura 40, en vista de que el error estimado de los datos es relativamente grande, podría relacionarse con las paradas mayores sur de la Luna en el horizonte poniente (tablas 1 y 4). Recordando la frecuente asociación de las orientaciones lunares con las solsticiales (v. capítulo 3.2.5), podemos notar que en el caso de la Estructura 39, notablemente desviada respecto a las adyacentes Estructuras 40 y 41, podría tratarse de una orientación poco precisa hacia las posiciones del Sol en los solsticios (tabla 1). Si consideramos la posibilidad de que la precisión no fuera tan importante, la Estructura 51, en la Pequeña Acrópolis, quizá fuese orientada hacia los extremos mayores sur de la Luna en el horizonte oriente (la declinación lunar que le corresponde en esta dirección es de $-30.006^\circ \pm 0.5^\circ$). Por otra parte, la orientación de la Estructura 42, en el mismo conjunto, podría referirse a los extremos lunares menores, aunque también pertenece al Grupo 9 de orientaciones solares (tablas 5 y 7).

Apoyándose en los datos epigráficos sobre la importancia de los solsticios de verano en Yaxchilán, Tate (1985, 1989) relacionó la disposición de las Estructuras 33 y 40 con la observación del Sol en el solsticio de verano. Para la Estructura 33 sugirió que los rayos del Sol saliente, al penetrar por la entrada principal, iluminaban la estatua del gobernante Pájaro Jaguar. Sin embargo, como

ya argumentaron Iwaniszewski y Galindo (2006), basándose en sus propias mediciones (sus datos coinciden con los nuestros), la orientación de este edificio difícilmente puede relacionarse con los solsticios. En otro lugar Tate (1989: 418, fig. 32.2) mencionó que, al observar desde la Estructura 41, el Sol en el solsticio de verano salía en un corte en el horizonte oriente. Este rasgo natural se ubica, según nuestras mediciones, aproximadamente a lo largo del eje de simetría de la Estructura 40, pero no corresponde a la dirección solsticial, ya que su azimut es de 56° (tabla 1); además, la línea del horizonte natural corresponde al paisaje más lejano con mayor altura. Si miramos desde la Estructura 41, situada al sur de la 40, el azimut del corte es aun menor y, por lo tanto, más distante del punto de salida del Sol en el solsticio de junio.

YAXNOHCAH, CAMPECHE, MÉXICO

Las orientaciones en este sitio, cuyo florecimiento corresponde a los periodos Preclásico Medio y Tardío y Clásico Temprano (Šprajc y Flores 2008: 66ss; García López 2008; Reese-Taylor y Anaya 2013), se discutieron anteriormente en otro estudio (Šprajc 2008b).

Mientras que el Grupo F está orientado solsticialmente, las orientaciones de las Estructuras A-1 y C-1, basamentos piramidales con conjuntos triádicos, pertenecen al Grupo 1 de orientaciones solares (tablas 1, 2, 7 y 8). Puesto que los edificios no han sido excavados y las orientaciones fueron determinadas con base en los planos, quizá también las Estructuras E-1 y E-6 pertenezcan al mismo grupo, aunque parece más probable que marcaran las puestas del Sol el 23 de abril y el 21 de agosto, separadas por 120 ($= 6 \times 20$) días y registradas también, por ejemplo, por la Pequeña Acrópolis de Dzibanché, la Estructura A-1 de Dzibilnocac, la Estructura 1 de El Tigre y la Estructura Q-152 (Templo Redondo) de Mayapán (tabla 1).

Al recordar que las orientaciones del Grupo 1 registraban las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre, es significativo que el azimut de la línea trazada desde la cúspide de la Estructura C-1 hasta la cúspide de la Estructura E-1, localizada a poco más de 1 km de distancia hacia el sureste, es $104^\circ 11'$, y corresponde a la declinación de $-13^\circ 40'$, lo que significa que, observando desde la Estructura C-1, el Sol salía en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre alineado con la Estructura E-1. En vista de que ambos edificios pueden fecharse en el Preclásico Tardío, no cabe duda de que el alineamiento pudo ser funcional, además de que su intencionalidad se ve reforzada por el hecho de que su azimut es prácticamente igual al que se determinó para la orientación de la Estructura C-1 (v. tabla 1). Podemos concluir, por lo tanto, que el motivo de registrar las salidas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre dictó no sólo la orientación de la Estructura C-1 sino también la relación espacial entre ésta y la Estructura E-1 (Šprajc 2008b).

La orientación de las Estructuras B-1 y B-3, que conforman un conjunto del tipo Grupo E, pertenece al Grupo 2 de orientaciones solares (tablas 1, 7 y 9).

6. CONCLUSIONES

En las páginas que anteceden hemos presentado y discutido los datos sobre las orientaciones arquitectónicas en las tierras bajas mayas, tratando de discernir sus posibles bases astronómicas. La muestra de datos que hemos analizado es relativamente grande, lo que nos ha permitido detectar ciertos patrones en la distribución de las orientaciones y llegar a algunas generalizaciones confiables, pero estamos conscientes de que el trabajo no ha concluido. Pese al título de la obra, las conclusiones que presentamos seguramente no son aplicables a todo el territorio de las llamadas tierras bajas mayas, ya que faltan datos sobre regiones extensas. No obstante, confiamos en que la metodología que empleamos, tanto en la selección y la medición de los alineamientos como en los análisis y la interpretación de los datos, es suficientemente rigurosa, por lo que hemos podido establecer diversos principios que regían la orientación de los edificios cívicos y ceremoniales en el área del estudio. Algunos de nuestros resultados confirman y refinan las hipótesis anteriormente propuestas por otros investigadores. Otros son novedosos y amplían el conocimiento sobre el papel que tenía la astronomía en el diseño arquitectónico y la planeación urbana en una gran parte del área maya, pero también hay que agregar que algunas ideas expresadas con anterioridad, pese a su popularidad, carecen de sustento en nuestros datos: no hay evidencias contundentes, por ejemplo, de que existieran orientaciones hacia las salidas o puestas del Sol en los equinoccios y los días de su paso por el cenit y el nadir.

Resulta evidente que las orientaciones plasmadas en la arquitectura monumental en el área de estudio fueron dictadas, en su mayoría, por consideraciones astronómicas, y que se refieren a las posiciones de los cuerpos celestes en el horizonte. A esta conclusión nos lleva el análisis de las declinaciones, es decir, de las posiciones en la esfera celeste que corresponden a los puntos del horizonte a los que están orientados los edificios: es importante reiterar que el cuerpo celeste con el que posiblemente está relacionada una orientación, marcando su salida o puesta, sólo puede determinarse al establecer la declinación correspondiente. Los análisis de estos datos revelaron que las declinaciones no están

distribuidas de manera aleatoria o uniforme sino que exhiben concentraciones alrededor de ciertos valores; la existencia de los grupos de orientaciones que, en diversos sitios y durante periodos prolongados, corresponden a las mismas declinaciones en el horizonte, no puede explicarse más que con el uso de referentes astronómicos.

Al comparar la distribución de las declinaciones que corresponden a los azimuts norte-sur y este-oeste, hemos podido concluir que las orientaciones eran astronómicamente funcionales sobre todo, o exclusivamente, en dirección este-oeste. Otro resultado de los análisis es que la ubicación del acceso o la fachada principal no necesariamente coincide con la dirección astronómicamente funcional de la estructura, y que los alineamientos astronómicos están incorporados tanto en los templos como en los edificios administrativos y residencias de alto rango, sin que se observe correlación alguna entre el tipo del edificio y el grupo o grupos de orientaciones; en otras palabras, las orientaciones de los diversos grupos que hemos identificado están plasmadas en edificios de distintos tipos.

Los referentes celestes de las orientaciones eran los extremos de Venus en el horizonte poniente, los extremos (o paradas) de la Luna y, en la mayoría de los casos, las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas. Es posible que algunas orientaciones se refieran a los puntos de orto u ocaso de ciertas estrellas, pero tales casos son relativamente pocos y su referente estelar es, en ausencia de datos contextuales que nos sugieran la importancia de alguna estrella, difícil de establecer. Aunque mencionamos algunas orientaciones que podrían referirse a la estrella Fomalhaut, la hipótesis podrá ser confirmada o reforzada sólo si las futuras mediciones revelan la existencia de un número mayor de orientaciones comparables.

El significado de las orientaciones relacionadas con Venus y la Luna puede comprenderse a la luz de la importancia que tenían ambos astros en la cosmovisión maya. Además de que sus extremos son momentos naturalmente relevantes, es probable que el significado simbólico de estos eventos se incrementara por la relación que exhiben con la periodicidad de ciertos cambios climáticos. Particularmente evidente es la concomitancia de los extremos de Venus vespertino con el inicio y el fin de la época de lluvias, dos cambios estacionales sumamente importantes para las sociedades mesoamericanas, y hay indicios de que estas coincidencias fueron advertidas. Es posible que también fuera observada la relación que existe, según varios estudios, entre ciertas tendencias climáticas y la periodicidad de los extremos de la Luna, pero de momento no tenemos datos al respecto.

En su gran mayoría, las orientaciones pueden relacionarse con las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas. Además de que la distribución de las fechas en el año sugiere su relación con las épocas más relevantes del ciclo agrícola, también es evidente que las fechas registradas tienden a estar separadas por múltiplos de 13 o de 20 días. Estas regularidades indican que las orientaciones solares permitían el uso de calendarios observacionales, necesarios para monitorear el

deslizamiento del calendario formal respecto al año trópico y útiles ante todo para programar las actividades agrícolas en el ciclo anual. Hay que reconocer que no disponemos de evidencias explícitas de la época prehispánica que sustenten tal conclusión, pero la apoyan numerosos datos etnográficos que hemos presentado. En este sentido resultan particularmente sugerentes las fechas que, en diversas comunidades indígenas actuales, marcan el inicio y el fin del ciclo agrícola y que coinciden con las fechas registradas por el Grupo 1 de orientaciones solares, el más ampliamente difundido en el área de estudio. En la actualidad, los dos momentos del año están marcados ya sea por remanentes del antiguo calendario, o bien por las fiestas que forman parte del año cristiano, pero que también contienen elementos evidentemente prehispánicos y relacionados con el ciclo agrícola. A la luz de estos datos es sumamente probable que las fechas más comúnmente registradas por las orientaciones marcaran los momentos clave de un ciclo agrícola canónico o ceremonial. Por ende, podemos suponer que también los otros grupos de orientaciones solares tenían algún papel en la programación de las actividades agrícolas. En ausencia de datos explícitos resulta imposible interpretar, de manera convincente, el significado de cada grupo de fechas que registraban las orientaciones; sin embargo, las analogías etnográficas, de nuevo, permiten proponer que algunas fechas reflejan la existencia de diferentes versiones del año agrícola ceremonial, mientras que otras tenían una función auxiliar: si los alineamientos marcaban las salidas y puestas del Sol separadas por múltiplos de periodos elementales del sistema calendárico, era relativamente fácil anticipar las fechas relevantes, conociendo la estructura del calendario observacional y la mecánica del calendario formal. Tales predicciones deben haber sido muy importantes, no sólo porque las observaciones en las fechas clave pudieron ser impedidas por las nubes, sino también por la necesidad de preparar los rituales de manera oportuna.

En vista de esta argumentación y las evidencias presentadas podemos concluir que los edificios orientados hacia las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas permitían las observaciones que facilitaban una programación eficaz de las labores agrícolas en el ciclo anual. Tal función práctica de las orientaciones solares es comprensible si recordamos que los mayas y otros mesoamericanos no empleaban ningún mecanismo de ajustes regulares que mantuviera su año calendárico de 365 días en perpetua concordancia con el año trópico, que es casi un cuarto del día más largo. Sin embargo, los edificios astronómicamente orientados no pueden interpretarse como observatorios, en el sentido moderno de la palabra, ya que sus funciones primarias eran predominantemente religiosas, residenciales o administrativas. Para monitorear importantes eventos celestes, medir el paso del tiempo y regular las actividades agrícolas no era necesario construir imponentes edificios y orientarlos con precisión. Evidentemente, el uso práctico de las orientaciones solares estaba entrelazado con las creencias sobre la estructura y el funcionamiento del universo, y estos conceptos, sostenidos por la élite gobernante, tenían un papel muy importante en las ideas

involucradas en el diseño arquitectónico y la planeación urbana. Los edificios orientados astronómicamente representan una materialización muy obvia de la unión conceptual del tiempo y el espacio: por una parte tenían el uso práctico, permitiendo determinar a lo largo del año los momentos que tenían importancia vital para la subsistencia, pero al mismo tiempo reproducían, de manera simbólica, las direcciones que —por marcar estos momentos— llegaron a ser sacralizadas. Podemos imaginar que, de esta manera, las orientaciones perpetuaban el orden cósmico concebido como ideal, corroboraban las predicciones de los sacerdotes y, al mismo tiempo, reforzaban la ideología del estrato en el poder (cf. Iwaniszewski 1989: 30s; Broda 1991: 462s; Šprajc 2001a: 121s, 154s, 411ss, 2005).

La importancia del aspecto simbólico de las orientaciones se manifiesta muy claramente en las que no se refieren al Sol, sino a fenómenos que, como los extremos de Venus y de la Luna, no son particularmente útiles para fines prácticos de orientación en el tiempo, pero cuyo significado deriva de las creencias que formaban parte de la cosmovisión. También ilustrativas en este sentido son las orientaciones que, además de tener referentes celestes, manifiestan relaciones aparentemente intencionales con ciertos rasgos del paisaje circundante, tanto naturales como artificiales, reflejando la complejidad de las normas que dictaban no sólo la orientación sino también la ubicación de los edificios importantes. Ejemplos de ello son algunos edificios en Calakmul, Toniná, Uxmal y Xpujil, orientados astronómicamente y alineados, además, hacia otros en los sitios vecinos, o hacia los cerros prominentes en el paisaje circundante. El hecho de que se han detectado pocos alineamientos de este tipo en las tierras bajas mayas puede explicarse, por una parte, con la relación entre la altura de los edificios y la vegetación que los rodea en la actualidad y que, en la mayoría de los casos, obstruye la vista hacia el horizonte, impidiendo la observación de tales correspondencias. Por otra parte, en vista de la topografía de las tierras bajas, con pocas prominencias naturales, no es de extrañar que los alineamientos hacia los cerros fueran menos frecuentes que en regiones montañosas, tales como el centro de México, donde su abundancia excluye la posibilidad de que fueran fortuitos (Šprajc 2001a: 57). Las orientaciones de este tipo parecen reflejar, por una parte, el simbolismo de los cerros en la cosmovisión mesoamericana, íntimamente relacionado con el culto del agua y la fertilidad (cf. Broda 1991, 1993), y, por la otra, el deseo de los constructores de expresar una relación simbólica con los asentamientos o lugares de culto importantes en la región circundante. Es decir, la arquitectura y las trazas urbanas representan vestigios materiales de un intrincado conjunto de conceptos, en el que los principios derivados de la observación del cielo estaban entretejidos con diversas ideas que daban sentido al paisaje natural y cultural, o incluso a la configuración política vigente.

Otros ejemplos de la probable combinación de los criterios astronómicos y topográficos se encuentran en la costa nororiental de la península de Yucatán y en la costa oriental de la isla de Cozumel, donde las orientaciones de varios

templos manifiestan una concordancia aproximada con la orilla del mar frente a ellos. Aunque es posible que tal disposición en el espacio fuera dictada simplemente por la geomorfología local, hay que advertir que la conformidad de una orientación con la topografía circundante no necesariamente excluye la posibilidad de que también estuvieran involucradas las consideraciones astronómicas. En el caso de los templos mencionados, sus orientaciones pertenecen en su mayoría a los grupos cuyo significado puede explicarse en términos astronómicos, sugiriendo que fueron construidos de manera deliberada en los lugares donde el curso de la costa coincidía con la orientación requerida por criterios astronómicos. Una analogía muy ilustrativa la representan los antiguos templos egipcios: según la opinión común, sus orientaciones fueron simplemente ajustadas al curso del río Nilo, pero las investigaciones recientes han develado que también son astronómicas, lo que significa que estos edificios fueron construidos en lugares premeditados, donde las direcciones astronómicamente significativas eran perpendiculares al Nilo (Belmonte 2012: 215ss). Por otra parte, es posible que a veces la topografía fuera concientizada como indicador de la importancia astronómica de ciertas direcciones: Ruggles (2007: 318), por ejemplo, menciona que el significado de los solsticios en las islas de Hawái pudo haber sido recalcado precisamente por la alineación aproximadamente solsticial de las islas.

No obstante las posibilidades mencionadas, seguramente no todos los edificios incluidos en nuestros análisis fueron orientados a partir de criterios astronómicos. Recordemos que en cada sitio seleccionamos las estructuras que, por su ubicación, disposición y presunta funcionalidad, parecían particularmente idóneas para las observaciones, pero en realidad no tenemos datos explícitos acerca de cuáles eran las estructuras orientadas con base en consideraciones de este tipo. Es decir, nuestra muestra seguramente incluye algunas que fueron orientadas al azar o en conformidad con la geomorfología local y, a la inversa, excluye otras que sí fueron orientadas astronómicamente; las omisiones más obvias corresponden a los edificios monumentales que no han sido excavados, por lo que sus orientaciones no se han podido determinar.

Al examinar la distribución geográfica y cronológica de las orientaciones que pertenecen a distintos grupos que hemos identificado, observamos ciertas variaciones a través del tiempo (figura 5), así como algunas tendencias regionales. Por ejemplo, las orientaciones que no pueden relacionarse con el Sol, la Luna o Venus se encuentran concentradas en la costa nororiental de la península de Yucatán y en el área del río Usumacinta. Mientras que varias de estas orientaciones podrían relacionarse con los puntos de orto u ocaso de la estrella Fomalhaut, para otras el referente astronómico no es evidente. La concentración, en dos regiones separadas, de orientaciones que únicamente pueden relacionarse con estrellas, o que ni siquiera tuvieron bases astronómicas, parece significativa y podría tener que ver con variaciones regionales que se observan también en otros aspectos culturales. Llama la atención, por ejemplo, que Tiesler y Cucina (2012), comparando las formas cefálicas artificiales en diversos sitios de las tierras

bajas mayas, concluyen que los tipos de modificación cefálica en la cuenca de Usumacinta difieren de los que predominan en el Petén y el norte de la península, y agregan que estas discrepancias preferenciales podrían “expresar una divergencia cultural más profunda, vinculada quizá con diferencias lingüísticas o esquemas ideológicos distintivos”, idea que se ve apoyada por otros datos que mencionan (*ibid.*: 116).

Otro caso interesante lo representan las orientaciones hacia los extremos mayores de la Luna: el hecho de que son particularmente frecuentes en la costa nororiental (tabla 4) es congruente con los datos independientes que indican la importancia del culto lunar en esta región. Las orientaciones que podrían referirse a los extremos lunares menores no manifiestan tal concentración (tabla 5), pero cabe advertir que su relación con la Luna es mucho más hipotética: en varios casos, recordemos, es más probable que su referente fuera el Sol.

Por otra parte, llama la atención que los grupos más sobresalientes de orientaciones solares parecen haber estado difundidos en toda nuestra área desde el Preclásico hasta la Conquista (tablas 8 y 9). Más aún, la distribución de los Grupos 1 y 2 llegaba más allá de las tierras bajas mayas, ya que los encontramos también en Oaxaca, en el área del Golfo y, sobre todo, en el centro de México (Sánchez y Šprajc 2011b, 2012a; Šprajc 2001a: figs. 8 a 11). De acuerdo con los datos disponibles hasta el momento, los edificios más tempranos que manifiestan las orientaciones de ambos grupos se encuentran en el área maya, por lo que parece ser ésta la región de su origen. Un ejemplo prominente lo constituyen los alineamientos del Grupo 1, comunes en las tierras bajas mayas desde el Preclásico Tardío (tabla 8), pero sus orígenes han de ser incluso más tempranos: en El Mirador están incorporados no sólo en edificios de las fases iniciales del Preclásico Tardío sino también en el basamento de la Pirámide Monos, cuyas etapas tempranas datan del Preclásico Medio (Copeland 1989), y la Acrópolis Pava, cuya construcción también podría haber comenzado ya en esa época (Šprajc y Morales-Aguilar 2007: 132ss; Šprajc, Morales-Aguilar y Hansen 2009). Asimismo, parece que también la etapa temprana de la Estructura A-1 de Yaxnohcah, cuya orientación pertenece al Grupo 1 (tablas 1 y 8), data del Preclásico Medio (Reese-Taylor y Anaya 2013; Kathryn Reese-Taylor, comunicación personal, 2013). Es decir, las orientaciones de este grupo aparecen en las tierras bajas mayas centrales evidentemente antes que en Teotihuacan, que durante mucho tiempo fue considerado como lugar de su origen. Un dato indicativo que podemos agregar es que, como lo revelaron las recientes excavaciones en la Pirámide de la Luna de Teotihuacan, la orientación del edificio más temprano, construido cerca del año 100 d.C., difiere radicalmente de la orientación que posteriormente adoptó la retícula urbana (Sugiyama y Cabrera 2007: 116) y que pertenece al Grupo 1. Por consiguiente, estas evidencias, junto con la información cerámica (Clayton 2005), podrán agregarse a los datos que, según señala Marcus (2003: 91), requieren una reconsideración de las presuntas influencias teotihuacanas en el área maya.

Estas últimas observaciones muestran que las investigaciones arqueoastronómicas de los alineamientos arquitectónicos no sólo ofrecen respuestas a preguntas específicas que conciernen a la naturaleza de los conceptos subyacentes, su significado con relación al entorno natural y contexto cultural, y su consecuente papel en la cosmovisión y la ideología política. Los estudios de los patrones de alineamientos, de su desarrollo y similitudes en diferentes regiones mesoamericanas, pueden contribuir de manera notable a la comprensión de los procesos de interacción cultural, es decir, a la solución de problemas de amplio interés y relevancia general en la arqueología mesoamericana.

Cabe agregar, finalmente, una recomendación general. Un hecho sabido y a menudo inevitable es que los elementos arquitectónicos que constituyen la base para el estudio de las orientaciones son frecuentemente modificados en el curso de los trabajos de excavación y restauración, o bien quedan tapados después de estas intervenciones. Por consiguiente, y en vista de la relevancia de sus aportaciones, los estudios arqueoastronómicos basados en la medición precisa de alineamientos deberían, así como diversos análisis de otro tipo que contribuyen a la solución de múltiples cuestiones, formar parte integral de las excavaciones arqueológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- ADDERLEY, E. E., y E. G. BOWEN, 1962. Lunar Component in Precipitation Data. *Science* 137 (3532): 749-750.
- AIMERS, James J., y Prudence M. RICE, 2006. Astronomy, Ritual, and the Interpretation of Maya "E-Group" Architectural Assemblages. *Ancient Mesoamerica* 17 (1): 79-96.
- 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: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas – Zinacantepec: El Colegio Mexiquense, pp. 379-446.
- ALLEN ARMIÑO, Christine, y Jesús GALINDO-TREJO, 2011. Los tránsitos de Venus: de los mayas a la unidad astronómica. En: J. Daniel Flores Gutiérrez, Margarita Rosado Solís y José Franco López, eds., *Legado astronómico*, México: UNAM, Instituto de Astronomía, pp. 255-266.
- ANDERSON, Neal S., y Moisés MORALES, 1981. Solstitial Alignments of the Temple of the Inscriptions at Palenque. *Archaeoastronomy: The Bulletin of the Center for Archaeoastronomy* 4 (3): 30-33.
- ANDERSON, Neal S., Moisés MORALES y Alfonso MORALES, 1981. A Solar Alignment of the Palace Tower at Palenque. *Archaeoastronomy: The Bulletin of the Center for Archaeoastronomy* 4 (3): 34-36.
- ANDREWS, Anthony P., E. Wyllys ANDREWS y Fernando ROBLES CASTELLANOS, 2003. The Northern Maya Collapse and its Aftermath. *Ancient Mesoamerica* 14 (1): 151-156.
- ANDREWS, Antonio P., y Fernando ROBLES CASTELLANOS, coords., 1986. *Excavaciones arqueológicas en El Meco, Quintana Roo, 1977*. México: INAH.
- ANDREWS IV, E. Wyllys, y Anthony P. ANDREWS, 1975. *A Preliminary Study of the Ruins of Xcaret, Quintana Roo, Mexico: With Notes on Other Archaeological Remains on the Central East Coast of the Yucatan Peninsula*. Middle American Research Institute Publ. 40, New Orleans: Tulane University.

- ANDREWS IV, E. Wyllys, y E. Wyllys ANDREWS V, 1980. *Excavations at Dzibilchaltun, Yucatan, Mexico*. Middle American Research Institute Publ. 48, New Orleans: Tulane University.
- ANDREWS, George F., 1984. *Edzna, Campeche, Mexico: Settlement Patterns and Monumental Architecture*. Culver City: Foundation for Latin American Anthropological Research (publ. original: Eugene: University of Oregon, 1969).
- , 1987. Architecture at Kohunlich, Quintana Roo, Mexico: A preliminary Report. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 10: 17-32.
- , 1995. The Palace at Santa Rosa Xtampak. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 29: 79-92.
- APARICIO, Antonio, Juan Antonio BELMONTE y César ESTEBAN, 2000. Las bases astronómicas: el cielo a simple vista. En: Juan Antonio Belmonte Avilés, coord., *Arqueoastronomía hispánica*, 2a. ed., Madrid: Equipo Sirius, pp. 19-65.
- ARMIJO TORRES, Ricardo, 2003. Comalcalco: la antigua ciudad maya de ladrillos. *Arqueología Mexicana* 11 (61): 30-37.
- ARMIJO TORRES, Ricardo, y Miriam Judith GALLEGOS GÓMORA, 2007. Joy'Chan, la ciudad de ladrillo. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto López Wario, Óscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 23-28.
- , 2008. Una visión de Comalcalco a través de sus investigaciones científicas. *Investigadores de Mesoamérica* 11: 23-60. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- ARMIJO TORRES, Ricardo, y Yazmín E. MILLÁN-RUIZ, 2002. Tecnología arquitectónica y uso de espacios en la Gran Acrópolis de Comalcalco, Tabasco. En: *Tercer Congreso Internacional de Mayistas: Memoria*, vol. I: 189-206. México: UNAM, Centro de Estudios Mayas – Chetumal: Universidad de Quintana Roo.
- AROCHI, Luis E. 1976. *La pirámide de Kukulcán: Su simbolismo solar*. México: Editorial Orion.
- , 1991. Concordancia cronológica arquitectónica entre Chichén Itzá y Mayapán. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 97-112.
- ATRAN, Scott, 1993. Itza Maya Tropical Agro-Forestry. *Current Anthropology* 34 (5): 633-700.
- AVENI, Anthony F. 1975. Possible Astronomical Orientations in Ancient Mesoamerica. En: Anthony F. Aveni, ed., *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, Austin: University of Texas Press, pp. 163-190.
- , 1982. Archaeoastronomy in the Maya Region: 1970-1980. En: A. F. Aveni, ed., *Archaeoastronomy in the New World*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1-30.
- , 1991. *Observadores del cielo en el México antiguo*. México: FCE (trad.:

- J. Ferreiro; orig.: *Skywatchers of ancient Mexico*, Austin: University of Texas Press, 1980).
- , 1995. Frombork 1992: Where Worlds and Disciplines Collide (reseña de: S. Iwaniszewski et al., eds., *Time and astronomy at the meeting of two worlds*, Warsaw, 1994). *Archaeoastronomy* No. 20 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 26): S74-S79.
- , 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: 149-191.
- , 2006a. Evidence and Intentionality: On Method in Archaeoastronomy: Critique of Keynote Address. En: T. W. Bostwick y B. Bates, eds., *Viewing the Sky Through Past and Present Cultures: Selected Papers from the Oxford VII International Conference on Archaeoastronomy*, Phoenix: City of Phoenix Parks and Recreation Department (Pueblo Grande Museum Anthropological Papers, No. 15), pp. 57-70.
- , 2006b. Schaefer's Rigid Ethnocentric Criteria: Reply to Rebuttal. En: T. W. Bostwick y B. Bates, eds., *Viewing the Sky Through Past and Present Cultures: Selected Papers from the Oxford VII International Conference on Archaeoastronomy*, Phoenix: City of Phoenix Parks and Recreation Department (Pueblo Grande Museum Anthropological Papers, No. 15), pp. 79-83.
- , 2010. Cosmology and Cultural Landscape: The Late Postclassic Maya of North Yucatán. En: Gabrielle Vail y Christine Hernández, eds., *Astronomers, Scribes, and Priests: Intellectual Interchange between the Northern Maya Lowlands and Highland Mexico in the Late Postclassic Period*, Washington: Dumbarton Oaks Research Library and Collection, pp. 115-132.
- 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 F., Sharon L. GIBBS y Horst HARTUNG, 1975. The Caracol Tower at Chichen Itza: An Ancient Astronomical Observatory? *Science* 188 (4192): 977-985.
- AVENI, Anthony F., y Horst HARTUNG, 1978. Los observatorios astronómicos en Chichén Itzá, Mayapán y Paalmul. *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 6, núm. 32: 2-13.
- , 1979. Some Suggestions about the Arrangement of Buildings at Palenque. En: Merle Greene Robertson y Donnan Call Jeffers, eds., *Tercera Mesa Redonda de Palenque*, vol. 4: 173-177. Monterey: Pre-Columbian Art Research – Herald Printers.
- , 1986. *Maya City Planning and the Calendar*. Transactions of the American Philosophical Society Vol. 76, Part 7, Philadelphia.
- , 1988. Archaeoastronomy and Dynastic History at Tikal. En: Anthony F. Aveni, ed., *New Directions in American Archaeoastronomy: Proceedings of*

- the 46 International Congress of Americanists, BAR International Series 454, Oxford, pp. 1-16.
- , 1989. Uaxactun, Guatemala, Group E and Similar Assemblages: An Archaeoastronomical Reconsideration. En: A. F. Aveni, ed., *World Archaeoastronomy*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 441-461.
- , 2000. Water, Mountain, Sky: The Evolution of Site Orientations in Southeastern Mesoamerica. En: Eloise Quiñones Keber, ed., *In chalchihuitl in quetzalli: 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., Susan MILBRATH y Carlos PERAZA LOPE, 2004. Chichen Itza's Legacy in the Astronomically Oriented Architecture of Mayapan. *Res: Journal of Anthropology and Aesthetics* 45: 123-143.
- AVENI, Anthony F., Steven J. MORANDI y Polly A. PETERSON, 1995. The Maya Number of Time: Intervalic Time Reckoning in the Maya Codices, Part I. *Archaeoastronomy* No. 20 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 26): S1-S28.
- , 1996. The Maya Number of Time: Intervalic Time Reckoning in the Maya Codices, Part II. *Archaeoastronomy* No. 21 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 27): S1-S32.
- AWE, Jaime J., s.f. Of Apples and Oranges: The Case of E-Groups and Eastern Triadic Architectural Assemblages in the Belize River Valley. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase y Anne Dowd, eds., *Early Maya E Groups, Solar Calendars, and the Role of Astronomy in the Rise of Lowland Maya Urbanism*, Gainesville: University Press of Florida, en prensa.
- AYLESWORTH, Grant R., 2004. Astronomical Interpretations of Ancient Maya E-Group Architectural Complexes. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 18: 34-66.
- AZCÁRATE, Ma. Antonieta, y Demetrio RAMÍREZ, 2000. Trabajos de reconocimiento en el Grupo VI (Complejo El Ramonal) de San Gervasio, Cozumel, Q. Roo. *Actualidades Arqueológicas* 4, núm. 22: 12-16.
- BAER, Phillip, y William R. MERRIFIELD, 1971. *Two Studies on the Lacandonos of Mexico*. Norman: Summer Institute of Linguistics of the University of Oklahoma.
- BÁEZ-JORGE, Félix, 1988. *Los oficios de las diosas (Dialéctica de la religiosidad popular en los grupos indios de México)*. Xalapa: Universidad Veracruzana.
- BALLING, Robert C., y Randall S. CERVENY, 1995. Influence of Lunar Phase on Daily Global Temperatures. *Science* 267 (5203): 1481-1483.
- BARNHART, Edwin L., 2001. "The Palenque Mapping Project, 1998 – 2000: Final Report". Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (<http://www.famsi.org/reports/99101/>).

- BARRERA RUBIO, Alfredo, 1985. *Guía oficial: Uxmal*. México: INAH – Salvat.
- , 1991. La gran plataforma del Palacio del Gobernador de Uxmal. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 12: 41-56.
- BASSIE-SWEET, Karen, 2008. *Maya Sacred Geography and the Creator Deities*. Norman: University of Oklahoma Press.
- 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.
- BAUDEZ, Claude-François, y Nicolas LATSANOPOULOS, 2010. Political Structure, Military Training, and Ideology at Chichen Itza. *Ancient Mesoamerica* 21 (1): 1-20.
- BECQUELIN, Pierre, y Claude F. BAUDEZ, 1979. *Tonina, une cité maya du Chiapas (Mexique)*, tome I. México: Missión Archéologique et Ethnologique Française au Mexique.
- , 1982. *Tonina, une cité maya du Chiapas (Mexique)*, tomes II, III. Paris: Missión Archéologique et Ethnologique Française au Mexique.
- BECQUELIN, Pierre, Dominique MICHELET, Marie-Charlotte ARNAULD, Grégory PEREIRA, Fabienne DE PIERREBOURG, Éric TALADOIRE, Philippe NONDÉDÉO, Marie France FAUVET-BERTHELOT, Javier REVELES y Antonio BENAVIDES CASTILLO, 2005. Balamkú: la historia del sitio vista desde el Grupo Sur y su periferia. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya*, 13, tomo II: 317-332. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- BECQUELIN, Pierre, Dominique MICHELET, Leonardo LÓPEZ LUJÁN y Rodolfo ÁVILA, 1996. Proyecto arqueológico 'Xcalumkín, en su trayectoria cronológica': tercera temporada (1994). *Mexicon* 18 (4): 65-67.
- BECQUELIN, Pierre, y Eric TALADOIRE, 1990. *Tonina, une cité maya du Chiapas (Mexique)*, tome IV. México: Missión Archéologique et Ethnologique Française au Mexique.
- BELMONTE AVILÉS, Juan Antonio, 2012. *Pirámides, templos y estrellas: Astronomía y arqueología en el Egipto antiguo*. Barcelona: Crítica.
- BELMONTE AVILÉS, Juan Antonio, y Michael HOSKIN, 2002. *Reflejo del cosmos: Atlas de arqueoastronomía en el Mediterráneo antiguo*. Madrid: Equipo Sirius.
- BENAVIDES CASTILLO, Antonio, 1981. *Cobá: Una ciudad prehispánica de Quintana Roo: Guía oficial*. México: INAH, Centro Regional del Sureste.
- , 1992. Tres mascarones de estuco en Edzná, Campeche. En: *Memorias del Primer Congreso Internacional de Mayistas*, tomo 2: 423-435. México: UNAM, Centro de Estudios Mayas.
- , 1997. *Edzná: A Pre-Columbian City in Campeche / Edzná: Una ciudad prehispánica de Campeche*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia - Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- , 2002a. Secuencia arquitectónica y papel político de Edzná, Campeche. *Estudios de Cultura Maya* 22: 53-62.

- _____, 2002b. Labores de campo en Jaina, Campeche, durante 2001. *Mexicon* 24 (4): 69-71.
- _____, 2007a. El edificio de los más de cinco pisos en Edzná, Campeche. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 15, tomo I: 207-218. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- _____, 2007b. Jaina, Campeche: panorama general en 2003. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto López Wario, Óscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología* 2005. México: INAH, pp. 49-53.
- _____, 2007c. Edzná, Campeche: panorama general en 2003. En: Alejandro Martínez M., Alberto López Wario, Óscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología* 2005. México: INAH, pp. 54-58.
- _____, 2007d. Jaina, Campeche: temporada 2003: los hallazgos y el futuro próximo. En: Ernesto Vargas y Antonio Benavides, eds., *El patrimonio arqueológico maya en Campeche*, México: UNAM, Centro de Estudios Mayas, pp. 47-82.
- _____, 2008. Edzná: A Lived Place Through Time. En: Travis W. Stanton y Aline Magnoni, eds., *Ruins of the Past: The Use and Perception of Abandoned Structures in the Maya Lowlands*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 223-255.
- _____, 2010. *Xcalumkín: Un sitio Puuc de Campeche*. Campeche: Gobierno del Estado de Campeche.
- _____, 2012. *Jaina: Ciudad, puerto y mercado*. Campeche: Gobierno del Estado de Campeche.
- _____, s.f. "La Vieja Hechicera" (manuscrito inédito en posesión del autor).
- BENAVIDES CASTILLO, Antonio, y Sara NOVELO OSORNO, 2008. Sabana Piletas, Campeche: los inicios de su arqueología. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 16, tomo I: 219-231. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- _____, 2010. Cuatro relieves de Tabasqueño, Campeche. *Mexicon* 32 (3): 48-52.
- BERLIN, Heinrich, 1967. The Destruction of Structure 5D-33-1st at Tikal. *American Antiquity* 32 (2): 241-242.
- BOOT, Erik, 2000. Architecture and Identity in the Northern Maya Lowlands: The Temple of K'uk'ulkan at Chich'en Itsa, Yucatan, Mexico. En: Pierre Robert Colas, Kai Delvendahl, Marcus Kuhnert y Annette Schubart, eds. *The Sacred and the Profane: Architecture and Identity in the Maya Lowlands (3rd European Maya Conference, University of Hamburg, 1998)*, Acta Mesoamericana 10: 183-204. Markt Schwaben: Verlag Anton Saurwein.
- BOREMANSE, Didier, 2006. *Cuentos y mitología de los lacandones: Contribución al estudio de la tradición oral maya*, Publicación Especial No. 42. Guatemala: Academia de Geografía e Historia de Guatemala (trad.: Margarita Vázquez de Fonte; orig.: *Contes et mythologie des Indiens Lacandons: Contribution à l'étude de la tradition orale Maya*, Paris: Editions L'Harmattan, 1986).
- BOUCHER, Sylviane, y Sara DZUL G., 2006. La secuencia tipológica preliminar de la cerá-

- mica del Proyecto Arqueológico Calakmul, Campeche (temporadas 1993-2000). En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 584-616. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- BOUCHER, Sylviane, y Lucía QUIÑONES, 2007. Entre mercados, ferias y festines: los murales de la Sub 1-4 de Chiik Nahb, Calakmul. *Mayab* núm. 19: 27-50.
- BRADLEY, Donald A., Max A. WOODBURY y Glenn W. BRIER, 1962. Lunar Synodical Period and Widespread Precipitation. *Science* 137 (3532): 748-749.
- BRICKER, Harvey M., y Victoria R. BRICKER, 1996. Astronomical References in the Throne Inscription of the Palace of the Governor at Uxmal. *Cambridge Archaeological Journal* 6 (2): 191-229.
- , 2011. *Astronomy in the Maya Codices*. Memoirs of the American Philosophical Society Vol. 265, Philadelphia: American Philosophical Society.
- BRIER, Glenn W., y Donald A. BRADLEY, 1964. The Lunar Synodical Period and Precipitation in the United States. *Journal of the Atmospheric Sciences* 21 (4): 386-395.
- BRODA, Johanna, 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: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, 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* No. 2: 14-28.
- BRODA, Johanna, y Catharine GOOD ESHELMAN, coords., 2004. *Historia y vida ceremonial en las comunidades mesoamericanas: Los ritos agrícolas*. México: INAH – UNAM.
- BUENO CANO, Ricardo, 1991. El sitio arqueológico de Hormiguero. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 12: 35-40.
- , 1999. *Entre un río de robles: Un acercamiento a la arqueología de la región Río Bec*. México: INAH (Colección Científica 411).
- BURGOS VILLANUEVA, Rafael, Luis MILLET CÁMARA, Sara DZUL G., Luis CABRERA P., Raúl EB D., José ESTRADA F., José Manuel ARIAS L. y Emyly GONZÁLEZ G., 2002. “Informe de los Trabajos Arqueológicos del Proyecto Izamal 2001 - 2002 (VIII Temporada de Campo)”. Mérida: Centro INAH Yucatán.
- BURGOS VILLANUEVA, Rafael, José ESTRADA FAISAL y Juan GARCÍA TARGA, 2003. Una aproximación al patrón de asentamiento del sitio de Izamal, Yucatán. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 11, tomo II: 312-324. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- CAMPAÑA, Luz Evelia, 2000. “Informe del Proyecto Becán: Temporada 1999-2000.” México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- , 2001. “Informe del Proyecto Becán: Temporada 2000-2001.” México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.

- CARLSON, John B., 1976. Astronomical Investigations and Site Orientation Influences at Palenque. En: Merle Greene Robertson, ed., *The Art, Iconography & Dynastic History of Palenque, Part III: Proceedings of the Segunda Mesa Redonda de Palenque*, Pebble Beach: Pre-Columbian Art Research – The Robert Louis Stevenson School, pp. 107-122.
- , 1982. The Structure of Mayapán: A Major Post-Classic Maya Site in Northern Yucatan. En: Franz Tichy, ed., *Space and Time in the Cosmivison of Mesoamerica*, Lateinamerika-Studien 10: 43-61. München: Wilhelm Fink Verlag.
- , 1999. Pilgrimage and the Equinox “Serpent of Light and Shadow” Phenomenon at the Castillo, Chichén Itzá, Yucatán. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 14 (1): 136-152.
- CARPENTER, Thomas H., Ronald L. HOLLE y Jose J. FERNANDEZ-PARTAGAS, 1972. Observed Relationships between Lunar Tidal Cycles and Formation of Hurricanes and Tropical Storms. *Monthly Weather Review* 100 (6): 451-460.
- CARR, Robert F., y James E. HAZARD, 1961. *Map of the Ruins of Tikal, El Peten, Guatemala: Tikal Report No. 11*. Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania.
- CARRASCO VARGAS, Ramón, 1991. The Structure 8 Tablet and Development of the Great Plaza at Yaxchilán. En: Virginia M. Fields, ed., *Sixth Palenque Round Table*, 1986, Norman – London: University of Oklahoma Press, pp. 110-117.
- , 1992. Proyecto Kabah 1991. En: *Consejo de Arqueología: Boletín 1991*. México: INAH, pp. 34-41.
- , 1994. *Chicanna, Campeche, un sitio de la frontera sur*. México: UNAM, Centro de Estudios Mayas.
- , 1998. “Proyecto Arqueológico Calakmul: Informe de los trabajos arqueológicos, temporada 1997-1998”. México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (Referencia 3-103).
- , 2000. El *cuchcabal* de la Cabeza de Serpiente. *Arqueología Mexicana* VII, núm. 42: 12-21.
- CARRASCO V., Ramón, y Sylviane BOUCHER, 1985. Nuevas perspectivas para la cronología y el estudio de la arquitectura de la región central de Yucatán. En: George F. Andrews y Paul Gendrop, eds., *Arquitectura y arqueología: Metodologías en la cronología de Yucatán*, Études Mésoaméricaines Série II-8, México: Centre d’Études Mexicaines et Centraméricaines, pp. 57-68.
- , 1990. El Palacio de Sayil (Estructura 2B1): un estudio cronológico. En: Federica Sodi Miranda, ed., *Mesoamérica y norte de México: Siglo IX-XII*, tomo I: 59-85. México: INAH.
- , 1994. Calakmul: espacios sagrados y objetos de poder. *Arqueología Mexicana* II, núm. 10: 32-38.
- CARRASCO VARGAS, Ramón, Verónica A. VÁZQUEZ LÓPEZ y Simon MARTIN, 2009. Daily Life of the Ancient Maya Recorded on Murals at Calakmul, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (46): 19245-19249.

- CARRASCO, Ramón, y Marc WOLF, 1996. Nadzca'an: una antigua ciudad en el suroeste de Campeche, México. *Mexicon* 18 (4): 70-74.
- CASARES CONTRERAS, Orlando Josue, 2001. The Astronomical Orientation of Structure 38: The Presence of Astrocalendric Alignments in Dzibilchaltun. *The PARI Journal* 2 (3): 6-9.
- CASO, Alfonso, 1967. *Los calendarios prehispánicos*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas.
- CASTILLO BORGES, Víctor Rogerio, y Leticia VARGAS DE LA PEÑA, 2006. Los personajes de estuco modelado de Ek' Balam. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 14, tomo I: 255-266. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- CEN MONTUY, María Jesús, 2009. La fiesta de las Siete Cruces de Tixméhuac. *Estudios de Cultura Maya* 34: 115-143.
- CERVENY, Randall S., Bohumil M. SVOMA y Russell S. VOSE, 2010. Lunar Tidal Influence on Inland River Streamflow across the Conterminous United States. *Geophysical Research Letters* 37 (22).
- CLAYTON, Sarah C., 2005. Interregional Relationships in Mesoamerica: Interpreting Maya Ceramics at Teotihuacan. *Latin American Antiquity* 16 (4): 427-448.
- CLOSS, Michael P., 1979. Venus in the Maya World: Glyphs, Gods and Associated Astronomical Phenomena. En: Merle Greene Robertson y Donnan Call Jeffers, eds., *Tercera Mesa Redonda de Palenque: Vol. IV*, Monterey, CA: Pre-Columbian Art Research – Herald Printers, pp. 147-165.
- COBOS, Rafael, 2001. El centro de Yucatán: de área periférica a la integración de la comunidad urbana en Chichén Itzá. 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. 253-276.
- COE, William R., 1990. *Excavations in the Great Plaza, North Terrace, and North Acropolis of Tikal: Tikal Report No. 14*, 6 vols. Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania.
- COGGINS, Clemency Chase, y R. David DRUCKER, 1988. The Observatory at Dzibilchaltún. En: Anthony F. Aveni, ed., *New Directions in American Archaeoastronomy*, BAR International Series 454, Oxford, pp. 17-56.
- CON, María José, 2002. Xcaret prehispánico y colonial. En: *Tercer Congreso Internacional de Mayistas: Memoria*, tomo I: 377-393. México: UNAM, Centro de Estudios Mayas – Chetumal: Universidad de Quintana Roo.
- _____, 2007. *Cobá: Historia, arte y monumentos*. México: Monclém Ediciones.
- COPELAND, Denise Ranae Evans, 1989. *Excavations in the Monos Complex, El Mirador, Petén, Guatemala*. Papers of the New World Archaeological Foundation No. 61, Provo: Brigham Young University.
- CORTÉS DE BRASDEFER, Fernando, 1991. La astronomía como principio de urbanis-

- mo en Mesoamérica: el caso de Kohunlich. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 49-59.
- , 1997. Las esculturas estucadas de Chakanbakán. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH*, 2a. época, núm. 18: 51-60.
- , 1998. *Kohunlich: Ciudad del Sol*. Chetumal: ISSSTE – Editora Norte-Sur.
- , 2000a. El juego de pelota de Chakanbakan y los juegos de pelota del bajo Petén. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 7, tomo II: 279-285. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- , 2000b. Chakanbakán: Ciudad maya del territorio Cehache. En: Adriana Velázquez Morlet, ed., *Guardianes del tiempo*, Chetumal: Universidad de Quintana Roo – INAH, pp. 89-105.
- , 2003. Tres maravillas de la arquitectura maya en Quintana Roo. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 11, tomo II: 366-372. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- CRUZ CORTÉS, Noemí, 2005. *Las señoras de la Luna*. Cuadernos del Centro de Estudios Mayas 32, México: UNAM.
- CURRIE, Robert G., 1993. Luni-Solar 18.6- and Solar Cycle 10-11-Year Signals in USA Air Temperature Records. *International Journal of Climatology* 13 (1): 31-50.
- , 1995. Luni-Solar 18.6- and Solar Cycle 10–11-Year Signals in Chinese Dryness-Wetness Indices. *International Journal of Climatology* 15 (5): 497-515.
- CURRIE, Robert G, y Robert G. VINES, 1996. Evidence for Luni-Solar Mn and Solar Cycle Sc Signals in Australian Rainfall Data. *International Journal of Climatology* 16 (11): 1243-1265.
- CUSICK, Judy M., 1991. Milpero Culture in the Rio Bravo Area. En: Thomas H. Guderjan, ed., *Maya Settlement in Northwestern Belize*, San Antonio: Maya Research Program – Culver City: Labyrinthos, pp. 99-101.
- DE VEGA NOVA, Hortensia, 2007. Proyecto de investigación y conservación arqueológica en Oxtankah, Quintana Roo, México. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto Lopez Wario, Oscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 113-118.
- DE VEGA NOVA, Hortensia, Francisca ROSAS SÁNCHEZ y Teresa ONTIVEROS ORTIZ, 2000. Oxtankah: investigación y conservación arqueológica del sitio. En: Adriana Velázquez Morlet, ed., *Guardianes del tiempo*, Chetumal: Universidad de Quintana Roo – INAH, pp. 107-127.
- DELVENDAHL, Kai, 2008. *Calakmul in Sight: History and Archaeology of an Ancient Maya City*. Mérida: Unas Letras Industria Editorial.
- DOMÍNGUEZ CARRASCO, María del Rosario, 2008. *Análisis químico y sociopolítico de producción cerámica prehispánica en la región de Calakmul, Campeche*. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.

- DOYLE, James A., 2012. Regroup on “E-Groups”: Monumentality and Early Centers in the Middle Preclassic Maya Lowlands. *Latin American Antiquity* 23 (4): 355-379.
- EDMONSON, Munro S., 1988. *The Book of the Year: Middle American Calendrical Systems*. Salt Lake City: University of Utah Press.
- ELIADE, Mircea, 1972. *Tratado de historia de las religiones*. México: Ediciones Era (trad.: T. Segovia; orig.: *Traité d'histoire des religions*, Paris: Editions Payot, 1964).
- ESPINOSA VILLATORO, Miguel, 2002. Nuevas observaciones astronómicas en Edzná, Campeche, México 2001. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 10, tomo I: 54-68. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- , 2007. Una cámara solar en Edzná, Campeche. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 15, tomo I: 191-206. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- , 2008. El axis de Edzná: una orientación relacionada con el cultivo del maíz. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya*, 16, tomo I: 255-274. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- FIALKO, Vilma, 1987. Tikal, Mundo Perdido: identificación de un complejo con implicación astronómica. En: *Memorias del Primer Coloquio Internacional de Mayistas: 5-10 de agosto de 1985*, México: UNAM, Centro de Estudios Mayas, pp. 143-164.
- , 1988. Mundo Perdido, Tikal: un ejemplo de Complejos de Conmemoración Astronómica. *Mayab* No. 4: 13-21.
- FLORES ESQUIVEL, Atasta, 2010. Los complejos del tipo “E” y su asociación con acrópolis o arreglos de tipo triádico: esbozos de un posible patrón urbano y sus posibles significados. En: B. Arroyo, A. Linares y L. Paiz, eds., *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 111-122.
- FLORES ESQUIVEL, Atasta, e Ivan ŠPRAJC, 2008. Reconocimiento arqueológico en el sur de Campeche: nuevos hallazgos y contribuciones para una visión regional. *Estudios de Cultura Maya* 32: 17-38.
- FLORES GUTIÉRREZ, Daniel, 1991. Venus y su relación con fechas antiguas. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 343-388.
- , 1998. Aspectos astronómicos del inframundo en Bonampak. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, Bonampak, tomo II: Estudios*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 159-175.
- , 2001. Visión de algunos conceptos astronómicos representados en la pintura mural de Tancah y Xuelén. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo III: Estudios*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 311-330.

- FLORES GUTIÉRREZ, Daniel, María Elena RUIZ GALLUT y Jesús GALINDO TREJO, 2001. Encuentro celeste de deidades: la orientación astronómica de la Estructura 5 de Tulum. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo III: Estudios*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 276-282.
- FOLAN, William J., Laraine A. FLETCHER, Jacinto MAY HAU y Linda FLOREY FOLAN, 2001. *Las ruinas de Calakmul, Campeche, México: Un lugar central y su paisaje cultural*. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- FOLAN, William J., Joel D. GUNN y María del Rosario DOMÍNGUEZ CARRASCO, 2000. Templos triádicos, plazas centrales y palacios dinásticos: un análisis diacrónico del complejo de la corte real de Calakmul, Campeche, México. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 7, tomo II: 234-278. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- FOLAN, William J., Joyce MARCUS, Sophia PINCEMIN, María del Rosario DOMÍNGUEZ CARRASCO, Laraine FLETCHER y Abel MORALES LÓPEZ, 1995. Calakmul: New Data from an Ancient Maya Capital in Campeche, Mexico. *Latin American Antiquity* 6 (4): 310-334.
- FORSYTH, Donald W., 1983. *Investigations at Edzná, Campeche, Mexico, Volume 2: Ceramics*. Papers of the New World Archaeological Foundation 46, Provo: Brigham Young University.
- , 1989. *The Ceramics of El Mirador, Peten, Guatemala*. Papers of the New World Archaeological Foundation. Provo: Brigham Young University.
- , 1993. The Ceramic Sequence at Nakbe, Guatemala. *Ancient Mesoamerica* 4: 31-53.
- FOUGHT, John G., 1972. *Chorti (Mayan) Texts 1*, ed. by S. S. Fought. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- FRANCO MARRUFO, Luis Carlos, 1986. Elaboración de un plano de los caminos o sacbes regionales de San Gervasio, Isla de Cozumel. En: Fernando Robles Castellanos, coord., *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1981*, Cuaderno de Trabajo 3, México: INAH, Centro Regional de Yucatán, pp. 23-31.
- FREIDEL, David A., 1975. The Ix Chel Shrine and Other Temples of Talking Idols. En: Jeremy A. Sabloff y William L. Rathje, eds., *A Study of Changing Pre-Columbian Commercial Systems: The 1972-1973 Seasons at Cozumel, Mexico*, Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, pp. 107-113.
- FREIDEL, David A., y Jeremy A. SABLOFF, 1984. *Cozumel: Late Maya Settlement Patterns*. New York: Academic Press.
- FUSON, Robert H., 1969. The Orientation of Mayan Ceremonial Centers. *Annals of the Association of American Geographers* 59 (3): 494-511.
- GALINDO TREJO, Jesús, 1994. *Arqueoastronomía en la América antigua*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – Editorial Equipo Sirius.
- , 2000. La significación calendárico-astronómica de la arquitectura maya.

- En: Silvia Trejo, ed., *Arquitectura e ideología de los antiguos mayas: Memoria de la Segunda Mesa Redonda de Palenque*, México: INAH, pp. 231-251.
- , 2001a. Transfiguración sagrada de visiones celestes: alineación astronómica de estructuras arquitectónicas en cuatro sitios mayas. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo III: Estudios*, México: Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, pp. 294-310.
- , 2001b. La observación celeste en el pensamiento prehispánico. *Arqueología Mexicana* VIII, núm. 47: 29-35.
- , 2002. El templo de Ixchel en San Gervasio, Cozumel: ¿un observatorio lunar? *La Pintura Mural Prehispánica en México* VIII, núm. 16: 29-34.
- , 2007a. Un análisis arqueoastronómico del edificio circular Q152 de Mayapán. *Estudios de Cultura Maya* 29: 63-81.
- , 2007b. La pintura mural de El Castillo de Tulum como marco de la definición de una unidad calendárica mesoamericana. *La Pintura Mural Prehispánica en México: Boletín Informativo* XIII, núm. 26: 31-36.
- GALINDO TREJO, Jesús, Daniel FLORES GUTIÉRREZ y María Elena RUIZ GALLUT, 2001. Senderos celestes con visiones divinas: un estudio arqueoastronómico del Templo Superior de los Jaguares en Chichén Itzá. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo III: Estudios*, México: Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, pp. 258-264.
- GALINDO TREJO, Jesús, y María Elena RUIZ GALLUT, 1998. Bonampak: una confluencia sagrada de caminos celestes. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, Bonampak, tomo II: Estudios*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 137-157.
- GALLEGOS GÓMORA, Miriam Judith, 2008. El “Baila Viejo”: danza y música ritual de la comunidad yokot’án, de Tabasco, México. En: Mariel Reinoso y Lillian von der Walde, eds., *Tradiciones y culturas populares*, *Revista Destiempos.com* 3, núm. 15: 225-246.
- GANN, Thomas W. F., 1918. *The Maya Indians of Southern Yucatan and Northern British Honduras*. Bureau of American Ethnology Bulletin 64, Washington: Smithsonian Institution – Government Printing Office.
- GARCÍA CRUZ, Florentino, 1997. Encuentro con Nadzcaan. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 5: 234-248. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- GARCÍA LÓPEZ, María Isabel, 2008. Análisis del material de superficie. En: Ivan Šprajc, ed., *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress, pp. 143-175.
- GARCÍA MOLL, Roberto, 1996. Yaxchilán, Chiapas. *Arqueología Mexicana* IV, núm. 22: 36-45.
- , 2003. Pomoná: entre sierras y planicies. *Arqueología Mexicana* XI, núm. 61: 24-27.

- , 2007a. Yaxchilán en la cuenca del Usumacinta. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto López Wario, Óscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 149-153.
- , 2007b. Pomoná: un sitio del Clásico maya. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto Lopez Wario, Oscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 154-159.
- GARZA TARAZONA DE GONZÁLEZ, Sylvia, y Edward Barna KURJACK BACSO, 1980. *Atlas arqueológico del estado de Yucatán*, 2 tomos. México: INAH.
- GENDROP, Paul, 1983. *Los estilos Río Bec, Chenes y Puuc en la arquitectura maya*. México: UNAM, Facultad de Arquitectura.
- , 1987. Nuevas consideraciones en torno a los estilos Río Bec y Chenes. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 10: 39-49.
- GIRARD, Rafael, 1948. *El calendario maya-mexica: Origen, función, desarrollo y lugar de procedencia*. México: Editorial Stylo.
- , 1949. *Los chortis ante el problema maya*, tomo II. Guatemala: Ministerio de Educación Pública.
- GOLDEN, Charles, Andrew K. SCHERER, A. René MUÑOZ y Rosaura VÁSQUEZ, 2008. Piedras Negras and Yaxchilan: Divergent Political Trajectories in Adjacent Maya Politics. *Latin American Antiquity* 19 (3): 249-274.
- GOLDEN, Charles, y Andrew K. SCHERER, 2011, eds. "Proyecto Arqueológico Busiljá-Chocoljá: Informe de la segunda temporada de investigación" (<http://usumacinta-archaeology.blogspot.com/p/research-reports.html>).
- GÓMEZ, Oswaldo, 2012. Nuevos datos para la historia de Tikal. En: Bárbara Arroyo, Lorena Paiz y Héctor Mejía, eds., *XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2011*, vol. 1: 75-83. Guatemala: Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia – Asociación Tikal.
- GONZÁLEZ, Roberto Jesús, 2001. *Zapotec Science: Farming and Food in the Northern Sierra of Oaxaca*. Austin: University of Texas Press.
- GONZÁLEZ CRUZ, Arnoldo, 2004. La arqueología contemporánea de Palenque y el panorama del futuro. En: Rafael Cobos, coord., *Culto funerario en la sociedad maya: Memoria de la Cuarta Mesa Redonda de Palenque*, México: INAH, pp. 129-147.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, A. César, 2015. Lunar Alignments – Identification and Analysis. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 493-506.
- GOÑI, Guillermo, 1999. Historia de un monumento: el templo maya de Isla Mujeres. *Estudios de Cultura Maya* 20: 21-62.
- GRAHAM, Ian, y Eric VON EUW, 1997. *Corpus of Maya Hieroglyphic Inscriptions*, Vol. 8, Part 1. Cambridge: Harvard University, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology.
- GRAÑA-BEHRENS, Daniel, Christian PRAGER y Elisabeth WAGNER, 1999. The Hieroglyphic Inscription of the "High Priest's Grave" at Chichén Itzá, Yucatán, Mexico. *Mexicon* 21 (3): 61-66.

- GREGORY, David A., 1975. San Gervasio. En: Jeremy A. Sabloff y William L. Rathje, eds., *A Study of Changing Pre-Columbian Commercial Systems: The 1972-1973 Seasons at Cozumel, Mexico*, Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, pp. 88-106.
- GRUBE, Nikolai, Kai DELVENDAHL, Nicolaus SEEFELD y Beniamino VOLTA, 2012. Under the Rule of the Snake Kings: Uxul in the 7th and 8th Centuries. *Estudios de Cultura Maya* 40: 13-49.
- GUDERJAN, Thomas H., 2006. E-Groups, Pseudo-E-Groups, and the Development of the Classic Maya Identity of the Eastern Peten. *Ancient Mesoamerica* 17 (1): 97-104.
- GUITERAS-HOLMES, Calixta, 1961. *Perils of the Soul: The World View of a Tzotzil Indian*. Glencoe: Free Press.
- HANSEN, Richard D., 1990. *Excavations in the Tigre Complex, El Mirador, Peten, Guatemala*. Papers of the New World Archaeological Foundation No. 62, Provo: Brigham Young University.
- , 1992. *The Archaeology of Ideology: A Study of Maya Preclassic Architectural Sculpture at Nakbe, Peten, Guatemala*. Tesis de doctorado, University of California, Los Angeles. Ann Arbor: University Microfilms.
- , 1998. Continuity and Disjunction: The Pre-Classic Antecedents of Classic Maya Architecture. En: Stephen D. Houston, ed., *Function and Meaning in Classic Maya Architecture*, Washington: Dumbarton Oaks Research Library and Collection, pp. 49-122.
- , 2000. Ideología y arquitectura: poder y dinámicas culturales de los mayas del periodo Preclásico en las tierras bajas. En: Silvia Trejo, ed., *Arquitectura e ideología de los antiguos mayas: Memoria de la Segunda Mesa Redonda de Palenque*, México: INAH, pp. 71-108.
- , 2001. The First Cities: The Beginnings of Urbanization and State Formation in the Maya Lowlands. En: Nikolai Grube, ed., *Maya: Divine Kings of the Rain Forest*, Köln: Konemann Press, pp. 50-65.
- HANSEN, Richard D., Wayne K. HOWELL y Stanley P. GUENTER, 2008. Forgotten Structures, Haunted Houses, and Occupied Hearts: Ancient Perspectives and Contemporary Interpretations of Abandoned Sites and Buildings in the Mirador Basin, Guatemala. En: Travis W. Stanton y Aline Magnoni, eds., *Ruins of the Past: The Use and Perception of Abandoned Structures in the Maya Lowlands*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 25-64.
- HARRISON, Peter D., 1970. *The Central Acropolis, Tikal, Guatemala: A Preliminary Study of the Functions of its Structural Components during the Late Classic Period*. Tesis de doctorado, University of Pennsylvania. Ann Arbor: University Microfilms.
- , 1999. *The Lords of Tikal: Rulers of an Ancient Maya City*. London: Thames & Hudson.
- 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.
- , 1976. El espacio exterior en el centro ceremonial de Palenque. En: Merle Greene Robertson, ed., *The Art, Iconography & Dynastic History of Palenque, Part III: Proceedings of the Segunda Mesa Redonda de Palenque*, Pebble Beach: Pre-Columbian Art Research – The Robert Louis Stevenson School, pp. 123-135.
- , 1980a. 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.
- , 1980b. 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 (orig.: *Native American Astronomy*, Austin: University of Texas Press, 1977), pp. 145-167.
- , 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.
- HATSE, Inge, y Patrick DE CEUSTER, 2001. *Prácticas agrosilvestres q'eqchi'es: más allá de maíz y frijol*. Textos Ak' Kutan. Cobán, Guatemala.
- HAWKINS, Gerald S., 1968. Astro-Archaeology. *Vistas in Astronomy* 10: 45-88.
- HERMAN, Carlos H., 2007. Los estadios constructivos en la Plaza A del Grupo 3D-XIV o Zona Norte de Tikal, Petén. En: J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía, eds., *XX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2006*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 667-678.
- HERNÁNDEZ, Christine, 2004. "Yearbearer pages" and Their Connection to Planting Almanacs in the Borgía Codex. En: Gabrielle Vail y Anthony Aveni, eds., *The Madrid Codex: New Approaches to Understanding an Ancient Maya Manuscript*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 321-364.
- HERNÁNDEZ Pérez, Miguel, 1986. Salvamento de algunas estructuras de San Gervasio. En: Fernando Robles Castellanos, coord., *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1980*, Cuaderno de Trabajo 2, México: INAH, Centro Regional de Yucatán, pp. 21-28.
- HOHMANN, Hasso, 1998. *A Maya Palace in Mexico - Structure IV at Becan, Campeche*. Graz: Academic Publishers.
- , 2006. El Palacio de Santa Rosa Xtampak, Campeche: documentación y reconstrucción. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*. tomo I: 340-353. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- HOWELL, Wayne K., 1989. *Excavations in the Danta Complex at El Mirador, Peten, Guatemala*. Papers of the New World Archaeological Foundation No. 60. Provo: Brigham Young University.

- HUCHIM HERRERA, José, y Lourdes TOSCANO HERNÁNDEZ, 1999. El Cuadrángulo de los Pájaros de Uxmal. *Arqueología Mexicana* VII, núm. 37: 18-23.
- , 2002. Algunas anotaciones acerca de los sistemas constructivos de los edificios de Uxmal y Labná. En: *Tercer Congreso Internacional de Mayistas: Memoria*, I: 729-739. México: UNAM, Centro de Estudios Mayas – Chetumal: Universidad de Quintana Roo.
- INAH, 2005. Inicia temporada de campo en el sitio arqueológico Plan de Ayutla, Chiapas. *Mexicon* 27 (5): 83.
- , 2010. Un observatorio prehispánico en San Claudio, Tabasco. *Mexicon* 32 (5): 106s.
- IWANISZEWSKI, Stanislaw, 1987. El Templo del Dios Descendente en Tulum: enfoque arqueoastronómico. En: *Memorias del Primer Coloquio Internacional de Mayistas*, México: UNAM, pp. 209-219.
- , 1989. Exploring Some Anthropological Theoretical Foundations for Archaeoastronomy. En: A. F. Aveni, ed., *World Archaeoastronomy*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 27-37.
- , 1991. La arqueología y la astronomía en Teotihuacan. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 269-290.
- , 2006. Lunar Agriculture in Mesoamerica. *Mediterranean Archaeology & Archaeometry: International Journal* special issue vol. 6 (3): 67-75.
- , 2010. Ancient Cosmologies: Understanding Ancient Skywatchers and Their Worldviews. *Journal of Cosmology* 9: 2121-2129 (<http://journalofcosmology.com/AncientAstronomy117.html>)
- IWANISZEWSKI, Stanislaw, y Jesús GALINDO TREJO, 2006. La orientación de la Estructura 33 de Yaxchilán: una reevaluación. *Estudios de Cultura Maya* 28: 15-26.
- 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.
- JIMÉNEZ CASTILLO, Manuel, 1992. Educación y socialización de los niños de Yalcobá, Yucatán. *Mayab* núm. 8: 192-210.
- JUÁREZ COSSÍO, Daniel, 1994. Un nuevo museo de sitio: Pomoná. *Mexicon* 16 (4): 73-74.
- , 2009. Apuntes para la discusión sobre delimitaciones en la selva: el caso Yaxchilán, Chiapas. En: Silvia Mesa Dávila, María Teresa Castillo Mangas, Pedro Francisco Sánchez Nava y Miguel Medina Jaén, eds., *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años*, México: INAH (Colección Científica 548), pp. 399-414.
- KLEIN, Cecelia F., 1976. *The Face of the Earth: Frontality in Two-Dimensional Mesoamerican Art*. New York – London: Garland Publishing.
- , 1980. Who Was Tlaloc? *Journal of Latin American Lore* 6 (2): 155-204.
- KLOKOČNÍK, Jaroslav, y Jan KOSTELECKÝ, 2013. Palenque: Astronomical-Solar Orientation of Pakal's Tomb. 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. 305-317.
- KÖHLER, Ulrich, 1982. On the Significance of the Aztec Day Sign 'Olin'. En: Franz Tichy, ed., *Space and Time in the Cosmvision of Mesoamerica*, Lateinamerika-Studien 10: 111-127. München: Universität Erlangen-Nürnberg – Wilhelm Fink Verlag.
- , 1991. Conceptos acerca del ciclo lunar y su impacto en la vida diaria de indígenas mesoamericanos. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupome, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 235-248.
- , 1995. *Chonbilal ch'ulelal - alma vendida: Elementos fundamentales de la cosmología y religión mesoamericanas en una oración en maya-tzotzil*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- KOWALSKI, Jeff Karl, 1987. *The House of the Governor: A Maya Palace of Uxmal, Yucatan, Mexico*. Norman – London: University of Oklahoma Press.
- , 2003. Evidence for the Functions and Meanings of Some Northern Maya Palaces. En: Jessica Joyce Christie, ed., *Maya Palaces and Elite Residences*, Austin: University of Texas Press, pp. 204-252.
- 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.
- LANDA, Fr. Diego de, 1973. *Relación de las cosas de Yucatán*. 10a. ed., México: Ed. Porrúa.
- LAPORTE, Juan Pedro, 2001. Trabajos no divulgados del Proyecto Nacional Tikal, parte 2: hallazgos en las exploraciones de la Zona Norte. En: J. P. Laporte, A. C. Suasnávar y B. Arroyo, eds., *XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2000*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 221-258.
- , 2003. Exploración y restauración en los espacios abiertos de Mundo Perdido, Tikal (Las Plazas Este, Oeste, Norte y Sur). En: J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía, eds., *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2002*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 335-348.
- LAPORTE, Juan Pedro, y Vilma FIALKO, 1995. Un reencuentro con Mundo Perdido, Tikal, Guatemala. *Ancient Mesoamerica* 6: 41-94.
- LAPORTE, Juan Pedro, y Carlos H. HERMAN, 2003. Trabajos no divulgados del Proyecto Nacional Tikal, parte 3: más información sobre la exploración de la Zona Norte (3D-43). En: J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía, eds., *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2002*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 359-380.
- LEÓN, Imelda de, 1988. *Calendario de fiestas populares*. México: SEP, Dirección General de Culturas Populares.

- LIENDO STUARDO, Rodrigo, 2001. El paisaje urbano de Palenque: una perspectiva regional. *Anales de Antropología* 35: 213-231.
- , 2007. "Proyecto Arqueológico Chinikihá: Temporada 2006." Crystal River: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies (<http://www.famsi.org/reports/06007es/index.html>).
- LIENDO STUARDO, Rodrigo, *et al.*, 2009. "Segundo informe parcial, Proyecto Arqueológico Chinikihá: Temporada 2008". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (<http://www.mesoweb.com/resources/informes/Chinikiha2008-es.html>).
- , 2011. "Proyecto Arqueológico Chinikihá, tercer informe parcial: Temporada 2010". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (<http://www.mesoweb.com/resources/informes/Chinikiha2010.html>).
- LINCOLN, Jackson Steward, 1945. *An Ethnological Study on the Ixil Indians of the Guatemala Highlands*. Microfilm Collection of Manuscripts on Middle American Cultural Anthropology No. 1, Chicago: University of Chicago Library.
- LONG, Richard C. E., 1948. Observation of the Sun among the Ixil of Guatemala. *Carnegie Institution of Washington, Notes on Middle American Archaeology and Ethnology* 87: 214-218.
- LÓPEZ GARCÍA, Ubaldo, 2001. El tiempo y la cosmovisión de Ñuu Savi. En: Nelly M. Robles García, ed., *Procesos de cambio y conceptualización del tiempo: Memoria de la Primera Mesa Redonda de Monte Albán*, México: INAH, pp. 285-299.
- LÓPEZ VARELA, Sandra L., 1995. El análisis de la cerámica de Pomoná y Yaxchilán: una nueva problemática en las tierras bajas noroccidentales. En: *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas* 1: 613-623. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, Centro de Estudios Mayas.
- , 1998. El análisis cerámico de Yaxchilán y Pomoná: un ejemplo para entender la estructura económica y política en la zona del Usumacinta. En: Silvia Trejo, ed., *Modelos de entidades políticas mayas: Primer Seminario de las Mesas Redondas de Palenque*, México: INAH, pp. 183-207.
- LOTEN, H. Stanley, 2007. *Additions and Alterations: A Commentary on the Architecture of the North Acropolis, Tikal, Guatemala: Tikal Report 34, Part A*. Philadelphia: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology.
- LOTHROP, S. K., 1924. *Tulum: An Archaeological Study of the East Coast of Yucatan*. Carnegie Institution of Washington Publication No. 335, Washington: The Carnegie Institution of Washington.
- MACGOWAN, Kenneth, 1945. The Orientation of Middle American Sites. *American Antiquity* 11 (2): 118.
- MACIEL VALLEJO, Alan Luis, 2009. "Informe técnico de los trabajos de conservación arqueológica realizados en la Estructura I de Limones, Quintana

- Roo (2000-2001)". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- MALDONADO C., Rubén. 1989. Restauración del edificio de las Pilastras de Aké, Yucatán. *Revista Española de Antropología Americana* 19: 25-48.
- , 2002. La Gran Plaza Central de Dzibilchaltún. En: *Tercer Congreso Internacional de Mayistas: Memoria*, II: 475-483. México: UNAM – Chetumal: Universidad de Quintana Roo.
- , 2006. Dzibilchaltún: últimas investigaciones en el sitio: avances y perspectivas. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler, eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 89-103. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- , 2007. Dzibilchaltún a través de las últimas intervenciones del INAH en Yucatán. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto Lopez Wario, Oscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 243-248.
- MALDONADO CÁRDENAS, Rubén, y Susana ECHEVERRÍA CASTILLO, 2010. La presencia de Chichén Itzá en el sitio de Dzibilchaltún. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 19, tomo I: 105-122. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- MALDONADO C., Rubén, Ángel GÓNGORA y Alexander VOSS, 2002. Kalom Uk'uw, señor de Dzibilchaltún. En: Vera Tiesler Blos, Rafael Cobos y Merle Greene Robertson, eds., *La organización social entre los mayas: Memoria de la Tercera Mesa Redonda de Palenque*, I: 79-100. México: INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- MALMSTRÖM, Vincent H., 1981. Architecture, Astronomy, and Calendrics in Pre-Columbian Mesoamerica. En: Ray A. Williamson, ed., *Archaeoastronomy in the Americas*, Los Altos: Ballena Press – College Park: The Center of Archaeoastronomy, pp. 249-261.
- , 1991. Edzna: Earliest Astronomical Center of the Maya? En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 37-47.
- , 1997. *Cycles of the Sun, Mysteries of the Moon: The Calendar in Mesoamerican Civilization*. Austin: University of Texas Press.
- MANZI, Vinicio, Rocco GENNARI, Stefano LUGLI, Marco ROVERI, Nicola SCAFETTA y B. Charlotte SCHREIBER, 2012. High-Frequency Cyclicity in the Mediterranean Messinian Evaporites: Evidence for Solar-Lunar Climate Forcing. *Journal of Sedimentary Research* 82 (12): 991-1005.
- MARCUS, Joyce, 2003. Recent Advances in Maya Archaeology. *Journal of Archaeological Research* 11 (2): 71-148.
- MARION, Marie-Odile, 1999. *El poder de las hijas de Luna: Sistema simbólico y organización social de los lacandones*. México: Plaza y Valdés Editores – INAH.

- MARQUINA, Ignacio, y Luis R. RUIZ, 1932. La orientación de las pirámides prehispánicas. *Universidad de México* 5, núm. 25-26: 11-17.
- MARTIN, Simon, 1997. The Painted King List: A Commentary on Codex-Style Dynastic Vases. En: Justin Kerr, ed., *The Maya Vase Book, Vol. 5: A Corpus of Roll-Out Photographs*, New York: Kerr Associates, pp. 846-863.
- MARTIN, Simon, y Nikolai GRUBE, 2000. *Chronicle of the Maya Kings and Queens: Deciphering the Dynasties of the Ancient Maya*. London: Thames & Hudson.
- MARTOS LÓPEZ, Luis Alberto, 1989. Una interpretación sobre el significado y función de la Estructura II de Hormiguero, Campeche. *Arqueología: Revista de la Dirección de Arqueología del INAH*, segunda época, núm. 2: 49-60.
- , 1995. Trabajos recientes en el Rancho La Ina, Quintana Roo, México. En: *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas* 1: 407-426. México: UNAM, Centro de Estudios Mayas.
- , 2001. La pintura mural de Rancho Ina, Quintana Roo. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo IV: Estudios*, México: UNAM, pp. 461-481.
- , 2003. *Por las tierras mayas de oriente: Arqueología en el área de Calica, Quintana Roo*. México: INAH - CALICA.
- , 2007. Proyecto Arqueológico Plan de Ayutla. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto López Wario, Óscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 249-250.
- MATHENY, Ray T., 1980, ed., *El Mirador, Peten, Guatemala: An Interim Report*. Papers of the New World Archaeological Foundation No. 45, Provo: Brigham Young University.
- , 1986. Early States in the Maya Lowlands during the Late Preclassic Period: Edzna and El Mirador. En: Elizabeth Benson, ed., *City-States of the Maya: Art and Architecture*, Rocky Mountain Institute for Pre-Columbian Studies, pp. 1-44.
- MATHENY, Ray T., Deanne L. GURR, Donald W. FORSYTH y F. Richard HAUCK, 1983. *Investigations at Edzná, Campeche, Mexico, Volume 1, Part 1: The Hydraulic System*. Papers of the New World Archaeological Foundation 46, Provo: Brigham Young University.
- MAYER, Karl Herbert, 1981. *Classic Maya Relief Columns*. Ramona, CA: Acoma Books.
- , 1991. *Maya Monuments VI: Sculptures of Unknown Provenance: Supplement 3*. Berlin: Verlag von Flemming.
- , 1992. Maya Inscriptions from Dzibilnocac, Campeche, Mexico. *Archiv für Völkerkunde* 46: 111-122.
- , 2000. The Maya Ruins of Mirador Chico, Campeche. *Mexicon* 22 (5): 93-94.
- MCCLUSKEY, Stephen C., 1983. Maya Observations of Very Long Periods of Venus. *Journal for the History of Astronomy* 14: 92-101.
- , 1990. Calendars and Symbolism: Functions of Observation in Hopi

- Astronomy. *Archaeoastronomy* No. 15 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 21): S1-S16.
- , 1993. Astronomies and Rituals at the Dawn of the Middle Ages. En: Clive L. N. Ruggles y Nicholas J. Saunders, eds., *Astronomies and Cultures*, Niwot: University Press of Colorado, pp. 100-123.
- 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.
- MÉNDEZ, ALONSO, EDWIN L. BARNHART, CHRISTOPHER POWELL y CAROL KARASIK, 2005. Astronomical Observations from the Temple of the Sun. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 19: 44-73.
- MESA JIMÉNEZ, SALVADOR, ANA BELÉN DELGADO HIERRO y EMILIO BLANCO CASTRO, 1997. Ritos de lluvia y predicción del tiempo en la España Mediterránea. En: Marina Goloubinoff, Esther Katz y Annamaria Lammel, eds., *Antropología del clima en el mundo hispanoamericano*, tomo I: 93-126. Quito: Abya-Yala.
- MICHELET, DOMINIQUE, MARIE-CHARLOTTE ARNAULD, PIERRE BECQUELIN, MARIE-FRANCE FAUVET-BERTHELOT, PHILIPPE NONDÉDÉO, FABIENCE DE PIERREBOURG y ÉRIC TALADOIRE, 1997. Le Groupe Sud de Balamku (Campeche, Mexique): Éléments d'une histoire architecturale mouvementée. *Journal de la Société des Americanistes* 83: 229-249.
- MICHELET, DOMINIQUE, M.-CHARLOTTE ARNAULD y PHILIPPE NONDÉDÉO, 2007. Río Bec, Campeche, al cabo de tres temporadas de investigaciones en el campo (2002-2004): datos preliminares. En: Ernesto Vargas y Antonio Benavides, eds., *El patrimonio arqueológico maya en Campeche*, México: UNAM, Centro de Estudios Mayas, pp. 131-158.
- MICHELET, DOMINIQUE, y PIERRE BECQUELIN, 2001. De Río Bec a Dzibilchaltún: interrogaciones acerca de la ciudad maya clásica desde la perspectiva del Yucatán central y septentrional. 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: 211-251. Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas.
- MILBRATH, SUSAN, 1988a. Astronomical Images and Orientations in the Architecture of Chichen Itza. En: Anthony F. Aveni, ed., *New Directions in American Archaeoastronomy*, BAR International Series 454, Oxford, pp. 57-79.
- , 1988b. Representación y orientación astronómica en la arquitectura de Chichén Itzá. *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 15, núm. 89: 25-40.
- , 1999. *Star Gods of the Maya: Astronomy in Art, Folklore, and Calendars*. Austin: University of Texas Press.
- MILBRATH, SUSAN, y CARLOS PERAZA LOPE, 2003. Revisiting Mayapan: Mexico's Last Maya Capital. *Ancient Mesoamerica* 14 (1): 1-46.
- , 2009. Survival and Revival of Terminal Classic Traditions at Postclassic Mayapán. *Latin American Antiquity* 20 (4): 581-606.

- MILLER, Arthur G., 1974. West and East in Maya Thought: Death and Rebirth at Palenque and Tulum. En: Merle Greene Robertson, ed., *Primera Mesa Redonda de Palenque, Part II*, Pebble Beach: The Robert Louis Stevenson School, Pre-Columbian Art Research, pp. 45-49.
- , 1982. *On the Edge of the Sea: Mural Painting at Tancah-Tulum, Quintana Roo, Mexico*. Washington: Dumbarton Oaks.
- MILLER, Virginia E., 1991. *The Frieze of the Palace of the Stuccoes, Acanceh, Yucatan, Mexico*. Studies in Pre-Columbian Art & Archaeology 31, Washington: Dumbarton Oaks.
- MILLET CÁMARA, Luis, y Rafael BURGOS VILLANUEVA, 2006. Izamal: una aproximación a su arquitectura. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler, eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 132-155. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- MITRA, Kumares, y S. N. DUTTA, 1992. 18.6-Year Luni-Solar Nodal and 10-11-Year Solar Signals in Rainfall in India. *International Journal of Climatology* 12 (8): 839-851.
- MORALES LÓPEZ, Abel, y Betty B. SUMNER-FAUST, 1986. Tabasqueño: indicios de la cosmología maya en un sitio de Los Chenes, Campeche, México. *Información* 11: 9-77. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- MORRISON, L. V., 1980. On the Analysis of Megalithic Lunar Sightlines in Scotland. *Archaeoastronomy* No. 2 (*Journal for the History of Astronomy*, suppl. to vol. 11): S65-S77.
- 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: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas.
- MUÑOZ COSME, Gaspar, y Cristina VIDAL LORENZO, 2005, eds., *La Blanca: Arqueología y desarrollo*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- , 2006, eds. *La Blanca: Arquitectura y clasicismo*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- NAHM, Werner, 2004. Links between Ritual and Astronomical Cycles in Maya Culture. En: Daniel Graña Behrens, Nikolai Grube, Christian M. Prager, Frauke Sachse, Stefanie Teufel y Elisabeth Wagner, eds., *Continuity and Change: Maya Religious Practices in Temporal Perspective*, Acta Mesoamericana Vol. 14: 41-56. Markt Schwaben: Verlag Anton Saurwein.
- NALDA, Enrique, 2000. Dzibanché: un primer acercamiento a su complejidad. En: Adriana Velázquez Morlet, ed., *Guardianes del tiempo*, Chetumal: Universidad de Quintana Roo – INAH, pp. 37-71.
- , 2004. *Kohunlich: Emplazamiento y desarrollo histórico*. México: INAH – Plaza y Valdés (Colección Científica 463).
- , 2005. Kohunlich and Dzibanché: Parallel Histories. En: Justine M. Shaw y Jennifer P. Mathews, eds. *Quintana Roo Archaeology*, Tucson: The University of Arizona Press, pp. 228-244.

- NALDA, Enrique, y Sandra BALANZARIO, 2005. Kohunlich y Dzibanché: los últimos años de investigación. *Arqueología Mexicana* XIII, núm. 76: 42-47.
- , 2006. Diversidad cultural: rasgo fundamental del Clásico Tardío de Kohunlich. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 545-560. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- NALDA, Enrique, y Luz Evelia CAMPAÑA, 1998. Dzibanché: una alternativa de interpretación del patrón de asentamiento del sur de Quintana Roo. En: Silvia Trejo, ed., *Modelos de entidades políticas mayas: Primer Seminario de las Mesas Redondas de Palenque*, México: INAH, pp. 35-56.
- NAVARRETE, Carlos, María José CON URIBE y Alejandro MARTÍNEZ MURIEL, 1979. *Observaciones arqueológicas en Cobá, Quintana Roo*. México: UNAM.
- NEUENSWANDER, Helen, 1981. Vestiges of Early Maya Time Concepts in a Contemporary Maya (Cubulco Achi) Community: Implications for Epigraphy. *Estudios de Cultura Maya* 13: 125-163.
- 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: INAH – Universidad Autónoma de Puebla – UNAM, pp. 475-488.
- NIETO CALLEJA, Rosalba, 1990. Crecimiento arquitectónico de Palenque en sus diferentes momentos. En: Amalia Cardós de Méndez, coord., *La época Clásica: Nuevos hallazgos, nuevas ideas*, México: INAH, pp. 377-391.
- NIETO CALLEJA, Rosalba, y María de la Cruz PAILLÉS H., 1993. Estudio del Palacio de Palenque, su desarrollo arquitectónico, resultado de las recientes exploraciones arqueológicas realizadas entre 1982 y 1989. En: Ma. Josefa Iglesias Ponce de León y Francesc Ligorred Perramón, eds., *Perspectivas antropológicas en el mundo maya*, Publicaciones de la S.E.E.M. No. 2, Madrid, pp. 151-161.
- NIEVES, Lucía M., Lourdes ESPARZA y Paco NIETO, 1995. Trabajos arqueológicos en la Plaza Central de Calakmul, Campeche, México. En: Carmen Varela Torrecilla, Juan Luis Bonor Villarejo y María Yolanda Fernández Marquín, eds., *Religión y sociedad en el área maya*, Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas, pp. 93-108.
- NONDÉDÉO, Philippe, 2003. *L'évolution des sites mayas du sud de l'état de Campeche, Mexique*. BAR International Series 1171 (Paris Monographs in American Archaeology 12), Oxford: Archaeopress.
- NOVELO OSORNO, Sara, y Antonio BENAVIDES CASTILLO, 2009. Algunos elementos iconográficos de Sabana Piletas, Campeche. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 18, tomo II: 81-96. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- OCHOA RODRÍGUEZ, José Manuel, 2008. "Informe de actividades: Proyecto Xelhá 2007, primera temporada." México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.

- OJEDA MAS, Heber, 2006. Acanmul, un sitio al suroeste de la región Puuc. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*. tomo I: 286-304. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- , 2007. Exploraciones arqueológicas en el sitio de Acanmul, Campeche. En: Ernesto Vargas y Antonio Benavides, eds., *El patrimonio arqueológico maya en Campeche*, México: UNAM, Centro de Estudios Mayas, pp. 23-46.
- OJEDA MAS, Heber, y Antonio BENAVIDES CASTILLO, 2008. Mantenimiento menor en dos edificios en 2004 en la zona arqueológica de Xcalumkín, Campeche. *Investigadores de Mesoamérica* 11: 63-90. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- PAILLÉS H., María de la Cruz, 1987. El nuevo mapa topográfico de Bonampak, Chiapas. En: *Memorias del Primer Coloquio Internacional de Mayistas: 5-10 de agosto de 1985*. México: UNAM, pp. 277-301.
- PALLÁN GAYOL, Carlos, 2009. *Secuencia dinástica, glifos emblema y topónimos en las inscripciones jeroglíficas de Edzná, Campeche (600-900 d.C.): implicaciones históricas*. Tesis de maestría. México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras.
- PEELER, Damon E., y Marcus C. WINTER, 1992. Mesoamerican Site Orientations and Their Relationship to the 260-Day Ritual Period. *Notas Mesoamericanas* núm. 14: 37-62.
- PENICHE MAY, Nancy, 2012. The Architecture of Power and Sociopolitical Complexity in Northwestern Yucatan during the Preclassic Period. En: Geoffrey E. Braswell, ed., *The Ancient Maya of Mexico: Reinterpreting the Past of the Northern Maya Lowlands*, Sheffield – Bristol: Equinox Publishing, pp. 65-86.
- PERAZA LOPE, Carlos Alberto, 1999. Mayapán: ciudad-capital del Posclásico. *Arqueología Mexicana* VII, núm. 37: 48-53.
- , 2002. Intervenciones en un edificio del Preclásico Medio en Tipikal, Yucatán. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya*, 10, tomo I: 262-276. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- PERAZA LOPE, Carlos, y Pedro DELGADO KÚ, 2006. Mayapán: arquitectura y cronología. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 203-220. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- PERAZA LOPE, Carlos, Marilyn A. MASSON, Timothy S. HARE y Pedro Candelario DELGADO KÚ, 2006. The Chronology of Mayapán: New Radiocarbon Evidence. *Ancient Mesoamerica* 17 (2): 153-175.
- PIÑA CHAN, Román, 1992. Un edificio de Comalcalco, Tabasco. En: Elizabeth Mejía Pérez Campos y Lorena Mirambell Silva, eds., *Comalcalco*, México: INAH, pp. 205-216.
- POLLOCK, H. E. D., 1970. Architectural Notes on Some Chenes Ruins. En: William R. Bullard, Jr., ed., *Monographs and Papers in Maya Archaeology*,

- Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology Vol. 61: 1-87. Cambridge: Harvard University.
- , 1980. *The Puuc: An Architectural Survey of the Hill Country of Yucatan and Northern Campeche, Mexico*. Memoirs of the Peabody Museum Vol. 19, Cambridge: Harvard University.
- PONCE DE LEÓN H., Arturo, 1991. Propiedades geométrico-astronómicas en la arquitectura prehispánica. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 413-446.
- POTTER, David F., 1977. *Maya Architecture of the Central Yucatan Peninsula, Mexico*. Middle American Research Institute Publ. 44, New Orleans: Tulane University.
- QUINTAL AVILÉS, Ella F., y Lourdes REJÓN PATRÓN, 2005. Fiestas y celebraciones en Yucatán. *I'INAJ: Revista de divulgación del patrimonio cultural de Yucatán* núm. 15: 37-48.
- QUINTAL SUASTE, Alicia Beatriz, 1993. *Los asentamientos arqueológicos de Aké, Yucatán: una aproximación a su organización social*. Tesis de licenciatura. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ciencias Antropológicas.
- QUINTAL SUASTE, Beatriz, y Dehmian BARRALES RODRÍGUEZ, 2006a. Representaciones de entidades sobrenaturales en el friso del Palacio de los Estucos. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler, eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 156-174. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- , 2006b. Ciclos de fuego: análisis iconográfico de la Estructura 1 de Acanceh, Yucatán, México. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler, eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 175-202. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- QUINTAL SUASTE, Alicia Beatriz, y Luis Raúl PANTOJA DÍAZ, 2000. Los mascarones de Acanceh, rostros de dualidad. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 8, tomo I: 114-127. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- QUINTAL SUASTE, Beatriz, y Alexander W. VOSS N., s.f. Exploraciones recientes en Aké, Yucatán, En: *Memorias del Congreso Internacional de Cultura Maya*, 2005, Mérida (en prensa).
- QUIÑONES CETINA, Lucía, 2006. Del Preclásico Medio al Clásico Temprano: una propuesta de fechamiento para el área nuclear de Izamal, Yucatán. *Estudios de Cultura Maya* 28: 51-65.
- QUIÑONES VEGA, Teresa, y Ella Fanny QUINTAL AVILÉS, 2002. Hool, territorio sagrado del pueblo campechano. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 10, tomo II: 494-503. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- RAINEY, Froelich, Alfred KIDDER II, Linton SATTERTHWAITTE y William R. COE, 1967. Reply to Berlin. *American Antiquity* 32 (2): 242-244.

- RAMÍREZ, Demetrio, y Ma. Antonieta AZCÁRATE, 2000. Recientes investigaciones en el Grupo II, o Mayapán de San Gervasio, Cozumel, Q. Roo. *Actualidades Arqueológicas* 5, núm. 23: 10-13.
- REDFIELD, Robert, y Alfonso VILLA ROJAS, 1962. *Chan Kom: A Maya Village*. Chicago – London: The University of Chicago Press (publ. orig.: Carnegie Institution of Washington, 1934).
- REESE-TAYLOR, Kathryn, y Armando ANAYA HERNÁNDEZ, 2013. “Proyecto Arqueológico Yaxnohcah, 2011: Informe de la primera temporada de investigaciones”. México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología (<http://www.mesoweb.com/resources/informes/Yaxnohcah2011.html>).
- 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.
- REMINGTON, Judith A., 1980. Prácticas astronómicas contemporáneas entre los mayas. En: A. F. Aveni, comp., *Astronomía en la América antigua*, México: Siglo XXI (trad.: L. F. Rodríguez J.; orig.: *Native American Astronomy*, Austin: University of Texas Press, 1977), pp. 105-120.
- 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.
- RICKETSON JR., Oliver, 1928a. Notes on Two Maya Astronomic Observatories. *American Anthropologist* 30 (3): 434-444.
- , 1928b. Astronomical Observatories in the Maya Area. *Geographical Review* 18 (2): 215-225.
- RIGHETTI, Mario, 1955. *Historia de la liturgia I*. Madrid: Biblioteca da Autores Cristianos.
- RINGLE, William M., 2009. The Art of War: Imagery of the Upper Temple of the Jaguars, Chichen Itza. *Ancient Mesoamerica* 20 (1): 15-44.
- RINGLE, William M., y George J. BEY III, 2009. The Face of the Itzas. 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 Research Library and Collection*, pp. 329-383.
- RIVARD, Jean-Jacques, 1969. A Hierophany at Chichen Itza. *Katunob* 7 (3): 51-57.
- RIVERA DORADO, Miguel, 1989, coord. *Oxkintok 2*. Madrid: Misión Arqueológica de España en México.
- , 1990, coord. *Oxkintok 3*. Madrid: Misión Arqueológica de España en México.
- , 1992, coord. *Oxkintok 4*. Madrid: Misión Arqueológica de España en México.
- , 1996. *Los mayas de Oxkintok*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- ROBLES CASTELLANOS, Fernando, 1981a. La secuencia cerámica preliminar de

- El Meco, Quintana Roo. En: *Memoria del Congreso Interno 1979*. México: INAH, Centro Regional del Sureste, pp. 153-178.
- , 1981b. Xelhá: un proyecto de investigación. *Memoria del Congreso Interno 1979*. México: INAH, Centro Regional del Sureste, pp. 101-121.
- , 1986a, coord. *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1980*. Cuaderno de Trabajo 2. México: INAH, Centro Regional de Yucatán.
- , 1986b, coord. *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1981*. Cuaderno de Trabajo 3. México: INAH, Centro Regional de Yucatán.
- ROBLES CASTELLANOS, Fernando, Ángeles CANTERO AGUILAR y Antonio BENAVIDES ROSALES, 2006. "Proyecto arqueológico Poxilá, municipio de Umán, Yucatán (Temporada de campo 2005)." México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- ROBLES CASTELLANOS, Fernando, y Teresa CEBALLOS GALLARETA, s.f. Revalidando la génesis precoz de la complejidad político-cultural maya en el noroeste de la península de Yucatán. En: M. K. Brown y G. Bey III, eds., *Pathways to Complexity in the Maya Lowlands: The Preclassic Development* (volumen en preparación).
- RODRÍGUEZ CAMPERO, Omar, 2000. La Gran Plaza de Calakmul. *Arqueología Mexicana* VII, núm. 42: 22-27.
- ROMERO RIVERA, José Luis, 2003. Investigaciones en San Claudio, Tabasco. *Arqueología Mexicana* XI, núm. 61: 7.
- ROMERO RIVERA, María Eugenia, 1995. "Informe de los trabajos realizados en el Proyecto 'Chacchoben', Quintana Roo, 1995". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- , 2000. Chacchoben: un sitio del Clásico Temprano en la Región de los Lagos. En: Adriana Velázquez Morlet, ed., *Guardianes del tiempo*, Chetumal: Universidad de Quintana Roo – INAH, pp. 73-87.
- , 2007. Proyecto Arqueológico Chacchoben, Quintana Roo. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto Lopez Wario, Oscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 335-340.
- ROMERO R., María Eugenia, Daniel FLORES GUTIÉRREZ y Jesús MORA-ECHEVERRÍA, 2001. De cuentas y de avatares: un calendario de Venus en Chacchoben, Quintana Roo. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo IV: Estudios*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 447-459.
- RUGGLES, Clive L. N., 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.
- , 2007. Cosmology, Calendar, and Temple Orientations in Ancient Hawai'i. En: Clive Ruggles y Gary Urton, eds., *Skywatching in the Ancient*

- World: New Perspectives in Cultural Astronomy: Studies in Honor of Anthony F. Aveni*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 287-329.
- , 2015a. Long-Term Changes in the Appearance of the Sky. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 473-482.
- , 2015b. Stellar Alignments – Identification and Analysis. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 517-530.
- RUIZ GALLUT, María Elena, 2001. Entre formas, astros y colores: aspectos de la astronomía y la pintura mural en sitios del Área Maya. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo III: Estudios*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 283-293.
- RUIZ GALLUT, María Elena, Jesús GALINDO TREJO y Daniel FLORES GUTIÉRREZ, 2001. Mayapán: de regiones oscuras y deidades luminosas. Práctica astronómica en el Postclásico maya. En: Leticia Staines Cicero, ed., *La pintura mural prehispánica en México II: Área maya, tomo III: Estudios*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 265-275.
- RUPPERT, Karl, 1940. A Special Assemblage of Maya Structures. En: Clarence L. Hay, Ralph L. Linton, Samuel K. Lothrop, Harry L. Shapiro y George C. Vaillant, eds., *The Maya and Their Neighbors*, New York: D. Appleton-Century, pp. 222-231.
- RUPPERT, Karl, y John H. DENISON JR., 1943. *Archaeological Reconnaissance in Campeche, Quintana Roo, and Peten*. Carnegie Institution of Washington Publication 543, Washington.
- RUIZ LHUILLIER, Alberto, 1945. *Campeche en la arqueología maya*. Acta Antropológica I: 2-3. México.
- SABLOFF, Jeremy A., y William L. RATHJE, 1975, eds. *A Study of Changing Pre-Columbian Commercial Systems: The 1972-1973 Seasons at Cozumel, Mexico*. Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.
- SABLOFF, Jeremy A., y Gair TOURTELLOT, 1991. *The Ancient Maya City of Sayil: The Mapping of a Puuc Region Center*. Middle American Research Institute Publ. 60, New Orleans: Tulane University.
- SÁNCHEZ ALANIZ, José Ignacio, 2009. Delimitación de zonas arqueológicas en el área maya: el caso de Bonampak, Chiapas. En: Silvia Mesa Dávila, María Teresa Castillo Mangas, Pedro Francisco Sánchez Nava y Miguel Medina Jaén, eds., *Memoria del registro arqueológico en México: Treinta años*, México: INAH (Colección Científica 548), pp. 389-398.
- SÁNCHEZ LÓPEZ, Adriana, y José Agustín ANAYA, 2006. Dzibilnocac y Tabasqueño: arqueología de la región Chenes. En: J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía, eds., *XIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2005*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 838-855.
- SÁNCHEZ NAVA, Pedro Francisco, e Ivan ŠPRAJC, 2011a. "Propiedades astronó-

- micas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica: Informe de la temporada 2010". México: INAH, 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: INAH, 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: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- _____, 2012b. 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.
- SANTILLÁN S., Patricia, y Ernesto VARGAS PACHECO, 1992. Patrón de asentamiento en Tulum: la Casa del Cenote o Estructura 35. *Antropológicas*, nueva época, núm. 2: 13-19.
- SCARBOROUGH, Vernon L., 1991. Courting the Southern Maya Lowlands: A Study in pre-Hispanic Ballgame Architecture. En: Vernon L. Scarborough y David R. Wilcox, eds., *The Mesoamerican Ballgame*, Tucson: The University of Arizona Press, pp. 129-144.
- _____, 2003. Ballcourts and Reservoirs: The Social Construction of a Tropical Karstic Landscape. En: Alain Breton, Aurore Monod Becquelin y Mario Humberto Ruz, eds., *Espacios mayas: Representaciones, usos, creencias*, México: UNAM, Centro de Estudios Mayas – Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, pp. 77-92.
- SCHAEFER, Bradley E., 1986. Atmospheric Extinction Effects on Stellar Alignments. *Archaeoastronomy* No. 10 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 17): S32-S42.
- _____, 2000. New Methods and Techniques for Historical Astronomy and Archaeoastronomy. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 15: 121-136.
- _____, 2006a. Case Studies of Three of the Most Famous Claimed Archaeoastronomical Alignments in North America. En: T. W. Bostwick y B. Bates, eds., *Viewing the Sky Through Past and Present Cultures: Selected Papers from the Oxford VII International Conference on Archaeoastronomy*, Phoenix: City of Phoenix Parks and Recreation Department (Pueblo Grande Museum Anthropological Papers, No. 15), pp. 27-56.
- _____, 2006b. No Astronomical Alignments at the Caracol: Rebuttal to Critique. En: T. W. Bostwick y B. Bates, eds., *Viewing the Sky Through Past and Present Cultures: Selected Papers from the Oxford VII International Conferen-*

- ce on Archaeoastronomy, Phoenix: City of Phoenix Parks and Recreation Department (Pueblo Grande Museum Anthropological Papers, No. 15), pp. 71-77.
- SCHÁVELZON, Daniel, 1985a. El Caracol de Cozumel: una pequeña maravilla de la arquitectura maya. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 5: 75-81.
- , 1985b. La “Cárcel” de El Cedral: un extraño edificio maya en Cozumel. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 6: 10-13.
- SCHELE, Linda, 1980. Palenque: la casa del Sol agonizante. En: Anthony F. Aveni, ed., *Astronomía en la América antigua* (trad.: L. F. Rodríguez J., orig.: *Native American Astronomy*, Austin: University of Texas Press, 1977), México: Siglo XXI, pp. 67-83.
- , 1981. Sacred Site and World-View at Palenque. En: Elizabeth P. Benson, ed., *Mesoamerican Sites and World-Views*, Washington: Dumbarton Oaks, pp. 87-117.
- SCHMIDT, Peter J., 1994. Chichén Itzá. *Arqueología Mexicana* II, núm. 10: 20-25
- , 1999. Chichén Itzá: resultados y proyectos nuevos (1992-1999). *Arqueología Mexicana* VII, núm. 37: 32-39.
- , 2004. Las máscaras de Oxkintok, Yucatán. *Arqueología Mexicana*, ed. especial 16: 30-33.
- SERNA, Jacinto de la, 1953. *Manual de ministros de indios para el conocimiento de sus idolatrías y extirpación de ellas*. En: *Tratado de las idolatrías, supersticiones, dioses, ritos, hechicerías y otras costumbres gentílicas de las razas aborígenes de México*, notas, comentarios y un estudio de Francisco del Paso y Troncoso. México: Ediciones Fuente Cultural.
- SHARER, Rober J., y Loa P. TRAXLER, 2006. *The Ancient Maya*, 6a. ed. Stanford: Stanford University Press.
- SIARKIEWICZ, Elżbieta, 1995. *El tiempo en el tonalámatl*. Warszawa: Uniwersytet Warszawski, Cátedra de Estudios Ibéricos (Monografías 3).
- SIERRA CARRILLO, Dora, 2004. San Miguel Arcángel en los rituales agrícolas. *Arqueología Mexicana* XII, núm. 68: 74-79.
- SIERRA SOSA, Thelma Noemí, 1994. *Contribución al estudio de los asentamientos de San Gervasio, isla de Cozumel*. México: INAH (Colección Científica 279).
- , 1999. Xcambó: codiciado enclave económico del Clásico maya. *Arqueología Mexicana* VII, núm. 37: 40-47.
- , 2003. Xcambó: centro administrativo y puerto de comercio del Clásico maya. En: *Cuarto Congreso Internacional de Mayistas: Memoria*, México: UNAM, pp. 480-491.
- SIMS, Lionel, 2006. What Is a Lunar Standstill? Problems of Accuracy and Validity in “the Thom Paradigm”. *Mediterranean Archaeology & Archaeometry, Special Issue* 6 (3): 157-163.
- SMITH, A. Ledyard, y Alfred V. KIDDER, 1951. *Excavations at Nebaj, Guatemala*. Carnegie Institution of Washington Publ. 594, Washington.
- 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: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 193-201.
- STARR, Betty, 1951. The Chorti and the Problem of the Survival of Maya Culture. *American Anthropologist* 53 (3): 355-369.
- STEPHENS, John L., 1943. *Incidents of Travel in Yucatan*, 2 vols. New York: Harper & Brothers.
- STUART, George E., John C. SCHEFFLER, Edward B. KURJACK y John W. COTTIER, 1979. *Map of the Ruins of Dzibilchaltun, Yucatan, Mexico*. Middle American Research Institute Publ. 47, New Orleans: Tulane University.
- SUGIYAMA, Saburo, y Rubén CABRERA CASTRO, 2007. The Moon Pyramid Project and the Teotihuacan State Polity: A Brief Summary of the 1998-2004 Excavations. *Ancient Mesoamerica* 18 (1): 109-125.
- ŠPRAJC, Ivan, 1990. El Satunsat de Oxkintok: ¿observatorio astronómico? En: Miguel Rivera, coord., *Oxkintok 3*, Madrid: Misión Arqueológica de España en México, pp. 87-97.
- , 1993a. The Venus-Rain-Maize Complex in the Mesoamerican World View: Part I. *Journal for the History of Astronomy* 24 (Parts 1/2): 17-70.
- , 1993b. The Venus-Rain-Maize Complex in the Mesoamerican World View: Part II. *Archaeoastronomy* No. 18 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 24): S27-S53.
- , 1995. El Satunsat de Oxkintok y la Estructura 1-sub de Dzibilchaltún: unos apuntes arqueoastronómicos. En: *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas*, México: UNAM, Centro de Estudios Mayas, pp. 585-600.
- , 1996a. *Venus, lluvia y maíz: Simbolismo y astronomía en la cosmovisión mesoamericana*. México: INAH (Colección Científica 318).
- , 1996b. *La estrella de Quetzalcóatl: El planeta Venus en Mesoamérica*. México: Editorial Diana.
- , 1996c. Comentario a: Harvey M. Bricker y Victoria R. Bricker, Astronomical References in the Throne Inscription of the Palace of the Governor at Uxmal. *Cambridge Archaeological Journal* 6 (2): 216-219.
- , 2000a. Astronomical Alignments at Teotihuacan, Mexico. *Latin American Antiquity* 11 (4): 403-415.
- , 2000b. Problema de ajustes del año calendárico mesoamericano al año trópico. *Anales de Antropología* 34: 133-160.
- , 2000c. Astronomical Alignments at the Templo Mayor of Tenochtitlan, Mexico. *Archaeoastronomy* No. 25 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 31): S11-S40.
- , 2001a. *Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México*. México: INAH (Colección Científica 427).
- , 2001b. La astronomía. En: Linda Manzanilla y Leonardo López Luján, eds., *Historia antigua de México*, vol. IV: 273-313. México: UNAM – INAH – Porrúa.

- , 2004a. Astronomical Alignments in Río Bec Architecture. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 18: 98-107.
- , 2004b. The South-of-East Skew of Mesoamerican Architectural Orientations: Astronomy and Directional Symbolism. En: Maxime Boccas, Johanna Broda y Gonzalo Pereira, eds., *Etno y arqueo-astronomía 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.
- , 2008a, ed. *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress.
- , 2008b. Alineamientos astronómicos en la arquitectura. En: Ivan Šprajc, ed., *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress, pp. 233-242.
- , 2009. Propiedades astronómicas de la arquitectura prehispánica en la isla de Cozumel, Quintana Roo, México. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 18, tomo II: 113-136. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- , 2015a. Alignments upon Venus (and Other Planets) – Identification and Analysis. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 507-516.
- , 2015b. Governor's Palace at Uxmal. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 773-781.
- ŠPRAJC, Ivan, y Atasta FLORES ESQUIVEL, 2008. Descripción de los sitios. En: Ivan Šprajc, ed., *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress, pp. 23-124.
- ŠPRAJC, Ivan, Atasta FLORES ESQUIVEL, Saša ČAVAL y María Isabel GARCÍA LÓPEZ, 2014. *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: temporada 2007*. Prostor, kraj, čas 4. Ljubljana: Založba ZRC (http://iaps.zrc-sazu.si/sites/default/files/pkc04_sprajc_0.pdf).
- ŠPRAJC, Ivan, y Nikolai GRUBE, 2008. Arqueología del sureste de Campeche: una síntesis. En: Ivan Šprajc, ed., *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress, pp. 263-275.
- ŠPRAJC, Ivan, y Carlos MORALES-AGUILAR, 2007. Alineamientos astronómicos en los sitios arqueológicos de Tintal, El Mirador y Nakbe, Peten, Guatemala. En: Nora María López, ed., *Proyecto Arqueológico Cuenca Mirador: Informe final temporada 2007*, tomo I: 123-158. Guatemala: Instituto de Antropología e Historia.
- 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*, tomo II: 1065-1078. Guatemala: Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia – Asociación Tikal.
- ŠPRAJC, Ivan, y Pedro Francisco SÁNCHEZ NAVA, 2011. Chanarturo, a newly discovered site in southeastern Campeche, Mexico. *Mexicon* 33 (4): 90-92.
- , 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* 41: 31-60.
- TATE, Carolyn, 1985. Summer Solstice Ceremonies Performed by Bird Jaguar III of Yaxchilan, Chiapas, Mexico. *Estudios de Cultura Maya* 16: 85-112.
- , 1989. The Use of Astronomy in Political Statements at Yaxchilan, Mexico. En: A. F. Aveni, ed., *World Archaeoastronomy*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 416-429.
- 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: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 179-192.
- TEDLOCK, Dennis, 1985. *Popol Vuh: The Mayan Book of the Dawn of Life*. New York: Simon & Schuster.
- TERÁN, Silvia, y Christian RASMUSSEN, 2009. *La milpa de los mayas: La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noroeste de Yucatán*, 2a. ed. Mérida: UNAM, Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales – Valladolid: Universidad de Oriente (1a. ed.: 1994).
- THOM, A., 1971. *Megalithic Lunar Observatories*. Oxford: Oxford University Press.
- THOMPSON, J. Eric S., 1930. *Ethnology of the Mayas of Southern and Central British Honduras*. Field Museum of Natural History Publication 274, Anthropological Series Vol. 17, No. 2, Chicago.
- , 1939. The Moon Goddess in Middle America: With Notes on Related Deities. *Contributions to American Anthropology and History* No. 29, Carnegie Institution of Washington Publ. 509: 121-173.
- , 1950. *Maya Hieroglyphic Writing: An Introduction*. Carnegie Institution of Washington Publ. 589, Washington.
- , 1967. A Third-Party Comment. *American Antiquity* 32 (2): 244.

- _____, 1974. Maya Astronomy. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Mathematical and Physical Sciences* 276 (1257): 83-98.
- TICHY, Franz, 1991. *Die geordnete Welt indianischer Völker: Ein Beispiel von Raumordnung und Zeitordnung im vorkolumbischen Mexiko*. Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft 21. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- _____, 1994. Four Towers on the Meridian of Uxmal in the Archaeological Region of Chenes/Campeche (Mexico): Astronomical Instruments for the Observation of the Solar Zenith Passages. En: Stanisław Iwaniszewski, Arnold Lebeuf, Andrzej Wierciński y Mariusz S. Ziólkowski, eds., *Time and Astronomy at the Meeting of Two Worlds*, Warszawa: Uniwersytet Warszawski, Centrum Studiów Latinoamerykańskich, pp. 279-289.
- TIESLER, Vera, and Andrea CUCINA, 2012. Filiación, relaciones interpoblacionales y enlaces culturales en las Tierras Bajas Mayas durante el periodo Clásico. *Estudios de Cultura Maya* 40: 97-122.
- TOVALÍN AHUMADA, Alejandro, 2007. Aspectos de la arquitectura de la Gran Plaza de Bonampak y diversos alcances en los estudios en el nivel regional del Proyecto Arqueológico Bonampak. En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto López Wario, Óscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología* 2005, México: INAH, pp. 364-370.
- TOVALÍN AHUMADA, Alejandro, y Víctor Manuel ORTIZ VILLAREAL, 2003. Plan de Ayutla, Ocosingo, Chiapas: sitio arqueológico considerado para restauración. *Arqueología Mexicana* X, núm. 60: 8s.
- TOVALÍN AHUMADA, Alejandro, Víctor Manuel ORTIZ VILLAREAL y Fernanda CORRALES GARCÍA, 2006. Sitio arqueológico Lacanhá, municipio de Ocosingo, Chiapas: primeros resultados de campo. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 14, tomo I: 279-296. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- TOVALÍN AHUMADA, Alejandro, Víctor Manuel ORTIZ VILLAREAL y Adolfo VELÁZQUEZ DE LEÓN COLLINS, 2004. Región norte del valle del Río Lacanhá, Chiapas. *Bolom: Revista del Centro de Investigaciones Frans Blom* núm. 1: 55-89.
- TOVALÍN AHUMADA, Alejandro, y J. Adolfo VELÁZQUEZ DE LEÓN, 1994. "Proyecto Bonampak: Informe de la 2ª temporada de campo, 1994, tomo II". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- _____, 2002. Arquitectura y patrón de asentamiento en Bonampak. En: *Tercer Congreso Internacional de Mayistas, Memoria II*: 804-822. México: UNAM – Universidad de Quintana Roo.
- TOVALÍN AHUMADA, Alejandro, José Adolfo VELÁZQUEZ DE LEÓN y Víctor Manuel ORTIZ V., 1977. "Informe Técnico: Proyecto Arqueológico Bonampak, Chis., quinta temporada de campo, 1977". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- _____, 1996. "Informe Técnico: Proyecto Arqueológico Bonampak, Chis., cuarta temporada de Campo, 1996". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.

- TOZZER, Alfred M., 1941. *Landa's Relación de las cosas de Yucatan: A Translation*. Papers of the Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology, Harvard University, Vol. 18, Cambridge.
- , 1982. *Mayas y lacandones: Un estudio comparativo*. México: Instituto Nacional Indigenista (orig.: *A Comparative Study of the Mayas and the Lacandones*, New York, 1907).
- VAIL, Gabrielle, 2002. Haab' Rituals in the Maya Codices and the Structure of Maya Almanacs. *Research Reports on Ancient Maya Writing* No. 53: 69-116.
- VARELA TORRECILLA, Carmen, Beatriz QUINTAL SUASTE y Raúl MORALES UH, 2009. Interacción y adaptación cultural de una migración de ideas: el Clásico Medio y su influencia en el norte de Yucatán. En: Mario Humberto Ruz, Joan García Targa y Andrés Ciudad Ruiz, eds., *Diásporas, migraciones y exilios en el mundo maya*, Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas – Mérida: UNAM, pp. 103-132.
- VARGAS DE LA PEÑA, Leticia, y Víctor CASTILLO BORGES, 2006a. Ek' Balam, el reino prehispánico de Talol. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 381-404. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- , 2006b. Ek' Balam, un antiguo reino localizado en el oriente de Yucatán. En: Ma. Josefa Iglesias Ponce de León, Rogelio Valencia Rivera y Andrés Ciudad Ruiz, eds., *Nuevas ciudades, nuevas patrias: Fundación y relocalización de ciudades en Mesoamérica y el Mediterráneo antiguo*, Publicaciones de la S.E.E.M. núm. 8: 191-207. Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas.
- VARGAS DE LA PEÑA, Leticia, Víctor CASTILLO BORGES y Alfonso LACADENA GARCÍA-GALLO, 2007. El mural del Cuarto 22 de la Acrópolis de Ek' Balam, Yucatán, México: ritual y profecía de Año Nuevo en el periodo Clásico maya. *Mayab* núm. 19: 107-121.
- VARGAS PACHECO, Ernesto, 1995. El espacio sagrado en Tulum. En: Carmen Varela Torrecilla, Juan Luis Bonor Villarejo y María Yolanda Fernández Marquínez, eds., *Religión y sociedad en el área maya*, Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas, pp. 57-69.
- , 2001. *Itzamkanac y Acalán: Tiempos de crisis anticipando el futuro*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas.
- , 2006. Balance y perspectivas de la arqueología del sur de Campeche. La provincia de Acalan-Tixchel y su cabecera: Itzamkanac. En: Alfredo Barrera Rubio y Ruth Gubler, eds., *Los mayas de ayer y hoy: Memorias del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, tomo I: 561-583. Mérida: Gobierno del Estado de Yucatán – INAH – Universidad Autónoma de Yucatán.
- , 2009. Depósitos rituales: vasijas y cuchillos en la Estructura 2 de El Tigre, Campeche. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 17, tomo II: 9-26. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.

- , 2010. La legitimación de la realeza entre los mayas del Preclásico Tardío: los mascarones de El Tigre, Campeche. *Estudios de Cultura Maya* 36: 11-35.
- VARGAS PACHECO, Ernesto, y Angélica DELGADO SALGADO, 2003. El Clásico Terminal en El Tigre, Campeche. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya* 11, tomo II: 406-423. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- , 2007. Las grandes remodelaciones en El Tigre, Campeche: contextos rituales de inicio y/o terminación. En: Ernesto Vargas y Antonio Benavides, eds., *El patrimonio arqueológico maya en Campeche*, México: UNAM, Centro de Estudios Mayas, pp. 207-234.
- VARGAS PACHECO, Ernesto, y Patricia SANTILLÁN SÁNCHEZ, 1995. *Dze Mucut*: la casa de los muertos en Tulum. En: *Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas* 1: 427-436. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Filológicas, Centro de Estudios Mayas.
- VARGAS PACHECO, Ernesto, y Kimiyo TERAMOTO ORNELAS, 1996. Las ruinas arqueológicas de El Tigre: Campeche: *¡Itzamkanac? Mayab* núm. 10: 33-45.
- VELÁSQUEZ VALDEZ, Ricardo, 1995. "Proyecto Arqueológico Chen-Ho, Parque del Oriente". Mérida: Archivo del Centro INAH.
- VELÁSQUEZ MORLET, Adriana, 2002. Guía de Viajeros. *Arqueología Mexicana* IX, núm. 54: 86.
- VIDAL LORENZO, Cristina, Gaspar MUÑOZ COSME, Patricia HORCAJADA CAMPOS y Manuel MAY CASTILLO, 2012. Resultados de las investigaciones realizadas en la temporada de campo 2010 en La Blanca y El Chilonche (Peten). En: Bárbara Arroyo, Lorena Paiz y Héctor Mejía, eds., *XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2011*, vol. 1: 217-226. Guatemala: Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia-Asociación Tikal.
- VILLA ROJAS, Alfonso, 1978. *Los elegidos de Dios: Etnografía de los mayas de Quintana Roo*. México: Instituto Nacional Indigenista.
- , 1985. Maya Lowlands: The Chontal, Chol and Kekchi. En: Alfonso Villa Rojas, *Estudios etnológicos: Los mayas*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 357-381.
- , 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: UNAM, pp. 119-167.
- VOGT, Evon Z., 1997. Zinacanteco Astronomy. *Mexicon* 19 (6): 110-117.
- WEITLANER, Irmgard, 1936. A Chinantec Calendar. *American Anthropologist* 38 (2): 197-201.
- WEITLANER, Robert J., e Irmgard WEITLANER, 1946. The Mazatec Calendar. *American Antiquity* 11 (3): 194-197.
- WISDOM, Charles, 1940. *The Chorti Indians of Guatemala*. Chicago: The University of Chicago Press.
- WITSCHY, Walter R. T., 2005. Muyil: An Early Start and Late Finish in East

- Coast Settlement. En: Justine M. Shaw y Jennifer P. Mathews, eds., *Quintana Roo Archaeology*, Tucson: The University of Arizona Press, pp. 127-143.
- _____, 2008. "Muyil - Quintana Roo - Mexico: Web site with dissertation and other notes": <http://muyil.smv.org/>.
- YADEUN, Juan, 1991. "Proyecto Arqueológico Toniná: Informe 1990". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- _____, 1992. "Informe Técnico Temporada 1991: Proyecto Toniná, Chiapas". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- _____, 1993. *Toniná: El laberinto del inframundo*. Tuxtla Gutiérrez: Gobierno del Estado de Chiapas.
- _____, 2002. "Proyecto Arqueológico Toniná, Chiapas: 1981-2001". México: INAH, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología.
- ZAPATA, Renée Lorelei, 2007. Santa Rosa Xtampak, ¿una capital política de la provincia Chenes? En: Alejandro Martínez Muriel, Alberto Lopez Wario, Oscar J. Polaco y Felisa J. Aguilar, eds., *Anales de Arqueología 2005*, México: INAH, pp. 395-398.
- 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.
- _____, 1991. Sunwatching and Calendars: A Southwestern-Mesoamerican Contrast in a Distant, Smoky Mirror. En: J. Broda, S. Iwaniszewski y L. Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 545-556.

Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas
se terminó de imprimir en noviembre de 2015
en los talleres gráficos del Instituto Nacional
de Antropología e Historia.
Producción: Dirección de Publicaciones
de la Coordinación Nacional de Difusión.

Entre los antiguos pueblos de Mesoamérica, los mayas descollan, ante todo, por sus conocimientos astronómicos. Datos muy interesantes al respecto, aunque tal vez los más controversiales están plasmados en las orientaciones de la arquitectura. Durante las últimas décadas han proliferado las hipótesis que interpretan su significado astronómico de maneras muy diversas. Esta obra retoma el tema, pero con un enfoque más sistemático y metodológicamente riguroso que el que caracteriza a la mayoría de los estudios anteriores. Con el objetivo de ofrecer explicaciones contundentes, los autores determinaron, con mediciones precisas en campo, las orientaciones de casi 300 edificios en 87 sitios arqueológicos en las tierras bajas mayas. Al analizar los datos concluyen que los alineamientos se refieren, en su mayoría, a las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas, cuyo significado puede entenderse en términos de su relación con el ciclo agrícola y el sistema calendárico formal, pero también identifican varias orientaciones hacia los extremos de Venus y la Luna. Las interpretaciones propuestas son tanto novedosas como convincentes, no sólo por basarse en una muestra amplia de datos confiables sobre los alineamientos, sino también por ser sustentadas con abundante información independiente de tipo etnográfico, histórico e iconográfico.