

ASPECTOS ASTRONÓMICOS DE LA ARQUITECTURA MAYA EN LA COSTA NORORIENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Pedro Francisco Sánchez Nava, Ivan Šprajc y Martin Hobel

PROSTOR, KRAJ, ČAS



PROSTOR, KRAJ, ČAS 13

Aspectos astronómicos de la arquitectura maya en la costa nororiental de la península de Yucatán

Pedro Francisco Sánchez Nava

Ivan Šprajc

Martin Hobel

Založba ZRC

Ljubljana 2016

PROSTOR, KRAJ, ČAS 13

ASPECTOS ASTRONÓMICOS DE LA ARQUITECTURA MAYA EN LA COSTA NORORIENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Pedro Francisco Sánchez Nava, Ivan Šprajc y Martin Hobel

Edición: Žiga Kokalj y Nataša Gregorič Bon

Fotografía: Ivan Šprajc

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

Editorial: Založba ZRC

Responsable: Oto Luthar

Digitalna verzija (pdf) je pod pogoji licence <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
prosto dostopna: <https://doi.org/10.3986/9789612548964>.

CIP – Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

72.031.2(399.7)(0.034.2)

521.9:72.031.2(399.7)(0.034.2)

903/904(726)(0.034.2)

006.951(399.7)(0.034.2)

SÁNCHEZ NAVA, Pedro Francisco

Aspectos astronómicos de la arquitectura maya en la costa nororiental de la península de Yucatán [Elektronski vir] / Pedro Francisco Sánchez Nava, Ivan Šprajc y Martin Hobel ; [fotografía Ivan Šprajc]. - El. knjiga. - Ljubljana : Založba ZRC, 2016. - (Prostor, kraj, čas, ISSN 2335-4208 ; 13)

ISBN 978-961-254-896-4 (pdf)

1. ŠPRAJC, Ivan, 1955- 2. Hobel, Martin

284672768

Način dostopa (URL): <http://zalozba.zrc-sazu.si/p/P13>



© 2016, autores, Založba ZRC, ZRC SAZU. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra podrá ser reproducida o transmitida en forma alguna y por ningún medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación, o por cualquier otro sistema de almacenamiento de información, sin previa autorización de los propietarios de los derechos de autor.

Abstract

An archaeoastronomical study recently accomplished in the Maya area revealed that the architecture on the northeast coast of the Yucatán peninsula is characterized by some peculiar orientation trends, which we have not been able to explain in a satisfactory manner. In order to acquire additional information, in November 2015 we measured the orientations of 34 structures at 21 archaeological sites. The book presents the results of this work, as well as some analyses based on all the available data from the northeast coast. Their distribution shows that the percentage of orientations related to the Sun is notably lower than in other parts of the Maya Lowlands. The orientations to the major lunar extremes (also known as standstill positions), which are quite rare elsewhere, constitute the most prominent group on the northeast coast, most likely reflecting the fact that the worship of the goddess Ixchel, associated with the Moon, was very important in the region, particularly during the Postclassic period, when most of the buildings included in the study were constructed. The lunar alignments are regularly associated with those referring to the solstices; the analysis of declinations corresponding to both groups has disclosed that their referents must have been predominantly the major northerly extremes of the Moon on the western horizon and the southern (winter solstice) extremes of the Sun on the eastern horizon. It is thus possible to conclude that a special attention was paid to the full Moon extremes, considering that these phenomena are always visible around the solstices and can be observed almost simultaneously with those of the Sun, but on diametrically opposed horizons. The significance of lunar orientations can be accounted for by the Moon's aquatic and fertility symbolism, which was likely based on the observed correlations between lunar cycles and the periodicity of climatic variations and other changes in natural environment, whereas the combinations of lunar and solstitial alignments are congruent with the conceptual relationship between the Sun and the full Moon, characteristic of the Mesoamerican world view. The solstitial orientations represent the second most important group on the northeast coast, conceivably because of their relation with lunar alignments. The remaining solar orientations probably allowed the use of observational calendars similar in structure to those that have been documented in other parts of Mesoamerica and whose purpose was to facilitate a proper scheduling of seasonal activities. For the third most significant group of orientations on the northeast coast we propose some stellar motives, but the hypothesis requires further testing. Finally, by analyzing the orientations of coastal structures, we note that many of them exhibit a rather close correspondence with the adjacent shoreline, but since they also pertain to astronomically significant groups, we argue that the seafront buildings must have often been erected on selected places, where both astronomical and topographic criteria could be met.

KEYWORDS

Mesoamerica, Lowland Maya, Northeast Coast, archaeology, archaeoastronomy, prehispanic architecture, orientations, lunar extremes, world view, religion

Resumen

Una investigación arqueoastronómica que realizamos recientemente en el área maya mostró que las orientaciones en la arquitectura de la costa nororiental de la península de Yucatán se caracterizan por algunas peculiaridades que no hemos podido explicar satisfactoriamente. Con el objetivo de adquirir información adicional, en noviembre de 2015 medimos las orientaciones de 34 estructuras en 21 sitios arqueológicos. El libro presenta los resultados de este trabajo, así como algunos análisis en los que se consideraron todos los datos disponibles sobre las orientaciones en la costa nororiental. La distribución de los datos revela que el porcentaje de orientaciones relacionadas con el Sol es notablemente más bajo que en el resto de las tierras bajas mayas. Las orientaciones hacia los extremos mayores de la Luna, relativamente escasas en otras partes, constituyen el grupo más prominente en la costa nororiental, en lo que podemos ver un reflejo de la importancia que tuvo en la región el culto a la diosa Ixchel, asociada con la Luna, sobre todo en el periodo Posclásico, al que pertenece la mayoría de los edificios estudiados. Los alineamientos lunares se encuentran regularmente asociados con los solsticiales; el análisis de las declinaciones correspondientes a ambos grupos ha revelado que sus referentes debieron ser mayormente los extremos mayores norte de la Luna en el horizonte poniente y los extremos sur del Sol en el horizonte oriente, alcanzados en el solsticio de diciembre, por lo que es posible concluir que se prestaba particular atención a los extremos de la Luna llena, ya que éstos siempre son visibles cerca de los solsticios y pueden observarse casi simultáneamente con los del Sol, pero en los horizontes diametralmente opuestos. El significado de las orientaciones lunares es explicable con el simbolismo de la Luna, relacionado con el agua y la fertilidad y probablemente basado en la correlación observada entre sus ciclos y la periodicidad de las variaciones climáticas y otros cambios en el medio ambiente, mientras que la asociación de las orientaciones lunares y solsticiales es congruente con la relación conceptual entre la Luna llena y el Sol, característica de la cosmovisión mesoamericana. Las orientaciones solsticiales representan el segundo grupo más importante en la costa nororiental, seguramente por su relación con las lunares, mientras que las demás orientaciones solares probablemente posibilitaban el uso de calendarios observacionales, similares en su estructura a los que han sido documentados en otras partes de Mesoamérica y cuya finalidad debe haber sido la de facilitar la regulación de las actividades en el ciclo estacional. Para el tercer grupo de orientaciones por el que se destaca la costa nororiental proponemos algunas estrellas que pudieron haberlas motivado, pero la hipótesis tendrá que verificarse. Finalmente, analizando las orientaciones de los edificios costeros, notamos que en muchos casos se acercan al curso de la orilla del mar adyacente, pero debido a que también pertenecen a los grupos astronómicamente significativos, argumentamos que las estructuras ribereñas fueron a menudo construidas en lugares seleccionados que cumplieran con los requisitos tanto astronómicos como topográficos.

PALABRAS CLAVE

Mesoamérica, tierras bajas mayas, costa nororiental, arqueología, arqueoastronomía, arquitectura prehispánica, orientaciones, extremos de la Luna, cosmovisión, religión

Izvleček

Arheoastronomska raziskava, ki smo jo nedavno opravili na območju kulture Majev, je v razporeditvi orientacij v arhitekturi severovzhodne obale polotoka Jukatana razkrila nekatere posebnosti, ki jih ni bilo mogoče zadovoljivo pojasniti. Da bi pridobili dodatne informacije, smo novembra leta 2015 izmerili usmeritve 34 stavb na 21 arheoloških najdiščih. Knjiga predstavlja rezultate tega dela in nekatere analize, ki temeljijo na vseh razpoložljivih podatkih za severovzhodno obalo. Njihova razporeditev kaže, da je delež orientacij, povezanih s Soncem, občutno nižji kot drugod v majevskih nižavjih. Usmeritve proti velikim Luninim ekstremom, drugod sorazmerno redke, predstavljajo najbolj izstopajočo skupino na severovzhodni obali, v čemer nedvomno odseva pomen, ki ga je imel na tem območju kult boginje Ixchel, povezane z Luno, predvsem v poklasični dobi, v kateri je bila zgrajena večina preučenihi stavb. Lunarne orientacije so pogosto povezane s solsticijskimi; analiza deklinacij, ki ustrezajo obema skupinama, je pokazala, da se večinoma nanašajo na velike severne lunarne ekstreme na zahodnem horizontu in na južne Sončeve na vzhodnem, zaradi česar je mogoče zaključiti, da je bila posebna pozornost posvečena ekstremom polne Lune, saj so ti vselej vidni okoli solsticijev, opazovati pa jih je mogoče skoraj istočasno s Sončevimi, toda na diametralno nasprotnih horizontih. Pomen lunarnih orientacij je mogoče pojasniti z Luninim simbolizmom, ki je bil povezan z vodo in rodovitnostjo in je bržkone temeljil na opaženih korelacijah med lunarnimi cikli in periodičnostjo klimatskih in drugih sprememb v naravnem okolju, medtem ko je skupno nastopanje lunarnih in solsticijskih orientacij v skladu z mezoameriškim pogledom na svet, v katerem sta bila Sonce in polna Luna konceptualno povezana. Solsticijske usmeritve predstavljajo drugo najbolj izstopajočo skupino na severovzhodni obali, kar gotovo odseva njihov pomen v povezavi z lunarnimi, ostale solarne orientacije pa so, kot kaže, omogočale uporabo opazovalnih koledarjev, po strukturi podobnih tistim, ki so bili dokumentirani drugod po Mezoameriki in katerih namen je bil, da omogočijo učinkovito reguliranje dejavnosti v ciklu letnih časov. Za tretjo skupino orientacij, po kateri se odlikuje severovzhodna obala, predlagamo nekatere zvezde, na katere se te usmeritve morda nanašajo, toda hipotezo bo treba preveriti. Na osnovi analize orientacij obalnih stavb ugotavljamo, da se mnoge približno skladajo s potekom morskega obrežja, ker pa obenem pripadajo astronomsko signifikantnim skupinam, argumentiramo, da so bile strukture na obali pogosto zgrajene na izbranih mestih, ki so ustrezala tako astronomskim kot topografskim kriterijem.

KLJUČNE BESEDE

Mezoamerika, nižavski Maji, severovzhodna obala, arheologija, arheoastronomija, predšpanska arhitektura, orientacije, Lunini ekstremi, pogled na svet, religija

Índice

Lista de figuras.....	ii
Lista de tablas.....	iii
Agradecimientos.....	iv
1. Introducción.....	1
2. Mediciones en 2015: datos y análisis.....	7
Azimuts.....	9
Declinaciones.....	9
3. Comentarios sobre orientaciones particulares.....	17
Capechén.....	17
Chac Mool.....	17
Chakalal.....	18
Chamax.....	18
El Altar.....	19
Isla Mujeres.....	19
Paamul.....	21
Pistolas.....	23
Pok Ta Pok.....	23
Punta Cancún (Punta Ni'Kú).....	23
Punta Chamax (Punta San Juan).....	24
Recodo San Juan.....	24
San Francisco.....	25
Tancah.....	26
Tulum.....	26
Tulum Playa.....	27
Tupak.....	27
Vigía del Lago (Xlahpak).....	28
Xamanhá (Playa del Carmen).....	29
Xcalacoco.....	31
Yamilum (Tamul).....	33
4. Patrones de orientación en la costa nororiental.....	35
5. Conclusiones.....	49
Bibliografía.....	53

Lista de figuras

1.1.	Localización de los sitios arqueológicos estudiados en la costa nororiental de la península de Yucatán. Los sitios trabajados en 2015 están marcados en color rojo.....	2
2.1.	Distribución de frecuencias de los azimuts norte y este de las orientaciones.....	10
2.2.	Distribución de frecuencias de las declinaciones correspondientes a los azimuts norte y sur.....	10
2.3.	Distribución de frecuencias de las declinaciones correspondientes a los azimuts este y oeste.....	11
3.1.	Capechén, templo, vista hacia el oriente.....	18
3.2.	Chac Mool, Estructura B, vista desde el interior del santuario superior hacia el poniente...	18
3.3.	Chakalal, templo en la caleta, vista hacia el noroeste.	19
3.4.	Isla Mujeres, templo en la punta sur, vista hacia el norte.....	20
3.5.	Paamul, Templo de Dos Pisos, vista hacia el noreste.....	21
3.6.	Paamul, Templo de los Pelicanos, vista hacia el noroeste.	22
3.7.	Pistolas, templo, vista hacia el oriente.....	23
3.8.	Punta Chamax, templo, vista hacia el poniente.	24
3.9.	Recodo San Juan, templo, vista hacia el poniente.	25
3.10.	Recodo San Juan, fragmentos del bloque de coral en el interior (izquierda) y enfrente del templo (derecha).	25
3.11.	Tulum, Estructura 59, vista hacia el poniente.....	26
3.12.	Tulum Playa, templo, vista hacia el oriente.....	27
3.13.	Tupak, templo, vista hacia el oriente.....	28
3.14.	Vigía del Lago, templo, vista hacia el oriente.	28
3.15.	Xamanhá, Estructura C-1, vista hacia el poniente.....	29
3.16.	Xamanhá, Estructura C-4, vista hacia el poniente.....	30
3.17.	Xcalacoco, Estructuras B-I (derecha) y B-II (izquierda), vista hacia el poniente.	32
3.18.	Xcalacoco, Estructura A-IV, vista hacia el oriente.....	32
3.19.	Yamilum, templo principal, vista hacia el oriente.....	33
4.1.	Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones correspondientes a las orientaciones en la costa nororiental.....	35
4.2.	Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones negativas (izquierda) y positivas (derecha) listadas en la tabla 4.1.....	41
4.3.	Declinaciones de las estrellas Fomalhaut (α PsA), Shaula (λ Sco), Kaus Australis (ϵ Sgr), Vega (α Lyr) y Sadr (γ Cyg) entre los años 1000 y 1500 d.C. (datos tomados de: Hawkins y Rosenthal 1967), en comparación con la distribución de las declinaciones (densidad del núcleo) listadas en la tabla 4.1 (cf. figura 4.2).....	41
4.4.	Incensario encontrado en la Estructura C22-34-e de San Gervasio (dibujo de: Gregory 1975: fig. 21).	43
4.5.	Relación entre las desviaciones que manifiestan las estructuras (D) y las costas adyacentes (D_c) respecto a los rumbos cardinales (cf. tabla 4.2).....	45
4.6.	Relación entre las desviaciones de las estructuras (D) y las diferencias entre éstas y las desviaciones de las costas adyacentes (Δ ; cf. tabla 4.2).	45

Lista de tablas

2.1.	Datos sobre las orientaciones en el área de estudio.....	8
2.2.	Orientaciones que probablemente registraban las salidas o puestas del Sol en los solsticios.....	12
2.3.	Orientaciones que podrían relacionarse con los extremos máximos norte de Venus.....	13
2.4.	Orientaciones probablemente relacionadas con los extremos mayores de la Luna.....	14
2.5.	Orientaciones que podrían relacionarse con los extremos menores de la Luna.....	14
4.1.	Datos sobre las orientaciones del Posclásico Tardío en la costa nororiental, posiblemente relacionadas con Fomalhaut (α PsA) o Vega (α Lyr). En el cálculo de las declinaciones negativas/positivas se consideró el ángulo de extinción de $4^\circ/2^\circ$	40
4.2.	Datos sobre las estructuras ubicadas cerca de la orilla del Mar Caribe. $A_{N/E}$: azimut norte/este de la estructura; D : desviación de la estructura de los rumbos cardinales; A_C : azimut aproximado de la costa adyacente; D_C : desviación de la costa de los rumbos cardinales; Δ : diferencia entre las desviaciones de la estructura y de la costa (v. texto).....	44

Agradecimientos

La investigación cuyos resultados se presentan a continuación pudo llevarse a cabo gracias al apoyo de las autoridades del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México, y del Centro de Investigaciones de la Academia Eslovena de Ciencias y Artes (ZRC SAZU), Eslovenia. En particular agradecemos las intervenciones de la Arqlga. Adriana Velázquez Morlet, Delegada del Centro INAH Quintana Roo, la Dra. María de los Ángeles Olay Barrientos, Presidente del Consejo de Arqueología, y del Lic. Juan Omar Pulido Galicia, Administrador de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH.

Asimismo queremos expresar nuestro agradecimiento a la Sra. Claudia Madrazo, por organizar nuestro acceso y estancia en los establecimientos de Punta Pájaros y las visitas a los sitios de Chac Mool y Tupak; a la Sra. Andrea Solidoro, por coordinar estas actividades; al Sr. Nicolás Guevara, Jefe de Seguridad del Centro INAH Quintana Roo, quien organizó visitas a los sitios de Paamul, Tulum, Tulum Playa y Tancah; al Sr. Miguel Ángel Vargas Perea, Director General del Hotel Sandos Caracol, por facilitar nuestro trabajo en el sitio de Xcalacoco, al Sr. Concepción Camal, custodio del Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín, en Puerto Morelos, por habernos permitido el acceso al sitio de El Altar el 2 de noviembre de 2015; al Biól. Felipe Ángel Omar Ortiz Moreno, Director de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, y al Ing. Eulogio Puc Kinil, Coordinador del Programa de Inspección y Vigilancia de la misma Reserva, quienes organizaron el transporte a los sitios de Capechén y Vigía del Lago.

Finalmente, gracias a la Arqlga. María José Con Uribe y a Karl Herbert Mayer, por habernos proporcionado la información sobre diversos sitios y estructuras, incluyendo las publicaciones pertinentes, y al Dr. Anthony P. Andrews, por su amabilidad de poner a nuestra disposición sus notas de campo sobre los sitios de Xcalacoco y El Altar.

1 Introducción

Entre los años 2010 y 2013 realizamos un proyecto de investigación cuyo objetivo fue estudiar los aspectos astronómicos de la arquitectura y el urbanismo mesoamericanos de manera sistemática, empleando una metodología más rigurosa de la que había sido implementada en la mayoría de los estudios de esta índole. En cuatro temporadas obtuvimos, con mediciones en campo, los datos sobre las orientaciones en varias subáreas de Mesoamérica. Los resultados han sido publicados en varios artículos (Sánchez y Šprajc 2012a; 2012b; 2013; Šprajc y Sánchez 2012; 2013a; 2013b; Šprajc *et al.* 2013) y, de manera exhaustiva, en tres monografías (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016). Al analizar los datos obtenidos en las tierras bajas mayas, constatamos que la costa nororiental de la península de Yucatán se caracteriza por algunos patrones de orientación peculiares, en particular por un porcentaje elevado de orientaciones que no pueden relacionarse con el Sol; para algunas argumentamos que registraban los extremos de la Luna, mientras que otras parecían referirse a los puntos de salida o puesta de una estrella. En virtud de que la información disponible no permitía conclusiones del todo contundentes, decidimos acumular una mayor cantidad de datos: en noviembre de 2015 medimos las orientaciones en varios sitios que no habían sido objeto de nuestras investigaciones anteriores (figura 1.1).

Los sitios en que se realizaron las mediciones, todos ubicados en el estado de Quintana Roo, México, se encuentran listados a continuación en orden alfabético, acompañados por citas bibliográficas correspondientes; se trata de obras que contienen la información relevante sobre la temporalidad y otras características de las estructuras medidas.

Capechén (Andrews 1983: 20; Andrews y Vail 1990: 48, cuadro VIII)

Chac Mool (Gann 1924: 77ss; Lothrop 1924: 160ss, 173, figs. 173 a 181, lám. 27: b, c; Andrews y Vail 1990: 49, cuadro IX; Terrones González 2004; Blanco *et al.* 1999)

Chakalal (Peissel 1964: 79ss; Sanders 1955: 204; Andrews y Andrews 1975: 81ss, figs. 102 a 104; Andrews 1976; Andrews y Vail 1990: 48, cuadro VIII)

Chamax (Peissel 1964: 183ss; Andrews 1983)

El Altar (Andrews 1981; 1986; Andrews y Vail 1990: 47, cuadro VII; Con Uribe 2005: 25)

Isla Mujeres (Holmes 1895: 57ss, figs. 13 a 16, lám. III; Gann 1924: 146; Lothrop 1924: 148s, figs. 155 a 157; Goñi 1999)

Paamul (Pollock 1936: 115s, fig.39; Sanders 1955: 204ss; 1960: 199; Andrews y Andrews 1975: 77ss; Andrews 1976; Andrews y Vail 1990: 48, cuadro VIII)

Pistolas (Andrews 1983: 20s, fig. 2)

Pok Ta Pok (Mayer 2015; Andrews y Vail 1990: 50, cuadro X; Con Uribe 2005: 22)

Punta Cancún (Vargas Pacheco 1978: 100, fig. 2; Andrews y Vail 1990: 50, cuadro X; Con Uribe 2005: 29)

Punta Chamax (Peissel 1964: 187s; Andrews 1983: fig. 5)

Recodo San Juan (Peissel 1964: 191ss; Andrews 1983: 20, fig. 4)

San Francisco (Andrews 1983: fig. 5)

Tancah (Miller 1982: 13ss)

Tulum (Lothrop 1924)

Tulum Playa (Lothrop 1924: 120, fig. 114)

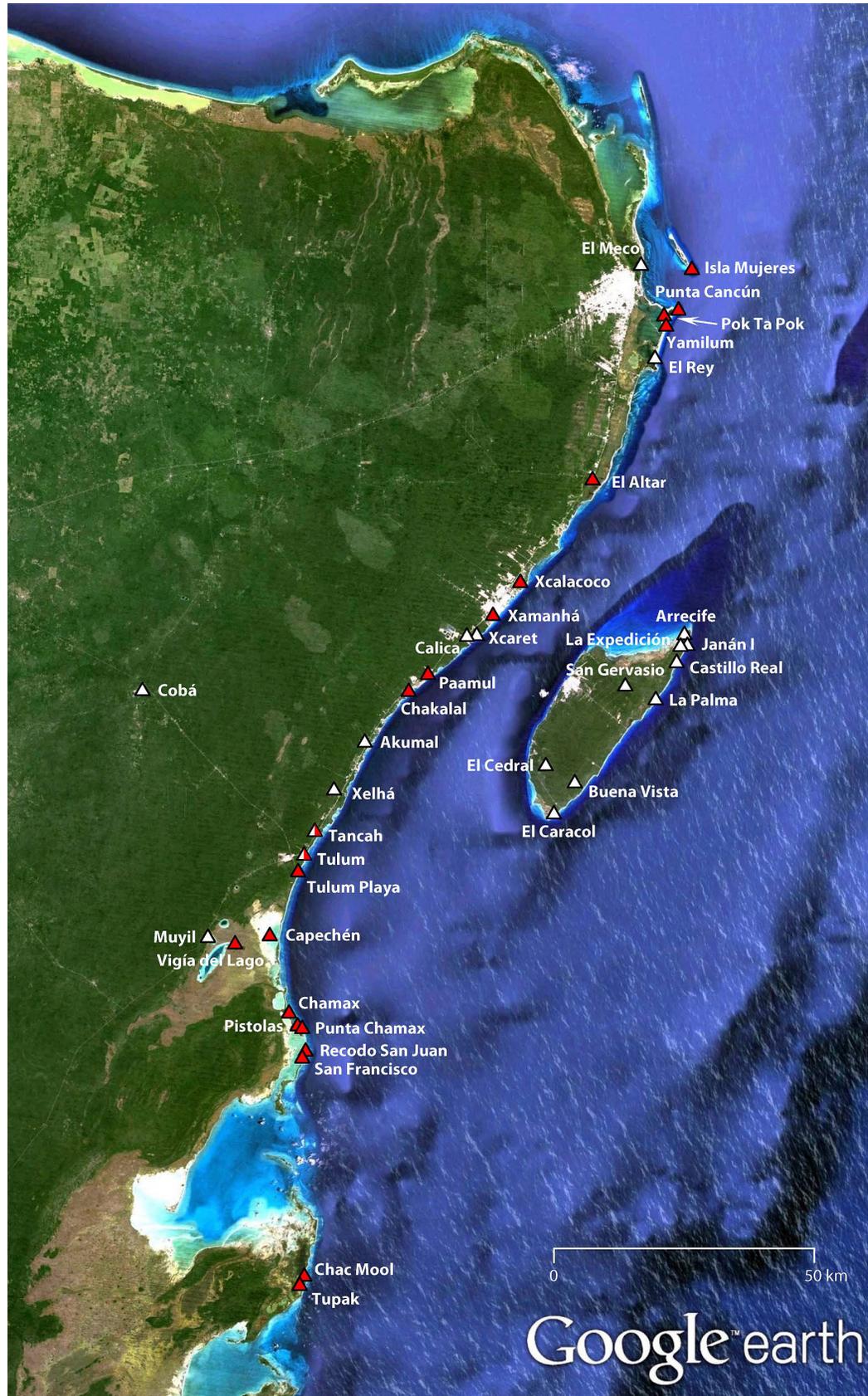


Figura 1.1. Localización de los sitios arqueológicos estudiados en la costa nororiental de la península de Yucatán. Los sitios trabajados en 2015 están marcados en color rojo.

Tupak (Peissel 1964: 208ss; Andrews y Vail 1990: 49, cuadro IX; Con Uribe 2005: 28)

Vigía del Lago (Andrews 1983: 22; Witschey 2008)

Xamanhá (Andrews y Andrews 1975: 76ss, figs. 89, 97 a 100; González de la Mata 1984; González de la Mata y Trejo 1981; Trejo y González de la M. 1993; Silva y Hernández 1991; Goñi 1992; 1998)

Xcalacoco (Andrews 1981; 1986; Andrews y Vail 1990: 47, tabla VII)

Yamilum (Vargas Pacheco 1978: 100, fig. 2; Andrews 1986: 6, 14; Con Uribe 2005: 25)

Las estructuras medidas en 2015 son, en su gran mayoría, templos; sólo algunas tienen características de palacios. Según las dataciones disponibles, todas fueron construidas durante el Posclásico Tardío, época de mayor auge en la costa oriental de la península de Yucatán. Además de los templos sencillos que tienen un solo cuarto, caracterizan la región y el periodo los *templos complejos*, con un santuario más pequeño construido en su interior (cf. Andrews y Andrews 1975: 54ss; Goñi 1998: 47ss). Los principios metodológicos empleados en la selección de los alineamientos, las técnicas de medición y los procedimientos de cálculo se han presentado y justificado de manera exhaustiva en estudios anteriores (Šprajc 2001: 31ss; Sánchez y Šprajc 2015: 23ss; Šprajc y Sánchez 2015: 5ss), por lo que a continuación nos limitamos a resumir los detalles más relevantes.

Las investigaciones ya realizadas mostraron que 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. Aunque en los restos arquitectónicos existen diversas líneas visuales que pudieron haber señalado fenómenos astronómicos (cf. Hartung 1975), únicamente medimos los muros y otros elementos constructivos que hacen patente la orientación de un edificio en el plano horizontal. Las estructuras son normalmente de planta aproximadamente rectangular, pero las líneas norte-sur a menudo no son exactamente perpendiculares a las este-oeste, por lo que para cada edificio determinamos los azimuts de ambos ejes. Los azimuts norte y este citados en la tabla 2.1 representan los promedios de los azimuts medidos a lo largo de los muros norte-sur y este-oeste de cada estructura; si el edificio conserva un alineamiento que parece haber sido particularmente idóneo para las observaciones astronómicas, el azimut corresponde a esta línea. Los errores asignados a los azimuts fueron estimados con base en las divergencias de las líneas medidas y reflejan la incertidumbre en cuanto al azimut intencionado originalmente.

Las líneas que, por el estado actual de los elementos constructivos, parecían confiables y que pudieron haber sido particularmente relevantes para las observaciones (por ejemplo, los ejes de simetría de las entradas) se midieron con teodolito y referencia astronómica (el Sol), empleándose las técnicas establecidas en el trabajo arqueoastronómico (cf. Aveni 2001: 119ss; Ruggles 1999: 164ss). Para calcular los azimuts de los alineamientos medidos con teodolito y referencia astronómica, así como las declinaciones correspondientes,¹empleamos las fórmulas de trigonometría esférica presentadas en varias obras (e.g.: Aveni 2001: 119s; Hawkins 1968: 50ss; Ruggles 1999:

¹ Mientras que el *azimut* es el ángulo medido en el plano horizontal a partir del norte hacia la derecha (teniendo valores de 0° a 360°), la coordenada celeste que permite identificar el fenómeno astronómico posiblemente relacionado con un alineamiento es la *declinación*, que expresa la distancia angular medida desde el ecuador celeste (círculo imaginario en la esfera celeste, colocado en el plano del ecuador terrestre) hacia el norte (declinación positiva) o hacia el sur (declinación negativa), teniendo valores de 0° a ±90°. Su valor depende de la latitud del lugar, el azimut y la altura del horizonte corregida por refracción atmosférica (v. fórmulas en: Šprajc y Sánchez 2015: 8, nota 3).

164ss; Šprajc 2001: 45ss). Las lecturas a lo largo de las líneas menos confiables se midieron con brújulas Suunto Tandem, que permiten leer ángulos con la precisión de $\pm 0.25^\circ$ aproximadamente. Al tomar lecturas magnéticas a lo largo de varias líneas medidas con teodolito y referencia astronómica, nos percatamos de que los valores de declinación magnética resultantes de nuestras mediciones tendían a ser diferentes de las que se obtienen con la calculadora de la *National Oceanic and Atmospheric Administration*, EE.UU. (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>). Las diferencias eran particularmente notables, de hasta aproximadamente 1° , en el extremo noreste de la península de Yucatán, al parecer debiéndose a las anomalías magnéticas relativamente intensas que se han documentado en esta región (García-Abdeslem y Ness 1994). Para convertir los azimuts magnéticos a los verdaderos, empleamos los valores de declinación magnética determinados con nuestras propias mediciones; sin embargo, debido a que éstos no pudieron determinarse con mucha precisión, consideramos prudente aumentar ligeramente los errores asignados a los azimuts determinados a partir de las mediciones con brújula. Es también este hecho, además del estado actual de las estructuras, al que se deben los errores relativamente grandes que asignamos a varios valores en la tabla 2.1, que presenta los datos sobre las orientaciones medidas en 2015.

Un elemento común en los templos posclásicos de la costa oriental son los llamados “agujeros de ventilación”, pequeños orificios que atraviesan los muros posteriores y/o laterales y cuyas dimensiones son de 15 por 15 cm en promedio. Como apunta Goñi (1998: 47), “su tamaño reducido en realidad no permite una circulación considerable de aire, y un espacio tan estrecho tampoco permite la entrada de luz.” También menciona la opinión de Víctor Segovia de que hayan funcionado como “líneas visuales”, por lo que cabe hacer algunos comentarios al respecto.

Los orificios en los muros laterales conforman alineamientos que son aproximadamente paralelos a los muros delanteros y traseros, mientras que los agujeros en los muros traseros se encuentran, en la mayoría de los casos, a lo largo del eje de simetría que pasa por el centro de la entrada al edificio y es aproximadamente paralelo a los muros laterales. Por lo tanto, aquellos alineamientos de este tipo que se encuentran dentro del ángulo de desplazamiento del Sol por el horizonte podrían haber facilitado las observaciones. En el caso de los agujeros en los muros laterales, podrían haberse observado los juegos de luz y sombra en el interior del edificio: al salir o ponerse el Sol en cierta fecha, la proyección de un agujero se alineó con el orificio en el muro opuesto. Por otra parte, si la estructura estaba orientada con su entrada hacia un evento solar, la fecha correspondiente pudo haberse determinado al observar que el agujero en el muro posterior estaba equidistante de las sombras que arrojaban las jambas de la entrada sobre la pared interior del muro trasero; la otra posibilidad es que el agujero indicara la posición que debió tomar el observador, para poder determinar la fecha en que el Sol apareció en medio de la entrada.

En vista de la posible función observacional de los agujeros, tomamos lecturas a lo largo de estos alineamientos y consideramos sus azimuts en la determinación de las orientaciones. Sin embargo, aunque algunos orificios pudieron haber servido para las observaciones, tal función de ninguna manera puede generalizarse, si consideramos los siguientes argumentos:

1. En varios casos un mismo edificio tiene orificios en los muros laterales y también en el trasero (p. ej. los templos de Punta Chamax, San Francisco y Tulum Playa: v. capítulo 3); parece improbable que fueran astronómicamente funcionales tanto el alineamiento norte-sur como el este-oeste. Las bases astronómicas de los alineamientos norte-sur, frecuentemente conformados por los agujeros en los muros laterales, son –en vista de los argumentos expuestos en el capítulo 2 y en otros estudios (Sánchez y Šprajc 2015: 47ss; Šprajc y Sánchez 2015: 17ss)– particularmente improbables.

2. Los ejes de varios edificios con agujeros incorporan direcciones que están fuera del ángulo del desplazamiento del Sol y de la Luna por el horizonte, pudiendo relacionarse sólo con alguna estrella (en los templos de Chakalal, el Templo de los Pelicanos de Paamul, la Estructura E-1 de Xamanhá y la Estructura A-I de Xcalacoco), por lo que los alineamientos conformados por agujeros sólo pudiesen haber servido para observaciones directas; en el caso de los agujeros en los muros laterales, el observador debería haberse colocado fuera del edificio, mirando a lo largo del par de orificios, lo cual parece ser una técnica poco plausible. Tratándose de los alineamientos formados por el agujero en el muro posterior y el centro de la entrada, el observador pudiese haberse posicionado en el fondo del edificio frente al agujero, para observar el evento celeste en medio de la puerta, pero este método no era posible en los edificios que cuentan con una columna en el centro de la entrada; tal es el caso del Templo de los Pelicanos en Paamul (figura 3.6) y la Estructura A-IV de Xcalacoco (figura 3.18), aunque esta última parece haber marcado las puestas del Sol en los solsticios, por lo que pudiese haberse observado el juego de luz y sombra (v. capítulo 3).

3. A veces el agujero en el muro posterior está evidentemente fuera del eje de simetría del edificio, siendo un ejemplo la Estructura 57 de Tulum (v. *infra*, p. 27).

Por consiguiente, aunque es posible que algunos agujeros hayan facilitado las observaciones, podemos concluir que, en la mayoría de los casos, su función no es explicable en términos astronómicos.

Cuando las alturas del horizonte a lo largo de los alineamientos, necesarias en el cálculo de las declinaciones correspondientes, no pudieron medirse en el campo, debido a que el horizonte no era visible, obtuvimos estos valores con base en el modelo digital de relieve *SRTM NASA* (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>), empleando el software *Horizon 0.11b*, desarrollado por Andrew G. K. Smith (<http://www.agksmith.net/horizon/>).²

Para las declinaciones que pueden relacionarse con el Sol (entre -23.5° y $+23.5^\circ$ aproximadamente) también determinamos las fechas del año correspondientes. El Sol alcanza una misma declinación, salvo la solsticial, dos veces al año, una vez entre el solsticio de diciembre y el solsticio de junio, cuando se desplaza hacia el norte (su declinación está creciendo), y por segunda vez en la otra mitad del año, cuando se mueve en dirección inversa (su declinación está disminuyendo); por lo tanto, a cada alineamiento, salvo a los solsticiales, le corresponden dos fechas en el horizonte oriente y dos en el horizonte poniente. Las fechas en la tabla 2.1 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 (Posclásico Tardío).³ Las fechas fueron determinadas con precisión (es decir, con la fracción del día), asumiendo que el equinoccio vernal correspondía en todos los casos a 21.0 de marzo (es decir, a 21 de marzo, fecha gregoriana, a las

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

³ 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 se determinaron para el año 1400 d.C., empleando 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>). La datación exacta de cada estructura no tiene mayor relevancia, ya que ciertas declinaciones solares corresponden a las mismas fechas del año durante al menos dos o tres siglos.

0:00 horas del Tiempo Universal). En la tabla 2.1 no se incluyen las fracciones del día en las columnas con fechas y tampoco los errores en días de cada fecha, que dependen del error de cada declinación, pero las fechas exactas y sus errores fueron considerados en los cálculos de intervalos, que separan cada par de fechas registradas en el horizonte oriente y poniente y que también se encuentran listados en la tabla, con sus respectivos errores en días (sobre los detalles del procedimiento, v. Sánchez y Šprajc 2015: 30s; Šprajc y Sánchez 2015: 8s). El cálculo de los intervalos se debe a que, de acuerdo con los estudios anteriores, las orientaciones solares marcaban fechas separadas por intervalos calendáricamente significativos (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016).

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. Los intervalos fueron calculados con precisión (es decir, con fracciones del día), tomando en consideración las fechas exactas que los delimitan y la longitud del año trópico alrededor del año 1400, calculada con base en el algoritmo presentado por Meeus y Savoie (1992: 42). Aunque los intervalos fueron calculados con precisión, también les asignamos los errores que dependen de los errores de las fechas que los delimitan; estos últimos, como ya mencionamos, no están listados, pero pueden obtenerse de los intervalos: el error de cada fecha en el par que delimita un intervalo equivale a la mitad del error del intervalo.

Los datos sobre las orientaciones medidas en 2015 se presentan y analizan en el capítulo 2. En el capítulo 3 comentamos las orientaciones particulares y otros detalles pertinentes que fueron observados en cada sitio, mientras que el capítulo 4 presenta algunos análisis basados en todos los datos disponibles sobre las orientaciones en la costa nororiental, con el objetivo de profundizar en la comprensión de los motivos astronómicos subyacentes, así como de los factores que intervenían en la localización de los edificios importantes en la región.

2 Mediciones en 2015: datos y análisis

Los datos pormenorizados sobre las orientaciones medidas en 2015 están anotados en la tabla 2.1. Todos los valores angulares se dan en grados decimales. En la primera columna de la tabla están listados los nombres de los sitios, en orden alfabético, y de las estructuras. El significado de los encabezados de las demás columnas y de las abreviaturas empleadas es el siguiente:

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

Tabla 2.1. Datos sobre las orientaciones en el área de estudio.

sitio, estructura	tipo	acceso hacia	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				
Capechén, única	T	EW	20.0819	87.4924	23.550	0.5	59.173	-59.678	115.050	0.5	0.25	NA	-23.535	0.5	NA	NA	21-dic	21-dic	0.00	365.24	22.11	NA	NA	NA	NA	
Chac Mool, Estructura B	T	W	19.5021	87.4315	-2.879	1.0	69.726	-70.863	87.287	0.4	-0.08	0.00	2.331	0.4	-2.749	0.4	26-mar	17-sep	174.68	190.57	2.05	14-mar	30-sep	164.70	200.54	2.04
Chac Mool, Estructura I	P	S	19.5016	87.4316	-1.463	0.5	69.873	-71.019	82.996	0.3	-0.08	0.00	6.373	0.3	-6.793	0.3	6-abr	7-sep	153.64	211.60	1.59	3-mar	10-oct	143.88	221.36	1.57
Chakalal, templo en la caleta	T	E	20.4942	87.2349	41.733	1.1	44.234	-44.550	132.650	1.5	0.42	0.50	-39.428	1.5	39.402	1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chamax, estructura sur	T	N	19.9448	87.4591	-20.109	3.0	61.552	-62.386	73.016	1.0	-0.08	0.00	15.697	1.0	-16.141	1.0	3-may	10-ago	98.91	266.33	6.81	4-feb	6-nov	90.20	275.04	6.65
El Altar, Estructuras I y II	P	S	20.8423	86.9030	NA	0.0	NA	NA	113.241	2.0	-0.12	0.33	-21.913	2.0	21.573	2.0	11-ene	1-dic	40.66	324.58	40.66	29-may	16-jul	47.90	317.34	47.90
El Altar, Estructuras III y IV	T	W	20.8421	86.9030	32.491	1.0	51.703	-52.332	121.241	1.0	-0.08	0.03	-29.266	1.0	28.775	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Isla Mujeres, única	T	S	21.2020	86.7109	NA	NA	NA	NA	76.993	0.5	-0.13	-0.03	11.844	1.0	-12.339	1.0	21-abr	22-ago	123.21	242.03	5.91	16-feb	26-oct	113.60	251.64	5.78
Paamul, Templo de Dos Pisos	T	S	20.5184	87.2057	25.900	2.0	57.081	-57.775	119.900	1.0	-0.08	0.08	-28.097	1.0	27.643	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Paamul, Templo de los Pelicanos	T	E	20.5148	87.2021	38.150	1.3	47.136	-47.731	128.525	1.0	-0.08	0.08	-35.976	1.0	35.482	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pistolas, única	T	W	19.9292	87.4411	18.724	0.7	62.486	-63.346	107.516	2.0	0.00	0.00	-16.639	2.0	16.231	2.0	3-feb	8-nov	86.84	278.40	13.65	5-may	8-ago	95.22	270.02	14.01
Pok Ta Pok, Estructura 1	T	W	21.1262	86.7661	41.308	1.0	44.189	-44.770	129.533	1.0	0.08	0.12	-36.634	1.0	36.228	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pok Ta Pok, Estructura 2	T	E	21.1254	86.7664	43.933	2.6	41.921	-42.480	131.183	0.7	0.05	0.10	-38.128	0.8	37.687	0.8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Punta Cancún, estructuras norte y sur	T	SE	21.1361	86.7409	4.906	0.7	67.806	-68.987	93.406	1.5	-0.08	0.17	-3.421	1.5	3.042	1.5	12-mar	2-oct	161.28	203.97	7.66	28-mar	15-sep	171.02	194.22	7.72
Punta Chamax, única	T	E	19.9263	87.4369	-13.859	1.0	65.409	-66.367	75.557	1.0	-0.08	0.00	13.323	1.0	-13.762	1.0	26-abr	18-ago	114.28	250.97	6.18	12-feb	30-oct	105.22	260.02	6.03
Recodo San Juan, única	T	E	19.8855	87.4304	24.266	2.0	58.564	-59.299	120.807	2.0	-0.08	0.00	-29.051	2.0	28.567	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
San Francisco, única	T	E	19.8717	87.4383	6.453	0.7	68.598	-69.695	96.882	0.5	-0.08	0.02	-6.701	0.5	6.281	0.5	3-mar	10-oct	144.36	220.88	2.61	6-abr	7-sep	154.13	211.11	2.65
Tancah, Estructura 44	T/P	W	20.2465	87.4150	23.219	1.0	59.311	-59.821	113.344	1.5	-0.10	0.17	-22.082	1.5	21.685	1.5	9-ene	2-dic	38.41	326.83	38.41	29-may	15-jul	46.48	318.76	19.38
Tulum, Estructura 57	T	W	20.2183	87.4271	15.475	2.0	64.958	-65.282	102.600	0.6	-0.08	0.30	-12.050	0.7	11.736	0.7	17-feb	25-oct	115.27	249.97	4.01	21-abr	23-ago	123.84	241.40	4.12
Tulum, Estructura 59	T	E	20.2197	87.4266	15.094	2.5	65.165	-65.507	105.469	0.3	-0.08	0.32	-14.734	0.5	14.425	0.5	9-feb	2-nov	99.25	265.99	3.12	29-abr	14-ago	107.33	257.91	3.22
Tulum Playa, única	T	E	20.1918	87.4401	18.550	1.0	63.237	-63.067	108.750	0.5	-0.08	0.93	-17.802	0.5	17.746	0.5	30-ene	12-nov	78.62	286.63	3.67	11-may	3-ago	84.12	281.12	3.85
Tupak, única	T	W	19.4852	87.4423	13.369	0.5	66.035	-66.996	102.431	0.5	0.00	0.00	-11.904	0.5	11.513	0.5	17-feb	24-oct	116.10	249.14	2.86	20-abr	23-ago	125.15	240.09	2.93
Vigía del Lago (Xlahpak), única	T	W	20.0672	87.5606	-8.947	1.0	67.667	-68.631	82.272	0.6	0.08	0.17	7.092	0.6	-7.385	0.6	8-abr	5-sep	149.81	215.43	3.22	2-mar	12-oct	140.78	224.47	3.16
Xamanhá, Estructura C-1	T	E	20.6188	87.0780	28.750	1.5	54.899	-55.579	119.625	2.0	-0.08	0.10	-27.825	2.0	27.378	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xamanhá, Estructura C-2	T	N	20.6188	87.0782	27.000	1.0	56.292	-56.958	115.791	1.0	-0.08	0.10	-24.290	1.0	23.855	1.0	21-dic	21-dic	0.00	365.24	15.13	22-jun	22-jun	0.00	365.24	27.75
Xamanhá, Estructura C-4a	T	E	20.6183	87.0786	22.125	0.8	59.822	-60.632	110.339	1.0	-0.08	0.10	-19.235	1.0	18.815	1.0	24-ene	18-nov	67.48	297.76	8.28	15-may	29-jul	75.53	289.71	8.40
Xamanhá, Estructura D-1	T	E	20.6154	87.0801	28.500	1.1	55.183	-55.780	118.625	0.5	-0.08	0.18	-26.905	0.5	26.501	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xamanhá, Estructura E-1	T	W	20.6135	87.0819	41.125	0.9	44.547	-45.087	130.125	2.0	-0.08	0.05	-37.395	2.0	36.871	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xamanhá, Estructura F-2	T	E	20.6147	87.0831	39.875	2.0	45.622	-46.203	128.041	1.8	-0.08	0.07	-35.513	1.8	35.010	1.8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xcalacoco, Estructura A-I	T	E	20.6630	87.0351	36.200	1.0	48.719	-49.369	131.533	1.5	-0.08	0.13	-38.647	1.5	38.159	1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xcalacoco, Estructura A-IV	T	W	20.6628	87.0349	32.825	1.1	51.508	-52.244	116.200	3.0	-0.08	0.25	-24.660	3.0	24.294	3.0	21-dic	21-dic	0.00	365.24	43.81	22-jun	22-jun	0.00	365.24	51.30
Xcalacoco, Estructura B-II	T	E	20.6635	87.0360	32.825	0.5	51.508	-52.232	121.367	0.5	-0.08	0.15	-29.417	0.5	28.986	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Xcalacoco, Estructura B-IV	T	S	20.6638	87.0357	31.783	2.0	52.353	-53.091	121.075	1.3	-0.08	0.18	-29.149	1.3	28.736	1.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Yamilum, estructura principal	T	W	21.1103	86.7606	26.746	1.5	55.987	-56.788	114.433	1.5	-0.12	0.00	-22.976	1.5	22.473	1.5	2-ene	10-dic	23.43	341.81	23.43	4-jun	9-jul	34.95	330.30	34.95

<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 el Posclásico Tardío; aunque fueron determinadas con precisión, asumiendo que el equinoccio vernal correspondía en todos los casos a 21.0 de marzo (<i>v. supra</i> , pp. 5s), en la tabla no se incluyen las fracciones del día, pero éstas fueron tomadas en cuenta en los cálculos de intervalos (<i>v. 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 (<i>v. supra</i>). Los intervalos fueron calculados con precisión (es decir, con fracciones del día), tomando en consideración las fechas exactas que los delimitan.
<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.

Azimuts

La distribución de frecuencias de los azimuts que corresponden a los ejes norte-sur y este-oeste de las estructuras medidas en 2015 se presenta en la figura 2.1. Como acabamos de explicar en los comentarios a la tabla 2.1, los azimuts norte comprenden los valores entre -45° y 45° , mientras que los azimuts este abarcan los valores de 45° a 135° . Los valores azimutales están espaciados en intervalos de 2° ; cada columna representa el número de azimuts cuyos valores se encuentran en el rango de 2° centrado en el valor indicado abajo, de manera que, por ejemplo, la columna correspondiente al valor de 23° incluye los azimuts mayores de 22° y menores de o iguales a 24° . El hecho de que la distribución de los azimuts norte no es exactamente igual a la de los azimuts este se debe a que muchos edificios no son de planta exactamente rectangular.

Como se observa en la figura 2.1, predominan las orientaciones desviadas de los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas del reloj, tendencia que se observa también en otras partes de Mesoamérica y que, según argumentamos en otros estudios (Šprajc 2001: 88ss; 2004), deriva de una combinación de consideraciones astronómicas y el simbolismo relacionado con los rumbos del mundo o partes del universo. No obstante, si consideramos que sólo 6.3% de las orientaciones de las tierras bajas mayas que analizamos previamente están desviadas en el sentido opuesto (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 1), llama la atención que, entre las estructuras medidas en 2015, son 7, o 19.4%, las que manifiestan tal desviación. El hecho podría deberse a los contactos comerciales durante el Posclásico con el área de Belice, región donde las desviaciones en el sentido opuesto al de las manecillas de reloj eran comunes desde periodos anteriores.

Declinaciones

Para poder identificar los posibles referentes astronómicos de las orientaciones, es necesario analizar las declinaciones correspondientes. Todos los cuerpos celestes que, observando desde un mismo lugar, salen/se ponen en el mismo punto del horizonte tienen la misma declinación. La

distribución de frecuencias de las declinaciones que corresponden a los azimuts se presenta en las figuras 2.2 y 2.3. De manera abreviada designaremos las declinaciones registradas en los horizontes norte, sur, este y oeste como declinaciones norte, sur, este y oeste. Los valores de declinación en la escala horizontal de cada histograma están espaciados en intervalos de 2°; cada columna representa el número de declinaciones cuyos valores se encuentran en el rango de 2° centrado en el valor indicado abajo, de manera que, por ejemplo, la columna correspondiente al valor de -3° incluye las declinaciones mayores de -4° y menores de o iguales a -2°.

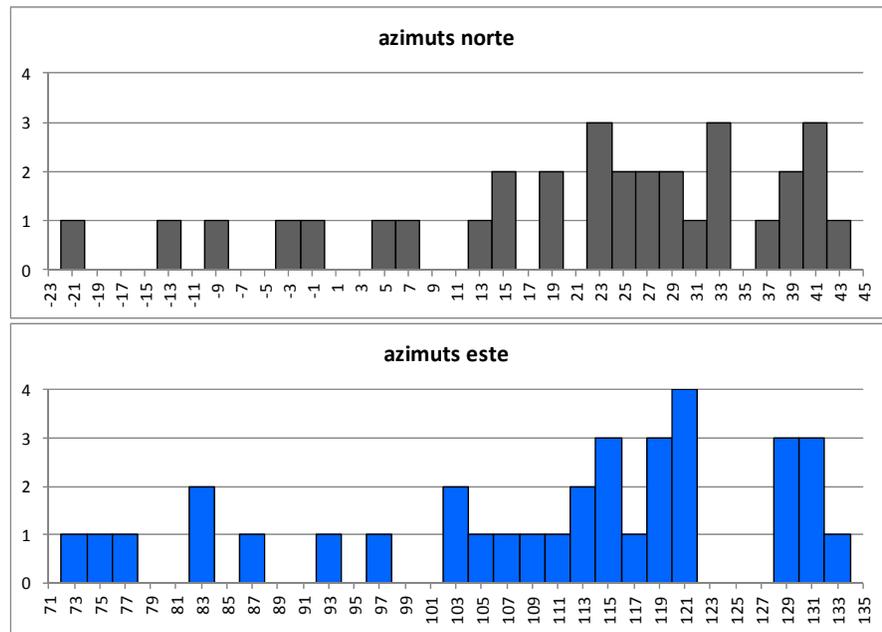


Figura 2.1. Distribución de frecuencias de los azimuts norte y este de las orientaciones.

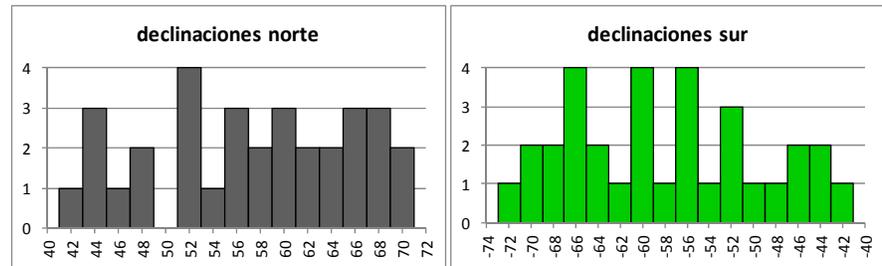


Figura 2.2. Distribución de frecuencias de las declinaciones correspondientes a los azimuts norte y sur.

Uno de los argumentos que presentamos en otro lugar (Sánchez y Šprajc 2015: 47ss) y por los que no es probable que las orientaciones fueran astronómicamente funcionales hacia el norte o el sur es que, entre las declinaciones que les corresponden en los horizontes este y oeste, predominan las que se encuentran dentro del rango de los valores que alcanza el Sol. En nuestro caso esta tendencia no es tan evidente: un número considerable de las declinaciones este y oeste rebasa los valores solares. No obstante, por los hechos que mencionamos a continuación, no trataremos de buscar posibles referentes estelares de las orientaciones en los horizontes norte y sur.

En las partes norte y sur del cielo los ángulos de intersección de las trayectorias del movimiento aparente de las estrellas con el horizonte son más pequeños que en las partes oriente y poniente, situación que tiene dos consecuencias. La primera es que las variaciones en los azimuts corresponden a diferencias menores en las declinaciones correspondientes, por lo que las

declinaciones norte y sur se encuentran dentro de un rango de valores más reducido que las este y oeste. La segunda consecuencia es que las declinaciones calculadas para los azimuts en los cuadrantes norte y sur se ven afectadas en mayor medida por las variaciones en las alturas del horizonte que las que corresponden a los azimuts en los cuadrantes este y oeste; en otras palabras, la incertidumbre respecto a la altura del horizonte a lo largo de un azimut hacia el norte o el sur corresponde a un rango de error en la declinación más grande que en el caso de un azimut hacia el este o el oeste. Considerando que los alineamientos hacia el norte o el sur sólo pueden referirse a los puntos de salida o puesta de las estrellas, hay que agregar que su altura en el momento de su (des)aparición depende del ángulo de extinción (la mínima altura angular sobre el horizonte matemático o plano horizontal, requerida para que la estrella sea visible), que varía en función de la magnitud (intensidad del brillo) de la estrella, así como de las condiciones atmosféricas concretas (cf. Schaefer 1986; 2000). 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 2.1; en promedio, el error que debemos considerar para las declinaciones norte y sur es de unos dos grados.

En vista de los hechos enumerados, cualquier intento de proponer los referentes astronómicos de los azimuts norte-sur sería especulativo. Además, cabe mencionar que en otras regiones de Mesoamérica, para las que tenemos muestras más grandes de datos, es notable la 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, en su mayoría, no eran astronómicamente funcionales hacia el norte y el sur sino hacia el oriente y el poniente.

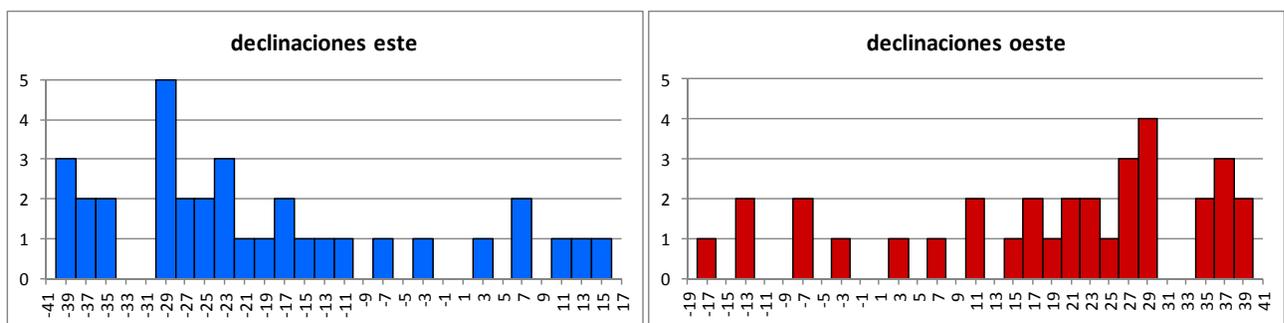


Figura 2.3. Distribución de frecuencias de las declinaciones correspondientes a los azimuts este y oeste.

Asumiendo que esta conclusión es aplicable también a las orientaciones que examinamos aquí, a continuación nos limitaremos a analizar las declinaciones este y oeste. La muestra de datos es pequeña, pero los referentes astronómicos pueden proponerse para la mayoría de las orientaciones, con base en los datos comparativos que resultaron de nuestras investigaciones anteriores.

Las orientaciones que pueden relacionarse con el Sol predominan en la muestra, pero su porcentaje (21 de las 36 orientaciones, o 58.3%) es notablemente más bajo que en otras regiones mesoamericanas, incluyendo el resto de las tierras bajas mayas (cf. Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2012; 2015; Šprajc *et al.* 2016). Habiendo tan pocos casos, no son evidentes los patrones que permitan asegurar que el propósito de estas orientaciones fuera, efectivamente,

registrar las posiciones del Sol en las fechas que les corresponden y que se encuentran listadas en la tabla 2.1. Sin embargo, tal propósito es probable, ya que –de acuerdo con lo que señalamos en el siguiente capítulo, al comentar las orientaciones particulares– varias de estas fechas son marcadas con relativa frecuencia en otros sitios de las tierras bajas mayas, e incluso en otras partes de Mesoamérica.

Las declinaciones cerca de 23.5° y -23.5° (figura 2.3) sugieren que los edificios correspondientes fueron orientados hacia las salidas y/o puestas del Sol en los solsticios. Para encontrar las orientaciones concretas que pueden relacionarse con estos eventos, hay que considerar las variaciones seculares en la oblicuidad de la eclíptica (ϵ). Tomando en cuenta los valores de ϵ en el Posclásico Tardío (entre 23.543° y 23.502°)⁴ y los errores asignados a las declinaciones (tabla 2.1), resulta que las orientaciones probablemente solsticiales son las que aparecen en la tabla 2.2, marcándose en negritas las declinaciones 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 2.1). Bajo estos criterios, la direccionalidad es indicada sólo en un caso.

Tabla 2.2.
Orientaciones que probablemente registraban las salidas o puestas del Sol en los solsticios.

sitio, estructura	acceso hacia	A_E	δ_E	error δ_E	δ_W	error δ_W
Capechén, única	EW	115.050	-23.535	0.5	NA	NA
El Altar, Estructuras I y II	S	113.241	-21.913	2.0	21.573	2.0
Tancah, Estructura 44	W	113.344	-22.082	1.5	21.685	1.5
Xamanhá, Estructura C-2	N	115.791	-24.290	1.0	23.855	1.0
Xcalacoco, Estructura A-IV	W	116.200	-24.660	3.0	24.294	3.0
Yamilum, estructura principal	W	114.433	-22.976	1.5	22.473	1.5

Otras fechas registradas por las orientaciones en la arquitectura mesoamericana comúnmente delimitan los múltiplos de 13 y de 20 días; se trata de fechas que, según los argumentos basados en diversos datos, formaban parte de calendarios observacionales que facilitaban la programación de trabajos y rituales agrícolas (cf. Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2012b; 2015; Šprajc y Sánchez 2012; 2015; Šprajc *et al.* 2016). A la luz de estas analogías es probable que también las orientaciones potencialmente solares que medimos en la costa nororiental en 2015 fueran destinadas a registrar ciertas fechas e intervalos, reflejando preocupaciones comparables.

Entre las declinaciones que están fuera del ángulo solar (figura 2.3), llaman la atención las que podrían relacionarse con los extremos de Venus o de la Luna.

Al alcanzar sus extremas declinaciones, el planeta 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; 1993b; 1996a; 1996b; 2015), los extremos de Venus exhiben (así como los demás fenómenos venusinos) patrones de ocho años. Aunque sus fechas y magnitudes varían considerablemente, todos los extremos son fenómenos estacionales, siendo particularmente interesantes los de Venus vespertino, ya que aproximadamente delimitan la época de lluvias y, por lo tanto, el ciclo agrícola en Mesoamérica; fue precisamente esta

⁴ Existen diferentes fórmulas que, con variable precisión, permiten calcular la oblicuidad de la eclíptica para los periodos pasados. Para nuestros fines es adecuada la fórmula que presenta Meeus (1991: 135). Aveni (2001: 103) y Ruggles (2015: 480, tabla 31.1) proporcionan valores pasados de la oblicuidad de la eclíptica en intervalos de 500 y 1000 años, respectivamente. También puede usarse la calculadora en línea de *PH Science Labs*: http://www.neoprogrammics.com/obliquity_of_the_ecliptic/.

coincidencia la que debe haber sido la base observacional de la ampliamente documentada asociación conceptual entre Venus, lluvia y maíz en la cosmovisión mesoamericana. Además, llama la atención la asimetría de los extremos visibles en los horizontes oriente y poniente: los extremos mayores, que ocurren en intervalos de ocho años, siempre son visibles en el cielo poniente, siendo hasta más de 3° (unos 6 diámetros del disco solar) más grandes que los de la estrella de la mañana, que nunca rebasa considerablemente los extremos solsticiales del Sol. Durante el periodo Posclásico Tardío, al que pertenecen todas las orientaciones que estamos analizando, las declinaciones máximas de Venus variaban entre 26.5° y 27.6° y las mínimas entre -26.6 y -27.85 (Šprajc 2015: fig. 34.2); al alcanzarlas, Venus siempre era visible como estrella de la tarde. Por lo tanto, entre las declinaciones cerca de $\pm 27^\circ$ en la tabla 2.1 y en la figura 2.3, sólo las positivas, marcadas en el horizonte poniente, pueden relacionarse con Venus, correspondiendo a los extremos mayores norte de la estrella de la tarde; el lucero matutino nunca alcanzó declinaciones cerca de -27° , que corresponden a este grupo de orientaciones en el horizonte oriente. Los datos sobre las estructuras cuyas orientaciones, tomando en cuenta los errores estimados de las declinaciones, podrían referirse a los extremos mayores norte de Venus vespertino se encuentran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3.
Orientaciones que podrían relacionarse con los extremos máximos norte de Venus.

sitio, estructura	acceso hacia	A_E	δ_E	error δ_E	δ_w	error δ_w
Paamul, Templo de Dos Pisos	S	119.900	-28.097	1.0	27.643	1.0
Recodo San Juan, única	E	120.807	-29.051	2.0	28.567	2.0
Xamanhá, Estructura C-1	E	119.625	-27.825	2.0	27.378	2.0
Xamanhá, Estructura D-1	E	118.625	-26.905	0.5	26.501	0.5
Xcalacoco, Estructura B-IV	S	121.075	-29.149	1.3	28.736	1.3

Otros fenómenos con los que pueden relacionarse varias orientaciones, incluyendo algunas listadas en la tabla 2.3, son los extremos o paradas mayores de la Luna, que ocurren cada 18.6 años, cuando la Luna alcanza las declinaciones de aproximadamente $\pm 28.5^\circ$. Al calcular las declinaciones de la Luna correspondientes a los alineamientos, hay que tomar en cuenta la paralaje (Hawkins 1968: 51s; Ruggles 1999: 36s), por lo que, en este caso, las declinaciones que aparecen en la tabla 2.1 aumentan unos $20'$ en promedio (en cada caso particular las diferencias varían en función de la altura del horizonte). Además, el movimiento aparente de la Luna es extremadamente complicado y sus extremos están sujetos a diversas variables (cf. Ruggles 1999: 36s, 60s; Morrison 1980; González-García 2015; Sánchez y Šprajc 2015: 59ss), por lo que, para encontrar los edificios que pudieron haber sido orientados hacia los extremos lunares mayores, consideramos prudente 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 alcanzados por la Luna durante el Posclásico Tardío (entre $\pm 28.688^\circ$ y $\pm 28.647^\circ$), obtuvimos las orientaciones listadas en la tabla 2.4, marcándose en negritas las declinaciones que, bajo estas consideraciones, podrían referirse a los extremos mayores de la Luna. Podemos ver que, debido a los posibles errores, cada una de estas orientaciones puede relacionarse con el extremo norte en el horizonte poniente o con el extremo sur en el oriente.

Puesto que las diferencias entre las declinaciones que alcanzan la Luna y Venus en sus extremos mayores son relativamente pequeñas (v. *supra*), las orientaciones de varias estructuras, por no poder determinarse con precisión, son compatibles con los extremos mayores tanto de la Luna como de Venus (tablas 2.3 y 2.4). En el resto de las tierras bajas mayas, así como en otras partes de Mesoamérica, se han identificado las orientaciones hacia los extremos de ambos astros

(Šprajc 1996a; 2001; Šprajc 2009; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016). No obstante, para la mayoría de las orientaciones listadas en las tablas 2.3 y 2.4 es más probable el referente lunar, ya que la diferencia entre los promedios de las declinaciones lunares este y oeste en la tabla 2.4 (-28.423° y 28.726° , respectivamente) y los valores medios de las declinaciones máximas y mínimas de la Luna en el Posclásico Tardío (aprox. $\pm 28.67^\circ$) es menor que la diferencia entre el promedio de las declinaciones oeste en la tabla 2.3 (27.765°) y el valor medio de las declinaciones máximas que alcanzaba Venus en el mismo periodo (aprox. 27.05°). Además, las orientaciones que corresponden a los extremos mayores de la Luna, identificadas anteriormente en el curso de nuestra investigación (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016), presentan la mayor concentración precisamente en la costa nororiental de la península de Yucatán. Tal hecho no sorprende, si recordamos que las evidencias de distintos tipos atestiguan la popularidad del culto a la diosa Ixchel en la región, sobre todo durante el Posclásico; estos datos, así como los que reflejan las asociaciones de la diosa con la Luna, fueron discutidos en otros estudios (Šprajc 2009; Sánchez y Šprajc 2015: 62s).

sitio, estructura	acceso hacia	A_E	δ_E lunar	error δ_E lunar	δ_w lunar	error δ_w lunar
El Altar, Estructuras III y IV	W	121.241	-28.881	1.5	29.161	1.5
Paamul, Templo de Dos Pisos	S	119.900	-27.722	1.5	28.019	1.5
Recodo San Juan, única	E	120.807	-28.685	2.5	28.936	2.5
Xamanhá, Estructura C-1	E	119.625	-27.450	2.5	27.755	2.5
Xcalacoco, Estructura B-II	E	121.367	-29.035	1.0	29.369	1.0
Xcalacoco, Estructura B-IV	S	121.075	-28.768	1.8	29.117	1.8

Otros momentos significativos de los ciclos lunares son las paradas o extremos menores, que también ocurren en intervalos de 18.6 años, pero en estos instantes el astro alcanza declinaciones cerca de $\pm 18.5^\circ$. Para encontrar los edificios que pudieron haber sido orientados hacia estos fenómenos, 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 seleccionamos las que, tomando en cuenta estos errores, están dentro del rango de valores entre $\pm 18.398^\circ$ y $\pm 18.357^\circ$, alcanzados por la Luna en sus extremos menores durante el Posclásico Tardío. De este modo obtuvimos dos orientaciones, listadas en la tabla 2.5, marcándose en negritas las declinaciones que, bajo estos criterios, podrían referirse a los extremos menores de la Luna. 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 mayores, ya que su otro referente astronómico podría haber sido el Sol.

sitio, estructura	acceso hacia	A_E	δ_E lunar	error δ_E lunar	δ_w lunar	error δ_w lunar
Tulum Playa	E	108.750	-17.460	1.0	18.085	1.0
Xamanhá, Estructura C-4a	E	110.339	-18.882	1.5	19.169	1.5

Como se observa en los histogramas en la figura 2.3, un grupo de orientaciones corresponde a las declinaciones entre aproximadamente -35° y -39° en el horizonte oriente y entre 35° y 39° en el horizonte poniente. Para las orientaciones que estudiamos anteriormente y que señalan las declinaciones dentro de estos rangos, propusimos que podrían referirse a los puntos de orto/ocaso de Fomalhaut, estrella α de la constelación Pez Austral o *Piscis Austrinus* (Sánchez y Šprajc 2015:

67ss, tabla 6). Los resultados de las mediciones en 2015 no ofrecen un apoyo decisivo a esta hipótesis: puesto que todos los edificios que medimos son del Posclásico Tardío, el rango amplio de las declinaciones que les corresponden resulta desconcertante, ya que difícilmente podemos explicarlo con los efectos de la precesión de esta estrella. Al analizar todos los datos sobre las orientaciones en la costa nororiental, en el capítulo 4, volveremos a discutir el problema.

3 Comentarios sobre orientaciones particulares

A continuación se discuten las orientaciones en cada uno de los sitios estudiados en 2015. Los sitios, todos localizados en el estado de Quintana Roo (figura 1.1), aparecen en orden alfabético. Basándonos en los análisis presentados en el capítulo anterior, proponemos para cada orientación sus posibles referentes astronómicos y, de estar disponibles, también mencionamos los datos comparativos que apoyan la interpretación propuesta. Asimismo nos referimos a las interpretaciones que sobre algunas orientaciones fueron proporcionadas por otros investigadores. No repetimos los datos pormenorizados sobre cada orientación, ya que éstos se encuentran en la tabla 2.1. Si en un sitio dos o más edificios adyacentes comparten la misma orientación, ésta fue considerada en los análisis como un solo alineamiento; en estos casos escogimos como relevante la estructura que parece ser la más idónea para las observaciones astronómicas, asumiendo que su orientación fue rectora en el conjunto y que las de las estructuras aledañas fueron ajustadas a ella, sin que fueran observacionalmente funcionales por sí mismas. Sin embargo, si varios edificios en un sitio comparten la misma orientación, tal hecho sugiere su importancia, por lo que en el presente capítulo llamamos la atención a estos casos.

Capechén

El sitio consiste en un pequeño templo que se ubica en la laguna de Capechén, inmediatamente al oriente de un islote y con su parte inferior sumergida en el agua (Andrews 1983: 20; Andrews y Vail 1990: 48, cuadro VIII). Sus dos puertas se localizan en los lados oriente y poniente. Su orientación, que por la cercanía del islote probablemente no era funcional hacia el poniente (figura 3.1) corresponde a los ortos solares en el solsticio de diciembre (tablas 2.1 y 2.2).

Chac Mool

Se trata de un sitio relativamente grande con varias estructuras (Gann 1924: 77ss; Lothrop 1924: 160ss, 173, figs. 173 a 181, lám. 27: b, c; Andrews y Vail 1990: 49, cuadro IX; Terrones González 2004; Blanco *et al.* 1999). Aunque el asentamiento parece haberse conformado en el Posclásico Temprano, los edificios cuyas orientaciones medimos –Estructuras B, C e I– pertenecen al Posclásico Tardío (Terrones González 2004: 360). La Estructura B es un templo construido sobre un basamento piramidal y con dos columnas en la entrada que mira hacia el poniente; el azimut este, medido a lo largo del eje de simetría definido por las dos columnas y las jambas de los dos muros interiores (figura 3.2), corresponde a las puestas del Sol el 14 de marzo y el 30 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 (= 10×20) días. La orientación de la adyacente Estructura C es similar, pero posiblemente no era funcional, a juzgar por la baja altura del edificio. La Estructura I, un palacio alargado con acceso en el lado norte y con restos de una sala hipóstila en su parte superior, está orientada hacia las puestas del Sol el 3 de marzo y el 10 de octubre, separadas por 221 (= 17×13) días y señaladas también por el templo de San Francisco, aunque en el horizonte oriente (*v. infra*, y tabla 2.1).

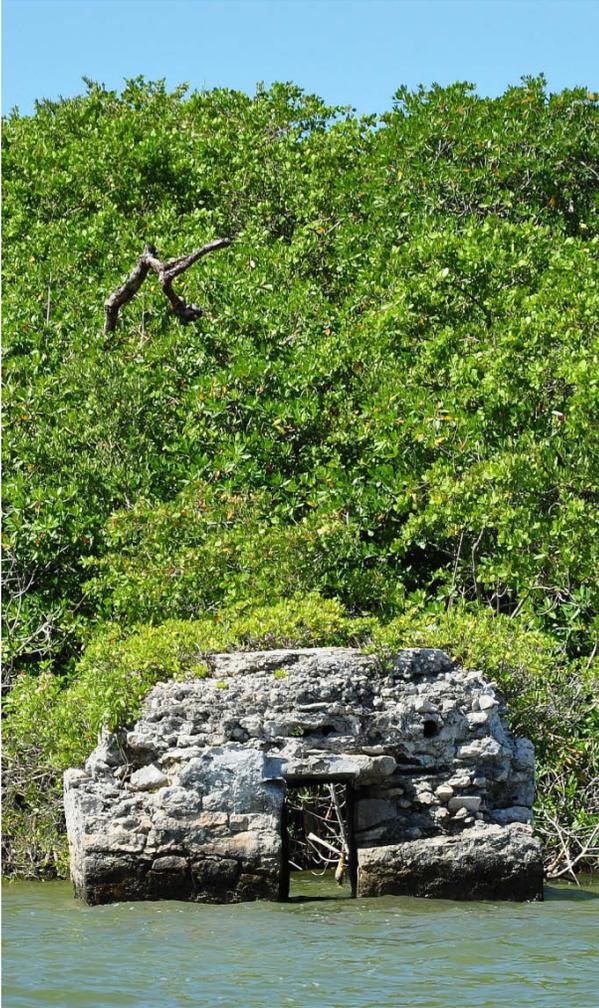


Figura 3.1. Capechén, templo, vista hacia el poniente.

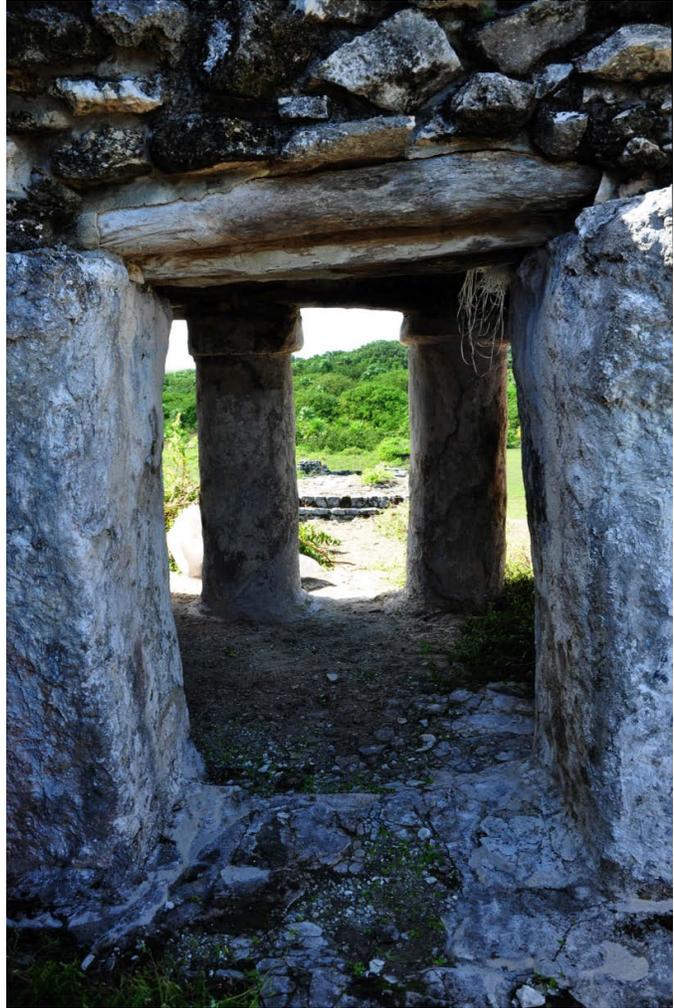


Figura 3.2. Chac Mool, Estructura B, vista desde el interior del santuario superior hacia el poniente.

Chakalal

En este sitio medimos la orientación del templo en la caleta (figura 3.3; Sanders 1955: 204; Andrews y Andrews 1975: 81ss, figs. 102 a 104; Andrews 1976; Andrews y Vail 1990: 48, cuadro VIII), llamada Yochac por Peissel (1964: 79ss). La orientación sólo podría relacionarse con alguna estrella o asterismo (v. capítulo 4). Sletteland (1985: 119s, fig. 54) obtuvo azimuts parecidos a los nuestros, relacionándolos con los puntos de salida y puesta de la estrella Deneb.

Chamax

Las dos estructuras principales, ambas sobre basamentos piramidales, se encuentran en un avanzado estado de deterioro. Una es de tipo palaciego, con dos cuartos y dos puertas en el lado poniente; la otra es un templo, ubicado inmediatamente al suroeste y mirando con su acceso hacia el norte (Peissel 1964: 183ss; Andrews 1983: 18, 20). La orientación sólo pudo determinarse para este último edificio; es posible que marcara las salidas del Sol el 3 de mayo y el 11 de agosto,

separadas por un intervalo de 100 ($= 5 \times 20$) días, o las puestas en las fechas 5 de febrero y 6 de noviembre, con un intervalo intermedio de 91 ($= 7 \times 13$) días (tabla 2.1). Uno u otro par de fechas parece haber sido señalado también por la Estructura C5-1-a de La Palma, en la isla de Cozumel, y la Estructura 9K-1 (Templo 8) de Muyil (Sánchez y Šprajc 2015: 164, 167s, tabla 19).



Figura 3.3. Chakalal, templo en la caleta, vista hacia el noroeste.

El Altar

En este sitio medimos las estructuras que delimitan una plaza por los lados norte y oriente (Andrews 1981; 1986; Andrews y Vail 1990: 47, cuadro VII; Con Uribe 2005: 25). La numeración que empleamos corresponde a la de Andrews (1981). En el costado norte de la plaza se ubica una plataforma con restos de dos escalinatas de acceso en el lado sur y con las Estructuras I y II en su parte superior; de éstas sólo se conservan segmentos de sus muros frontales (sur), a los que corresponde el azimut este en la tabla 2.1. Es posible que ambos edificios fueran orientados hacia las posiciones solsticiales del Sol (tabla 2.2). Otra plataforma, en forma de L, se sitúa en el lado oriente de la plaza, sosteniendo los restos de las Estructuras III y IV, dos pequeños templos abiertos con sus accesos hacia el poniente; su orientación corresponde a los extremos mayores de la Luna (tablas 2.1 y 2.4). Las Estructuras V y VI, localizadas inmediatamente al suroeste y sobre la misma plataforma, están muy deterioradas, pero parecen haber tenido la misma orientación.

Isla Mujeres

De los vestigios prehispánicos que estaban cerca de la punta sur de la isla (Holmes 1895: 57ss, figs. 13 a 16, lám. III; Gann 1924: 146; Lothrop 1924: 148s, figs. 155 a 157), sólo se conserva una parte de

la estructura más grande; se trata de un templo, con el acceso desde sur. Después de haber sido casi totalmente destruido por el huracán Gilberto, en 1988, el templo fue parcialmente restaurado, pero cabe señalar que todos los muros del templo se habían derrumbado, conservándose *in situ* sólo una parte de la alfarda poniente de la escalinata de acceso (figura 3.4; Goñi 1999). Es indudablemente por ello que los muros reconstruidos norte y sur del edificio manifiestan azimuts que difieren por más de 6° (aprox. 70.5° y 77° , respectivamente) y el muro oeste, con el azimut de aprox. 165.3° , no es perpendicular a ninguno de los anteriores. Pese a ello medimos el azimut de la fachada sur, ya que un segmento de su arranque está cubierto de lo que parece ser el estuco original. Si el azimut medido no dista mucho del original, posiblemente la orientación marcaba las salidas del Sol el 20 de abril y el 23 de agosto, separadas por un intervalo de 240 (= 12×20) días (tabla 2.1) y al parecer registradas también –aunque en el horizonte opuesto– por la Estructura 57 de Tulum, el templo de Tupak (v. *infra*) y la Estructura 22 de El Rey (Sánchez y Šprajc 2015: 155s, tabla 1). Sin embargo, en vista de los problemas de restauración, es prudente considerar la posibilidad de que la orientación original fuera notablemente diferente.



Figura 3.4. Isla Mujeres, templo en la punta sur, vista hacia el norte.

Antes del colapso del templo, Sletteland (1979) midió las líneas visuales a lo largo de los orificios que estaban en los muros norte y oeste del templo, proponiendo sus posibles referentes astronómicos (extremos menores de la Luna, posiciones del Sol en los solsticios o días del paso cenital, posiciones de algunas estrellas). Además de que el mismo autor fue prudente en asignar los posibles errores a sus alineamientos, en actualidad, desde luego, no es posible verificar sus mediciones e hipótesis.

Paamul

Las orientaciones pudieron determinarse para los edificios que Sanders (1955: 204ss, 218, figs. 20 y 22; 1960: 199, fig. 14: g-i), quien divide este sitio en dos –Palmol (o Paalmul) y Palmol Playa–, designa como Templo 1 de Palmol y Estructura (o Templo) 2 de Palmol Playa, al parecer reservando tácitamente el número 1 para la estructura principal de este último sitio, una pirámide de planta ovalada conocida localmente como El Castillo. Mientras que los dos últimos edificios (de Palmol Playa) se encuentran a unas decenas de metros de la orilla del mar, Palmol no se localiza a 1.5 km tierra adentro, como afirma Sanders (1955: 204s), sino a unos 600 m. En virtud de que evidentemente se trata de un mismo asentamiento, uno de los más extensos en la parte central de la costa (Andrews 1976; Andrews y Andrews 1975: 77ss; Andrews y Vail 1990: 48, cuadro VIII), y para evitar las confusiones (como la de Aveni y Hartung, *v. infra*), preferimos sustituir los números asignados a las estructuras por Sanders con nombres más descriptivos: el Templo 1 de Palmol lo designamos como Templo de Dos Pisos, al Templo 2 de Palmol Playa nos referimos con el nombre Templo de los Pelícanos, sugerido por Andrews y Andrews (1975: 81) en alusión a los motivos de estuco que decoraban la fachada del edificio (actualmente desaparecidos), en tanto que para la pirámide de planta ovalada conservamos el nombre Castillo.



Figura 3.5. Paamul, Templo de Dos Pisos, vista hacia el noreste.

El Templo de Dos Pisos tiene en su nivel inferior un edificio interior, que al parecer corresponde a la primera etapa constructiva y al que posteriormente fue agregado un pasillo que lo rodeaba por los lados oeste, sur y este y del cual sólo se conserva un segmento en el lado sur, donde se encuentra la entrada con una columna central; también se conservan partes del edificio superior con sus cuatro vanos (figura 3.5). Al consultar la descripción y las ilustraciones de Sanders (1955: 205s, fig. 22; 1960: fig. 14: g, h), podemos constatar que desde su visita el edificio ha sufrido un deterioro considerable. Su orientación corresponde a los extremos mayores de la Luna, pero también es compatible con los extremos mayores norte de Venus vespertino (tablas 2.1, 2.3 y 2.4).

El Templo de los Pelícanos, construido sobre una plataforma y cuya entrada, mirando hacia el oriente, está dividida por una columna (figura 3.6; cf. Sanders 1955: 222, fig. 20; 1960: fig. 14: i), posee una orientación diferente (tabla 2.1), quizá relacionada con alguna estrella o asterismo (v. capítulo 4).



Figura 3.6.
Paamul, Templo
de los Pelícanos,
vista hacia el
noroeste.

A unos 50 m al suroeste del Templo de los Pelícanos se ubica El Castillo, la pirámide que en su parte superior tenía un santuario en dos niveles y de planta redonda, orientado con su entrada hacia el noroeste (Pollock 1936: 115s, fig.39), del cual en la actualidad no quedan huellas. Aveni y Hartung (1978: 10s) proporcionan para un muro que todavía observaron en la parte superior el azimut de 303° ($302^{\circ}52'$ en Aveni y Hartung 1986: 77, tabla 1) y proponen que podría relacionarse con los extremos mayores de la Luna o de Venus; también mencionan que encontraron “otra estructura uno y medio kilómetros tierra adentro (estructura No. 2 de Sanders)”, cuyo “eje principal estaba orientado casi exactamente como el edificio redondo ($31^{\circ}52'$ al sur oeste)” (Aveni y Hartung 1978: 10). La referencia al “sur oeste” es evidentemente errónea, ya que en otro lugar (Aveni y Hartung 1986: 77, tabla 1) atribuyen a este edificio el azimut de $301^{\circ}54'$. Puesto que este valor no corresponde a la cercana Estructura 2 de Palmol Playa de Sanders (Templo de los Pelícanos), pero es similar al azimut este-oeste que determinamos para el Templo de Dos Pisos (Templo 1 de Palmol de Sanders), no cabe duda de que Aveni y Hartung (retomando de Sanders la distancia equivocada de 1.5 km, v. *supra*) en realidad se refieren a este último edificio, confusión que fue notada ya por Sletteland (1985: 119, fig. 53). Los únicos elementos expuestos que pudimos medir en El Castillo son algunos peldaños de la escalinata, que tienen azimuts cerca de 38° , sugiriendo una orientación parecida a la que manifiesta el cercano Templo de los Pelícanos (tabla 2.1). Sin embargo, es posible que el muro en la parte superior, medido por Aveni y Hartung, materializara la orientación intencionada con mayor fidelidad. De ser así, la orientación, parecida a la del Templo de Dos Pisos, hubiera sido compatible con los extremos mayores de la Luna.

Pistolas

Se trata de un templo aislado de planta rectangular, pero con un santuario interior de planta ovalada y con el acceso del lado poniente; al parecer se trata de dos etapas constructivas (figura 3.7; Andrews 1983: 20s, fig. 2). La orientación puede relacionarse con el Sol y tal vez marcaba las mismas fechas que la estructura sur de Chamax, aunque en horizontes opuestos (*v. supra*, y tabla 2.1).



Figura 3.7. Pistolas, templo, vista hacia el oriente.

Pok Ta Pok

Las Estructuras 1 y 2 que componen el sitio son dos pequeños templos parcialmente conservados (Mayer 2015; Andrews y Vail 1990: 50, cuadro X; Con Uribe 2005: 22), el primero con el acceso en el lado poniente y el segundo en el oriente. Sus orientaciones son similares (tabla 2.1), posiblemente relacionadas con alguna estrella o asterismo (capítulo 4).

Punta Cancún (Punta Ni'Kú)

Se trata de dos estructuras parcialmente conservadas (Vargas Pacheco 1978: 100, fig. 2; Andrews y Vail 1990: 50, cuadro X; Con Uribe 2005: 29), aparentemente pequeños adoratorios, uno con acceso del lado sur y el otro, inmediatamente al norte, del lado oriente. La orientación que parecen compartir los dos edificios posiblemente marcaba las salidas del Sol en las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, separadas por 160 (= 8×20) días (tabla 2.1) y señaladas por diversas estructuras en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 7); la otra posibilidad, en vista del posible error de la orientación, es que las fechas registradas fueran 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 (= 10×20) días y marcadas también por la Estructura B de Chac Mool, aunque en el horizonte poniente (*v. supra*).

Punta Chamax (Punta San Juan)

Se trata de un templo de planta rectangular, con la entrada desde el oriente. Arriba de la moldura que rodea la parte superior se conservan nichos con elementos de decoración geométrica (figura 3.8; Peissel 1964: 187s; Andrews 1983: fig. 5). El azimut este en la tabla 2.1, que representa el valor medio de los azimuts medidos a lo largo de los muros laterales norte y sur del edificio y a lo largo de la línea que conecta el centro de la entrada con el orificio en el muro posterior, corresponde a las puestas del Sol en las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, separadas por 260 días, lo que posiblemente no es casual, ya que este par de fechas es marcado por el grupo más difundido de orientaciones en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: 73ss, tablas 7 y 8). Sin embargo, considerando que el edificio mira con su entrada hacia el oriente y que el eje de simetría definido por el centro de la entrada y el agujero en el muro trasero tiene el azimut de $74.4^\circ \pm 0.5^\circ$ (la declinación correspondiente es $14.4^\circ \pm 0.5^\circ$), quizá sea aún más probable que el alineamiento fuera destinado a registrar los ortos solares en las fechas 30 de abril y 13 de agosto, que también delimitan un intervalo de 260 días y son señaladas por diversos edificios mesoamericanos, con particular frecuencia en el centro de México (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016).



Figura 3.8. Punta Chamax, templo, vista hacia el poniente.

Recodo San Juan

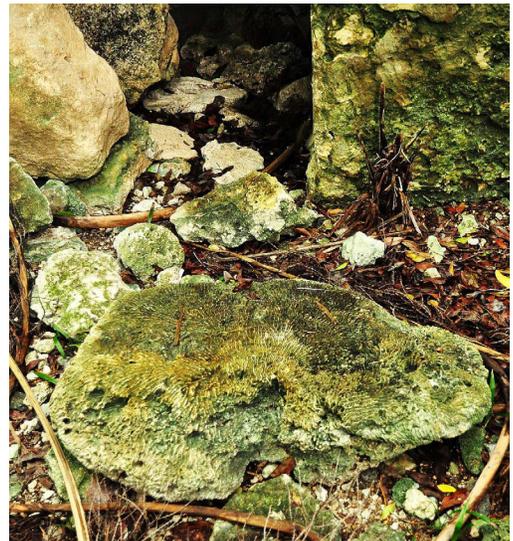
El sitio consta de un templo aislado de planta ovalada, con el acceso del lado oriente (figura 3.9). Como hicieron notar Peissel (1964: 191ss) y Andrews (1983: 20, fig. 4), el edificio tenía en su interior una masiva cabeza de coral, más grande que la puerta, por lo que el adoratorio debió ser erigido alrededor del fósil, evidentemente debido a su significado ritual. En la actualidad el bloque de coral ya no está entero; sus fragmentos se encuentran tanto dentro como fuera del edificio, frente a la entrada (figura 3.10). Debido a la planta ovalada del edificio, su orientación no se puede establecer

con mucha precisión, pero aproximadamente corresponde a los extremos mayores de la Luna, aunque también podría relacionarse con los extremos mayores norte de Venus vespertino (tablas 2.1, 2.3 y 2.4).



Figura 3.9.
Recodo San Juan, templo, vista hacia el poniente.

Figura 3.10.
Recodo San Juan, fragmentos del bloque de coral en el interior (izquierda) y enfrente del templo (derecha).



San Francisco

Se trata de un templo aislado, de planta rectangular y con la entrada desde el oriente. Entre las dos molduras que adornan la parte superior se conservan nichos con elementos geométricos similares

a los del templo en Punta Chamax (Andrews 1983: fig. 5). El azimut este en la tabla 2.1, medido a lo largo del eje que conecta el centro de la entrada y el agujero en el muro posterior, es prácticamente idéntico al promedio de los azimuts medidos a lo largo de los muros laterales norte y sur, correspondiendo a las salidas del Sol en las fechas 3 de marzo y 10 de octubre, separadas por 221 (= 17×13) días y registradas también por la Estructura I de Chac Mool, aunque en el horizonte opuesto (tabla 2.1). Las orientaciones que tienden a marcar estas fechas en el horizonte oriente son relativamente comunes en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: figura 9).

Tancah

Mientras que las Estructuras 1, 6, 10 y 12 de Tancah, que se ubican al oriente de la carretera Tulum – Cancún, habían sido medidas en la temporada 2010 de nuestro proyecto (Sánchez y Šprajc 2011a; 2015: 186s), en 2015 medimos la Estructura 44, un edificio palaciego con restos de pintura mural, localizado al poniente de la carretera (Miller 1982: 13ss). Es probable que marcara los ortos solares en el solsticio de diciembre (tablas 2.1 y 2.2), a los que también corresponde la orientación de la Estructura 6 de este sitio (Sánchez y Šprajc 2015: 186).

Tulum

Los edificios principales de Tulum fueron medidos con anterioridad (Sánchez y Šprajc 2015: 200ss). En 2015 sólo medimos las Estructuras 57 y 59, dos templos costeros ubicados al norte del núcleo amurallado del sitio, el primero con su acceso desde el poniente y el segundo desde el oriente (Lothrop 1924: 118s, figs. 111 a 113).



Figura 3.11.
Tulum,
Estructura 59,
vista hacia el
poniente.

La Estructura 57 tiene en su muro posterior un agujero ostensiblemente desplazado del eje de simetría este-oeste del edificio (*cf.* Lothrop 1924: 118, fig. 111), por lo que el alineamiento que conecta el orificio con el centro de la entrada no fue tomado en consideración en la determinación de la orientación (*cf.* capítulo 1, pp. 4s). El edificio al parecer registraba las puestas del Sol el 20 de abril y el 23 de agosto, separadas por un intervalo de 240 (= 12×20) días y marcadas también por el templo de Tupak (*v. infra*, y tabla 2.1) y la Estructura 22 de El Rey (Sánchez y Šprajc 2015: 156). Posiblemente también el templo en la punta sur de Isla Mujeres señalaba las mismas fechas, pero en el horizonte oriente (*v. supra*). La Estructura 59 (figura 3.11), conocida también como Templo de la Nauyaca (Goñi 1998: 56), probablemente marcaba los ortos solares en las fechas 9 de febrero y 1 de noviembre, separadas por 100 (= 5×20) días y registradas por varias orientaciones en el área maya y el centro de México (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2001).

Tulum Playa

Se trata de un templo costero aislado, orientado con su entrada hacia el oriente (figura 3.12; Lothrop 1924: 120, fig. 114). Posiblemente marcaba los extremos menores de la Luna, o tal vez los ortos solares en las fechas 29 de enero y 12 de noviembre, separadas por 78 (= 6×13) días (tablas 2.1 y 2.5). Llama la atención que con los mismos fenómenos puede relacionarse también la Estructura 35 (Casa del Cenote) de Tulum (Sánchez y Šprajc 2015: 206).



Figura 3.12.
Tulum Playa,
templo, vista
hacia el oriente.

Tupak

El sitio consiste en un templo aislado, situado entre los manglares y lagunas a poco más de 2 km al suroeste del sitio de Chac Mool (*v. supra*). El edificio, con restos de pintura mural, está orientado con su fachada principal hacia el poniente (figura 3.13; Peissel 1964: 208ss; Andrews y Vail 1990: 49, cuadro IX; Con Uribe 2005: 28). El azimut este en la tabla 2.1 corresponde al eje de simetría definido

por las dos columnas de la entrada y las jambas de dos muros interiores, registrando las puestas del Sol el 20 de abril y el 23 de agosto, con un intervalo intermedio de 240 (= 12×20) días. Recordemos que las mismas fechas parecen haber sido marcadas por la Estructura 57 de Tulum y, posiblemente, por el templo en Isla Mujeres, aunque en este caso en el horizonte oriente (v. *supra*).



Figura 3.13.
Tupak, templo,
vista hacia el
oriente.



Figura 3.14.
Vigía del Lago,
templo, vista
hacia el oriente.

Vigía del Lago (Xlahpak)

Se trata de un templo aislado, orientado con su acceso hacia el poniente (figura 3.14) y localizado cerca del extremo noreste de la laguna de Xlahpak o Chunyaxché, en la orilla sur del canal que

conecta esta laguna con la de Boca Paila, hacia el oriente (Andrews 1983: 22; Witschey 2008). El eje de simetría este-oeste del edificio, al que corresponde el azimut este en la tabla 2.1, es claramente marcado por las columnas en la entrada y las jambas de dos muros interiores, pasando también por el agujero en el muro posterior del edificio. La orientación muy probablemente marcaba las puestas del Sol el 1 de marzo y el 12 de octubre, separadas por un intervalo de 140 (= 7×20) días y registradas por varios edificios en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 7).

Xamanhá (Playa del Carmen)

Los grupos arquitectónicos que se han reportado como pertenecientes al sitio denominado Playa del Carmen o Xamanhá –siendo éste el nombre del antiguo asentamiento– se ubican en la ciudad moderna de Playa del Carmen y en el adyacente complejo residencial y vacacional de Playacar. Los edificios que medimos forman parte de los Grupos C, D, E y F, todos dentro del área de Playacar (Andrews y Andrews 1975: 76ss, figs. 89, 97 a 100; González de la Mata 1984; González de la Mata y Trejo 1981; Trejo y González de la M. 1993; Silva y Hernández 1991; Goñi 1992; 1998; Sletteland 1985: 74ss). A juzgar por la distribución aparentemente continua de vestigios arqueológicos, es posible que también el sitio de Xcaret, donde realizamos las mediciones en 2010 (Sánchez y Šprajc 2015: 211), formara parte del mismo asentamiento (Andrews 1986: 7).



Figura 3.15.
Xamanhá,
Estructura C-1,
vista hacia el
poniente.

La Estructura C-1, ubicada en el grupo más importante, rodeado por una muralla, es la más grande del sitio (Goñi 1998: 68ss, fig. 15, foto 19). Se trata de un templo complejo con la entrada hacia el oriente y un aposento interior (figura 3.15). El azimut este en la tabla 2.1 corresponde a las jambas del vano de acceso al santuario interior y es aproximadamente perpendicular a las fachadas oriente y poniente del edificio (los muros norte y sur tienen azimuts divergentes); este azimut puede relacionarse con los extremos mayores norte de Venus en el horizonte poniente o, con mayor probabilidad, con los extremos mayores de la Luna (tablas 2.1, 2.3 y 2.4). Cabe mencionar

que la entrada al edificio contaba con dos columnas, de las que se conserva la septentrional, mientras que de la otra sólo queda un cilindro (figura 3.15); si éste permanece *in situ*, la línea con la que podemos conectar el punto central entre las dos columnas y el punto central de la entrada al santuario interior tiene el azimut de aproximadamente 114.5°, que correspondería a las salidas del Sol en el solsticio de diciembre. Con estos eventos relaciona la orientación Sletteland (1985: 108, 156, tabla 3, figs. 23, 25 y 26), aunque proporciona para la perpendicular a la fachada el azimut de 117°. Siendo poco probable que el cilindro referido esté *in situ*, y a juzgar por los azimuts que presentan los muros del edificio, la intencionalidad del alineamiento solsticial resulta improbable. Considerando que durante las excavaciones fue rescatada una efígie del dios descendente de estuco pintado, que originalmente adornaba la fachada del edificio (González de la Mata 1984: 159), recordemos que esta deidad aparece en la página 58 del Códice Dresden, llevando un glifo de Venus en su cabeza, pero también es innegable su relación con la Luna, ya que la página referida forma parte de la tabla lunar, o de eclipses. También la Estructura 25 de Tulum, orientada hacia los extremos mayores de la Luna, cuenta con una imagen del dios descendente (Sánchez y Šprajc 2015: 202ss). La inscripción que estaba pintada en el dintel de la entrada al santuario interior de la Estructura C-1 de Xamanhá se ha interpretado como una fecha en la Cuenta Corta, siendo sus posibles equivalentes en la Cuenta Larga 10.7.12.8.0 1 Ahau 8 Yax o 11.7.14.0.0 1 Ahau 8 Zac (Mayer 1978; Riese 1978; Hartig 1979). Ninguna de las dos fechas, que corresponden al 16 de junio de 980 y al 1 de abril de 1376, respectivamente (fechas gregorianas, según la constante de correlación 584285), coincide con las posiciones extremas de la Luna.

La orientación de la Estructura C-2, un pequeño templo situado a unos metros al poniente de la Estructura C-1 y con su entrada del lado norte (Goñi 1998: 71, foto 20), corresponde a las posiciones del Sol en los solsticios (tablas 2.1 y 2.2), como también constata Sletteland (1985: 108, 156, tabla 3, figs. 23, 27 y 28).



Figura 3.16.
Xamanhá,
Estructura C-4,
vista hacia el
poniente.

Más hacia el sur se localiza la Estructura C-4, una plataforma que sostiene dos templos parcialmente derruidos, orientados con sus frentes hacia el mar (figura 3.16). El más grande, la Estructura C-4a, erigida en el lado sur de la plataforma, es un templo complejo con un santuario

interior (Goñi 1998: 72s, fig. 18, foto 22); probablemente marcaba los extremos menores de la Luna (tablas 2.1 y 2.5). La adyacente Estructura C-4b parece tener la misma orientación. Sletteland (1985: 108, 157, tabla 3, figs. 23 y 24) designa las Estructuras C-4a y C-4b como Estructuras C-V y C-IV, respectivamente, relacionando la primera con los extremos menores de la Luna y la segunda con los solsticios.

La orientación de la Estructura D-1, un templo complejo erigido sobre una plataforma basal (Goñi 1998: 75ss, fig. 21, foto 25), podría relacionarse con los extremos máximos norte de Venus vespertino (tablas 2.1 y 2.3), pero el acceso al edificio se ubica del lado oriente.

La Estructura E-1 es un templo construido sobre el lado oriente de una gran plataforma y con acceso en el lado poniente (Goñi 1998: 77ss, fig. 22, foto 26). Su orientación, posiblemente relacionada con alguna estrella o asterismo (tabla 2.1, capítulo 4), es parecida a la que manifiestan la Estructura F-2 (*ibid.*: 80s, figs. 24 y 25, foto 28) y otras dos del Grupo F, ubicado a poca distancia hacia el noroeste. Cabe mencionar que, aunque la Estructura E-1 es un templo del Posclásico Tardío, la construcción de la plataforma que lo sostiene parece datar del Preclásico Tardío (Trejo y González de la M. 1993: 351s).

Es probable que no todos los edificios de Xamanhá tuvieran orientaciones astronómicamente funcionales, pero tal vez no es casual que las calles actuales de Playa del Carmen manifiestan desviaciones entre aproximadamente 30° y 34° de los rumbos cardinales, muy semejantes a las que midió Sletteland (1985: 105ss, 156, tabla 3) en los Grupos A y B.

Xcalacoco

El sitio es relativamente extenso, pero los datos publicados son escasos (Andrews 1986; Andrews y Vail 1990: 47, tabla VII). De las estructuras que se conservan medimos las que componen los Grupos A y B (Andrews 1981), localizados en los terrenos del Hotel Sandos Caracol y en otro predio privado, inmediatamente al norte de Playa del Carmen.

La Estructura B-IV, un templo con acceso en la fachada sur y construido sobre una plataforma, quizá fuese orientada hacia los extremos máximos norte de Venus en el horizonte poniente, pero la correspondencia es mejor con los extremos mayores de la Luna (tablas 2.1, 2.3 y 2.4). La adyacente Estructura B-III está muy derruida, pero al parecer tenía una orientación diferente.

A unos 30 m hacia el suroeste se localizan las Estructuras B-I y B-II, dos templos erigidos sobre un basamento piramidal al que conduce una escalinata desde el oriente (figura 3.17). La Estructura B-I, al norte, está muy derruida, pero los muros que permanecen en pie sugieren que su orientación era igual a la de la Estructura B-II, que corresponde a los extremos mayores de la Luna. Parece que la orientación era funcional hacia el oriente, tanto por las entradas abiertas en esta dirección como por el hecho de que, así como en el caso de la Estructura B-IV, la declinación este marcada por la Estructura B-II manifiesta mejor correspondencia con los extremos mayores sur que la declinación oeste con los extremos norte (tablas 2.1 y 2.4). Otra circunstancia que apoya tal suposición es que el eje este-oeste del basamento que sostiene ambos templos, prolongado hacia el sureste, pasa por la Estructura A-I, situada a unos 100 m de distancia; por lo tanto, este edificio, que es un basamento piramidal con un pequeño templo encima, alcanzando unos 6 m de altura, pudo haber marcado la dirección en la que –para el observador en la Estructura B-I o B-II– salía la Luna, al alcanzar su mayor alejamiento hacia el sur.

La Estructura A-I tiene su acceso en el lado oriente; su orientación, de tener bases astronómicas, sólo pudo referirse a alguna estrella o asterismo (v. tabla 2.1 y capítulo 4). A unos 30

m al sureste se ubica la Estructura A-IV; en medio de la entrada a este pequeño templo, en el lado poniente, estaba originalmente una columna, actualmente abatida (figura 3.18). Los muros norte y sur manifiestan azimuts muy divergentes, por lo que la orientación del edificio no se puede determinar de manera confiable, pero es probable que se relacionara con las posiciones del Sol en los solsticios (tablas 2.1 y 2.2).

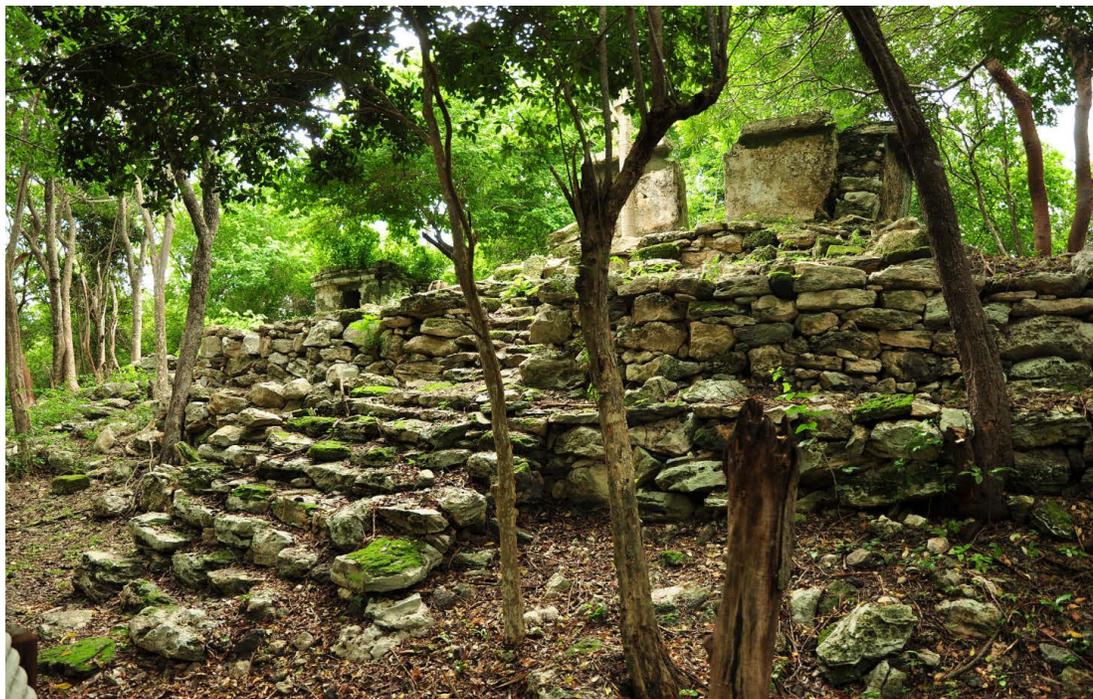


Figura 3.17.
Xcalacoco,
Estructuras B-I
(derecha) y B-II
(izquierda), vista
hacia el
poniente.



Figura 3.18.
Xcalacoco,
Estructura A-IV,
vista hacia el
oriente.

Yamilum (Tamul)

La estructura principal de este sitio costero en la zona hotelera de Cancún es un templo con la entrada en el lado poniente (figura 3.19; Vargas Pacheco 1978: 100, fig. 2; Andrews 1986: 6, 14; Con Uribe 2005: 25). A su espalda se ubica un pequeño adoratorio abierto hacia el oriente. Los dos edificios, construidos sobre un basamento piramidal, parecen compartir la misma orientación, que puede relacionarse con las salidas o puestas del Sol en los solsticios (tablas 2.1 y 2. 2).



Figura 3.19.
Yamilum,
templo
principal, vista
hacia el oriente.

4 Patrones de orientación en la costa nororiental

Con el objetivo de lograr una mejor comprensión de las prácticas de orientación en la costa nororiental de la península de Yucatán, en este capítulo examinaremos todos los datos que hemos obtenido en la región hasta la fecha.

La figura 4.1 presenta la distribución de frecuencias relativas de las declinaciones registradas por las 95 orientaciones que hemos medido, es decir, por las 34 listadas en la tabla 2.1 y las 61 que medimos anteriormente en los sitios de Akumal, Arrecife, Buena Vista, Calica, Castillo Real, Cobá, El Caracol, El Cedral, El Meco, El Rey, Janán I, La Expedición, La Palma, Muyil, San Gervasio, Tancah, Tulum, Xcaret y Xelhá (los datos sobre las orientaciones en estos sitios se encuentran en: Sánchez y Šprajc 2015: tabla 1). Para obtener las curvas se tomaron en cuenta los errores, empleando el método conocido como estimación de la densidad por medio de una función núcleo (*kernel density estimation*, KDE), por lo que los picos más pronunciados de cada curva representan los valores que posiblemente fueron logrados a propósito.⁵ La gráfica presenta la distribución de las declinaciones “normales” y también de las que fueron calculadas para la Luna (considerando su paralaje), que son ligeramente más grandes.

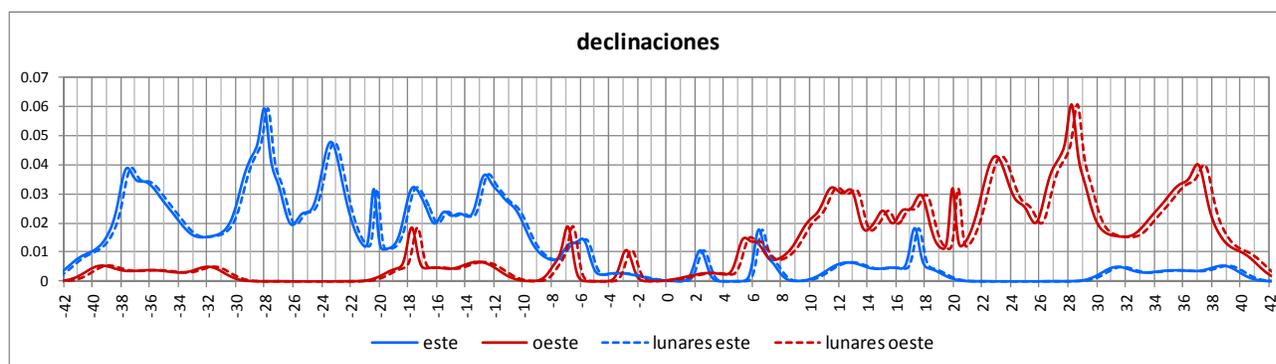


Figura 4.1. Distribución de frecuencias relativas de las declinaciones correspondientes a las orientaciones en la costa nororiental.

Como se observa en la figura 4.1, el grupo más prominente en la costa nororiental es el que podría relacionarse con los extremos mayores de Venus o de la Luna. Ya mencionamos en el capítulo 2 que las diferencias entre las declinaciones que alcanzan uno y otro astro en sus extremos mayores son pequeñas, por lo que el referente más probable de cada orientación particular, considerando el posible error de la declinación correspondiente, no siempre se puede determinar (cf. tablas 2.3 y 2.4; Sánchez y Šprajc 2015: tablas 3 y 4). Sin embargo, la distribución de las declinaciones en la figura 4.1 permite reconocer la tendencia predominante. El pico entre las

⁵ A cada declinación se le asignó el error calculado con base en el error estimado del azimut y la altura del horizonte, asumiendo la distribución normal centrada en el valor nominal y con la desviación estándar de la incertidumbre especificada. Las distribuciones normales de todos los valores se sumaron, empleando el software *Kernel.xla 1.0e*, desarrollado por S. Ellison y disponible en línea en el sitio de *Royal Society of Chemistry* (<http://www.rsc.org/Membership/Networking/InterestGroups/Analytical/AMC/Software/index.asp>), con lo que se obtuvieron los datos para elaborar las gráficas.

declinaciones oeste “normales” corresponde al valor de 28.29°, mientras que Venus durante los periodos Clásico y Posclásico (a los que pertenecen las estructuras en cuestión) nunca alcanzó declinaciones más allá de 27.6° (Šprajc 2015; recordemos que el pico correspondiente entre las declinaciones este, en -28.12°, no puede referirse a los extremos de Venus: como ya mencionamos en el capítulo 2, Venus durante su visibilidad matutina nunca rebasa notablemente los extremos solsticiales del Sol). En cambio, las declinaciones *lunares* manifiestan los picos más altos en los valores de -27.76° (este) y 28.61° (oeste). Al compararlos con las declinaciones máximas y mínimas alcanzadas por la Luna entre el Clásico Temprano y el Posclásico Tardío (entre $\pm 28.82^\circ$ y $\pm 28.65^\circ$), observamos que el pico oeste es muy cercano a las declinaciones máximas de la Luna en estos periodos. Es decir, la distribución de las declinaciones permite concluir que las orientaciones del grupo más prominente en la costa nororiental se refieren a los extremos mayores de la Luna, en su mayoría a los extremos mayores norte en el horizonte poniente. Esta tendencia corrobora la conclusión a la que llegamos a partir los datos analizados anteriormente, aunque también comentamos que no necesariamente todas las orientaciones eran funcionales hacia el poniente (Sánchez y Šprajc 2015: 62ss).

Por consiguiente, si bien los datos resultantes de nuestras mediciones anteriores en los sitios de la costa nororiental permitieron concluir que la zona se caracterizaba por la presencia de orientaciones lunares, su importancia resulta ahora aún más evidente. Su significado 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), pero lo que resulta particularmente interesante es que estos conceptos han de derivarse en gran parte de los hechos observados en el mundo real. Además de que, 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, 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 (e.g.: Carpenter *et al.* 1972; Balling y Cerveny 1995; R. J. González 2001: 171s). 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 es muy probable que los reportes etnográficos y de Landa citados arriba tengan bases observacionales. El dato más interesante en nuestro contexto es que también existe una correlación entre el régimen pluvial, las mareas y las temperaturas, por una parte, y el ciclo nodal de la Luna, de 18.6 años, por la otra (Mittra y Dutta 1992; Currie 1993; 1995; Oost *et al.* 1993; Haigh *et al.* 2011; Agosta 2014). Aunque no hay evidencias de que estas correlaciones fueran percibidas, ¿no será que la importancia de la Luna y de sus extremos, tan sobresaliente en la costa nororiental, se debió precisamente a la relación observada entre los ciclos lunares –incluyendo el nodal, al que obedece la periodicidad de los extremos– y las mareas, los huracanes y tormentas tropicales, fenómenos tan característicos del ambiente caribeño?

Otra circunstancia que notamos con anterioridad (Šprajc 2009; Sánchez y Šprajc 2015: 63s; Šprajc y Sánchez 2015: 22; Šprajc *et al.* 2016) es que las orientaciones hacia los extremos lunares

mayores están frecuentemente asociadas con las que registran los solsticios, seguramente porque los relevantes eran los extremos de la Luna llena, que siempre ocurren cerca de los solsticios, cuando también el Sol llega a sus posiciones extremas, pero además se observa un interesante contraste: la Luna llena llega a sus extremos *norte* siempre cerca del solsticio de invierno, cuando el Sol sale y se pone en su punto más alejado hacia el *sur*, mientras que cerca del solsticio de verano, cuando el Sol alcanza sus puntos extremos de salida y puesta hacia el *norte*, la Luna llena sale y se pone en los puntos más alejados hacia el *sur*. Esto significa –recordando que la Luna llena siempre sale aproximadamente en los momentos cerca de la puesta del Sol y se pone al amanecer– que las posiciones extremas del Sol y de la Luna llena pueden observarse casi simultáneamente 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. 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).

En la costa nororiental se habían identificado seis orientaciones probablemente relacionadas con los extremos mayores de la Luna: en Buena Vista, La Expedición, San Gervasio, Tanchah, Tulum y Xelhá. Con la excepción de La Expedición, todas están asociadas con las orientaciones solsticiales, pero cabe notar que incluso La Expedición se localiza a poco más de 600 m del templo de Janán I, orientado solsticialmente (Sánchez y Šprajc 2015: 164, tablas 2 y 4). A estos casos podemos agregar, ahora, los sitios de El Altar, Xamanhá y Xcalacoco (tablas 2.2 y 2.4). Como se observa en la figura 4.1, las orientaciones solsticiales (declinaciones cerca de los valores de aproximadamente $\pm 23.5^\circ$) representan el segundo grupo más prominente en la costa nororiental de la península de Yucatán. El hecho de que en esta región son mucho más frecuentes que en el resto de las tierras bajas mayas (cf. Sánchez y Šprajc 2015: fig. 6, tabla 2) resulta significativo y puede explicarse precisamente con la importancia que debieron tener las observaciones de los extremos de la Luna llena alrededor de los solsticios.

Hay que advertir que la asociación de los alineamientos lunares y solsticiales podría reflejar la observación de los extremos de la Luna en su fase oscura (cerca del novilunio), fenómenos que también ocurren alrededor de los solsticios, pero en estos casos la Luna se encuentra muy cerca del Sol, por lo que los extremos de ambos astros se observan en el mismo horizonte (cf. Sims 2006). Tal escenario, empero, no es probable en nuestro caso, o al menos no se puede generalizar. La distribución de las declinaciones lunares comentada arriba indica que las orientaciones correspondientes se referían mayormente a los extremos mayores norte de la Luna en el horizonte poniente; suponiendo que éstos se observaban cerca de la Luna nueva (cuando apareció por primera vez después de su conjunción con el Sol), las orientaciones solsticiales también tenderían a ser funcionales hacia el poniente, registrando las puestas del Sol en el solsticio de verano. Pero la tendencia indicada en la figura 4.1 es diferente: las curvas que representan la distribución de las declinaciones este y oeste manifiestan dos picos que corresponden a los valores de -23.47° y 23.01° , respectivamente, siendo el primero más cercano a la declinación del Sol en el solsticio de diciembre que el segundo a la declinación del Sol en el solsticio de junio: durante el Clásico y Posclásico, periodos en que fueron construidas las estructuras que manifiestan las orientaciones solsticiales en la costa nororiental, la oblicuidad de la eclíptica varió entre 23.67° y 23.5° . La direccionalidad oriente de las orientaciones de este grupo es adicionalmente apoyada por el hecho de que el pico en el valor de -23.47° es más alto que su contraparte entre las declinaciones oeste. Por lo tanto, la

distribución de los datos, sugiriendo que las orientaciones marcaban predominantemente las salidas del Sol en el solsticio de diciembre y las puestas de la Luna en sus extremos mayores norte, es congruente con la idea de que estos últimos se observaban durante el plenilunio, ya que el Sol y la Luna llena llegan a sus posiciones extremas casi simultáneamente (la diferencia nunca excede dos semanas) en los lados diametralmente opuestos del horizonte.

En relación con las direccionalidades de los dos grupos de orientaciones, notemos que los accesos a los edificios correspondientes se ubican en lados diferentes (tablas 2.2 y 2.4; Sánchez y Šprajc 2015: tablas 2 y 4), sin que sea notable alguna preferencia. Tal situación concuerda con los demás datos de las tierras bajas mayas, indicando que la ubicación de la entrada o de la fachada principal no necesariamente coincide con la dirección astronómicamente funcional de la estructura (Sánchez y Šprajc 2015: 88, 109).

La asociación de las orientaciones lunares y solsticiales 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 recordar que Xbalanqué, uno de los héroes gemelos del *Popol Vuh*, representaba tanto al Sol nocturno como la Luna llena (D. Tedlock 1985: 296ss; Milbrath 1999: 130; Baudez 1985: 33ss).

Dos orientaciones medidas en 2015 podrían referirse a los extremos menores de la Luna (tabla 2.5); otras cinco habían sido identificadas anteriormente en cuatro sitios de la costa nororiental (Calica, El Cedral, San Gervasio y Tulum; Sánchez y Šprajc 2015: tabla 5). Con estos fenómenos pueden relacionarse los picos que se observan en la distribución de las declinaciones lunares en la figura 4.1 en los valores de -17.34° y 17.65° (declinaciones este) y -17.36° y 18.06° (declinaciones oeste); los dos picos pequeños –el valor positivo entre las declinaciones este y el negativo entre las declinaciones oeste– se relacionan con los pocos edificios desviados en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales (Templo de Kisim de Calica y Nohoch Nah de San Gervasio). La relación de estas orientaciones con la Luna es menos segura, ya que su otro referente pudo haber sido el Sol, pero no improbable, considerando que se ubican en la región donde son comunes los alineamientos hacia los extremos mayores.

Es digno de notarse que el primero en estudiar sistemáticamente las orientaciones en la costa nororiental y su posible relación con los extremos lunares fue Trygve Sletteland (1985).⁶ Como se observa en nuestros comentarios en el capítulo 3, las mediciones que llevé a cabo en campo mayormente resultaron en azimuts similares a los nuestros (a diferencia de las lecturas que tomó en los mapas, en los que los errores en la orientación de los edificios son notoriamente grandes). Su estudio, incluyendo varias estructuras que no hemos medido, amplía la información que presentamos aquí y en la monografía sobre las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015) y refuerza nuestra conclusión de que las orientaciones hacia los extremos de la Luna, así como hacia las posiciones solsticiales del Sol, son particularmente comunes en la costa nororiental. Más cuestionables son los referentes estelares que propone Sletteland (1985: tabla 3) para varios alineamientos, ya que no se basa en una metodología coherente que permitiera evaluar la intencionalidad de las correspondencias que encuentra. Asimismo faltaría verificar sus hipótesis

⁶ Los resultados fueron presentados en su tesis de maestría (Sletteland 1985), que no ha sido publicada, pero apareció recientemente en su sitio personal de internet (<http://latona.us/tbs/?cat=12>). Agradecemos a Stanisław Iwaniszewski el habernos llamado la atención a este documento.

acerca de las líneas visuales con las que conecta los sitios en la costa y ciertos lugares en la isla de Cozumel, sugiriendo que son astronómicamente significativas (Sletteland 1985: mapas 9 a 15).

Más de 80% de las 271 orientaciones que medimos anteriormente en las tierras bajas mayas pueden relacionarse con el Sol; 16 de éstas fueron identificadas como solsticiales, encontrándose 9 de ellas en los sitios de la costa nororiental (Sánchez y Šprajc 2015: 49, tabla 2). Si agregamos a la muestra las 35 orientaciones que medimos en 2015, resulta que tenemos datos sobre 95 orientaciones en la costa nororiental, entre las cuales sólo 52, o 55%, pueden relacionarse con el Sol, 15 de ellas con los solsticios. Como ya mencionamos, el porcentaje elevado de orientaciones solsticiales ha de deberse a su asociación con las lunares, que constituyen el grupo más prominente en la región. El número reducido de alineamientos solares que corresponden a fechas diferentes de las solsticiales no permite reconocer algún patrón predominante. Sin embargo, de acuerdo con lo que comentamos en el capítulo 3, varias fechas coinciden con las frecuentemente registradas en otras partes, sugiriendo que también en esta región las orientaciones solares registraban fechas separadas por múltiplos de 13 y de 20 días; como ya mostramos en estudios anteriores, de esta manera las orientaciones posibilitaban el manejo de calendarios observacionales que, por estar compuestos de periodos constitutivos del sistema calendárico formal y sus múltiplos, facilitaban la anticipación de los cambios estacionales y, con ello, la debida programación de las labores agrícolas y los rituales acompañantes (Šprajc 2001; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2015).

Cabe detenernos, finalmente, en las orientaciones que representan el tercer grupo más prominente en la costa nororiental; en las curvas de las declinaciones este y oeste en la figura 4.1 le corresponden los picos en los valores -37.66° y 37.07° , respectivamente. Un referente celeste que habíamos propuesto es la estrella Fomalhaut (Sánchez y Šprajc 2015: 67ss, tabla 6), pero ahora, a la luz de los nuevos datos, parece prudente considerar más alternativas. Hay que recordar que, debido a la precesión, las declinaciones de las estrellas cambian paulatinamente a través del tiempo. Es decir, si los edificios que datan de distintos periodos fueron orientados hacia la misma estrella, estas variaciones deberían reflejarse en sus orientaciones. Sin embargo, se trata de tendencias que sólo pueden detectarse al tener una muestra relativamente grande de datos, ya que incluso las orientaciones de un mismo periodo y con el mismo referente estelar pueden variar, debido a los factores atmosféricos que afectan el ángulo de extinción (*v. infra*). Entre las estructuras en la costa nororiental que pertenecen a este grupo, muy pocas datan de épocas anteriores al Posclásico Tardío (tabla 2.1; Sánchez y Šprajc 2015: tablas 1 y 6), por lo que resulta imposible detectar tendencias que reflejen variaciones precesionales. Por lo tanto, decidimos limitar nuestro análisis a las orientaciones posclásicas, que se encuentran listadas en la tabla 4.1; considerando que en pocos siglos la declinación de una u otra estrella que pudo haberlas motivado no cambió de manera notable, supusimos que su identificación sería más confiable al analizar la distribución de las orientaciones del periodo relativamente corto y del que tenemos la mayor cantidad de datos.

Al buscar las estrellas brillantes con posiciones cercanas a las declinaciones que corresponden a los picos en las curvas de la figura 4.1, nos percatamos de que las declinaciones negativas podrían, efectivamente, referirse a Fomalhaut, estrella α de la constelación Pez Austral, pero también encontramos a un candidato probable para explicar las declinaciones positivas: se trata de Vega, estrella α de la constelación Lira y la quinta más brillante en el cielo nocturno. Ahora bien, para determinar la declinación de una estrella correspondiente a un azimut, hay que tomar en cuenta el ángulo de extinción (la mínima altura angular sobre el horizonte matemático o plano horizontal, requerida para que la estrella sea visible), que depende de la magnitud (intensidad del brillo) de la estrella, pero además varía en función de las condiciones atmosféricas concretas. Es decir, si la altura del horizonte real es menor, en el cálculo de la declinación hay que reemplazarla

con el valor del ángulo de extinción. De esta manera fueron calculadas las declinaciones en la tabla 4.1, que incluye las estructuras que marcan las declinaciones de este grupo en uno o en otro horizonte. Considerando las magnitudes de Fomalhaut (1.16) y Vega (0.0) 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), usamos en el cálculo de las declinaciones negativas, que podrían relacionarse con Fomalhaut –en algunos casos con su puesta, pero mayormente con su salida (tabla 4.1)–, el ángulo de extinción de 4° ; al calcular las positivas, suponiendo que se relacionan con Vega –mayormente con su ocaso–, empleamos el valor de 2° . En consideración a las variaciones imprevisibles del ángulo de extinción, aumentamos los errores de las declinaciones así calculadas por 1° (respecto a los que fueron estimados a partir de las incertidumbres por el estado actual de las estructuras y que aparecen en la tabla 2.1 y en Sánchez y Šprajc 2015: tabla 1).

sitio, estructura	acceso hacia	A_E	δ_E	error δ_E	δ_w	error δ_w
Akumal, estructura principal	S	124.450	-30.392	2.0	32.704	2.0
Arrecife, Estructuras C10-1-a y C10-1-b	W	126.986	-32.594	2.0	34.988	2.0
Calica, Estructura P-I	E	128.567	-33.989	3.0	36.427	3.0
Chakalal, templo en la caleta	E	132.650	-37.590	2.5	40.145	2.5
Paamul, Templo de los Pelicanos	E	128.525	-33.974	2.0	36.404	2.0
Pok Ta Pok, Estructura 1	W	129.533	-34.647	2.0	37.168	2.0
Pok Ta Pok, Estructura 2	E	131.183	-36.083	1.8	38.654	1.8
San Gervasio, Grupo I (Central), Estructura C22-6-b	W	127.583	-33.147	3.0	35.550	3.0
San Gervasio, Grupo IV (Murciélagos), Estr. C22-34-e	N	126.617	-32.290	2.0	34.666	2.0
Xamanhá, Estructura E-1	W	130.125	-35.345	3.0	37.832	3.0
Xamanhá, Estructura F-2	E	128.041	-33.514	2.8	35.941	2.8
Xcalacoco, Estructura A-I	E	131.533	-36.557	2.5	39.093	2.5
Xcaret, Estructura A-VI	N	56.050	32.209	2.0	-29.891	2.0
Xcaret, Estructura C-I	S	47.550	39.941	2.0	-37.384	2.0
Xcaret, Estructura C-IV	S	129.300	-34.634	2.0	37.093	2.0
Xcaret, Estructura D-1	E	50.467	37.304	3.0	-34.838	3.0
Xcaret, Estructura E-III	W	126.925	-32.538	3.0	34.931	3.0
Xcaret, Estructura F-I	N	52.550	35.409	3.0	-33.002	3.0
Xcaret, Estructura H-I	E	129.925	-35.182	2.5	37.659	2.5
Xcaret, Templo de la Caleta	E	128.300	-33.754	3.0	36.184	3.0
Xelhá, Casa del Jaguar	S	129.983	-35.323	4.0	37.777	4.0

Tabla 4.1. Datos sobre las orientaciones del Posclásico Tardío en la costa nororiental, posiblemente relacionadas con Fomalhaut (α PsA) o Vega (α Lyr). En el cálculo de las declinaciones negativas/positivas se consideró el ángulo de extinción de $4^\circ/2^\circ$.

La distribución de frecuencias relativas (estimación de la densidad del núcleo) de las declinaciones que aparecen en la tabla 4.1 se presenta en la figura 4.2. Los picos entre las declinaciones negativas y positivas corresponden a los valores de -34.34° y 36.79° , respectivamente, cercanos a las declinaciones que tuvieron durante el Posclásico Tardío (entre los años 1200 y 1500) las estrellas Fomalhaut (de -33.74° a -32.23°) y Vega (de 38.27° a 38.4° : Hawkins y Rosenthal 1967); las variaciones de las declinaciones de ambos astros entre los años 1000 y 1500 están graficadas en la figura 4.3, en la que también están sobrepuestas las curvas de la figura 4.2 (marcándose los valores de densidad en el eje vertical secundario en el lado derecho). Podríamos suponer, por lo tanto, que algunas orientaciones de este grupo se referían a Fomalhaut y otras a Vega.

Sin embargo, la dispersión de las declinaciones, evidente tanto en la tabla 4.1 como en la figura 4.2, es incómodamente grande, rebasando de manera notable las variaciones precesionales

que sufrieron las declinaciones de las dos estrellas (figura 4.3), por lo que cabe considerar la posibilidad de que el referente de estas orientaciones no fuera una sola estrella, sino un asterismo que ocupaba una porción del cielo. Si suponemos, además, que el asterismo incluía estrellas relativamente brillantes, los candidatos más probables han de buscarse en dos regiones del cielo: en las constelaciones adyacentes de Lyra y Cisne en el hemisferio norte y en la parte del hemisferio sur que ocupan las constelaciones contiguas de Escorpión y Sagitario. Es por ello que en la figura 4.3 graficamos también las declinaciones de Shaula, que se encuentra en el “aguijón” de Escorpión y es la segunda estrella más brillante de esta constelación (λ Sco, magnitud de 1.6), de Kaus Australis, la más brillante de Sagitario (ϵ Sgr; magnitud de 1.8), y de Sadr, en la constelación de Cisne (γ Cyg, magnitud de 2.2). La mejor correspondencia se observa entre las declinaciones negativas de nuestras estructuras y las que tuvo la estrella Kaus Australis, pero hay que recordar que en el cálculo de las declinaciones positivas consideramos el ángulo de extinción de 2° , apropiado para Vega, mientras que, al emplear el valor de 4° , más adecuado para la magnitud de Sadr (2.2), el valor del pico en la curva de las declinaciones aumentaría por aproximadamente 1° , estando más cerca de las declinaciones que tenía esta estrella (figura 4.3).

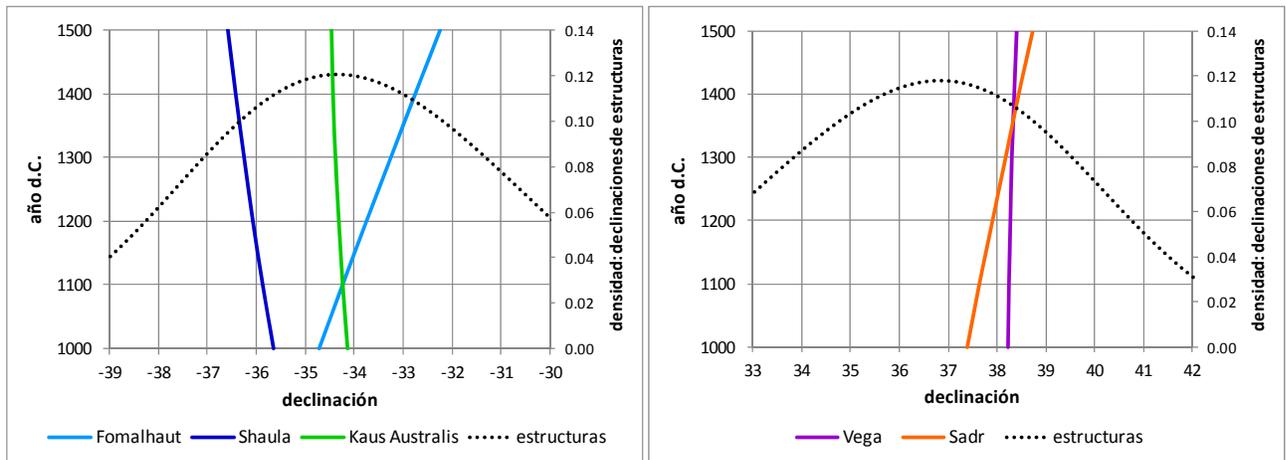
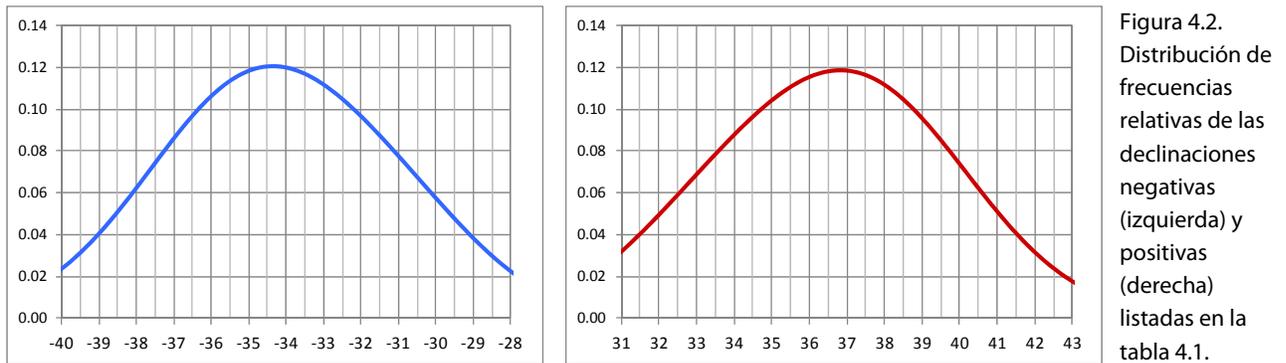


Figura 4.3. Declinaciones de las estrellas Fomalhaut (α PsA), Shaula (λ Sco), Kaus Australis (ϵ Sgr), Vega (α Lyr) y Sadr (γ Cyg) entre los años 1000 y 1500 d.C. (datos tomados de: Hawkins y Rosenthal 1967), en comparación con la distribución de las declinaciones (densidad del núcleo) listadas en la tabla 4.1 (cf. figura 4.2).

Por lo tanto, la distribución de las declinaciones no nos permite priorizar uno u otro motivo astronómico de este grupo de orientaciones. Respecto a su direccionalidad tampoco encontramos indicios en la disposición de los edificios, ya que sus entradas miran en diferentes direcciones,

incluso hacia el norte y el sur (tabla 4.1). Además, a partir de los análisis de un gran número de orientaciones en las tierras bajas mayas concluimos que la ubicación de la entrada o fachada principal en muchos casos no coincide con la dirección astronómicamente funcional de la estructura (Sánchez y Šprajc 2015: 88, 109). Aun suponiendo lo contrario, una complicación adicional en nuestro caso consiste en que no todas las orientaciones corresponden a declinaciones negativas o positivas en el mismo horizonte; si su referente fue un asterismo en el hemisferio sur, algunas registraban su ocaso y otras –la mayoría– su orto; y si apuntaban a algún asterismo en el hemisferio norte, en su mayoría marcaban su posición en el cielo poniente, pero algunas en el oriente (tabla 4.1).

Siendo imposible proponer, a partir de este análisis, el referente más probable de estas orientaciones, examinemos algunos datos independientes que quizá nos acerquen a la solución del dilema.

Respecto a las dos estrellas en el hemisferio norte, no hay datos inequívocos que sugieran su importancia entre los mayas antiguos. El argumento de Susan Milbrath (1999: 271s) de que la constelación de Cisne (o Cruz del Norte) tuvo un papel importante en Palenque se apoya en su interpretación de la orientación del Templo de la Cruz Foliada y del significado astronómico de la iconografía y de las fechas de eventos dinásticos en los templos del Grupo de la Cruz, pero no hay referencias explícitas a los asterismos mencionados. El único dato que hemos encontrado es que los *tzotziles* de Zinacantan conocen la estrella Vega, designándola con el nombre en su propio idioma (Vogt 1997: 113).

Más abundante es la información sobre el significado de las estrellas de Escorpión y Sagitario. En el Diccionario de Motul se encuentra la entrada *zinaan ek* (“estrella de escorpión”) y las representaciones de una constelación de escorpión, que posiblemente formaba parte de un zodiaco maya, aparecen en el Códice París y en el Edificio de las Monjas de Chichén Itzá (Lamb 1981: 236, 244; Justeson 1989: 116ss; Carlson y Cherry 1996; Milbrath 1999: 264; Bricker y Bricker 2011). Aunque no está del todo claro si el asterismo maya coincidía con la constelación de Escorpión, hay indicios de la importancia de las estrellas en esta parte del cielo (Milbrath 1999: 39, 264ss). Algún asterismo en forma de escorpión es conocido entre varias comunidades indígenas actuales, teniendo diferentes significados, pero frecuentemente idéntico a la constelación occidental (Vogt 1997: 112; Milbrath 1999: 39; Köhler 1991). Según el reporte etnográfico de Judith Remington (1980: 117s, figs. 6.6, 6.7 y 6.8), una de las tres cruces que ven en el cielo los quichés y los cakchiqueles en los altos de Guatemala parece ubicarse en Escorpión (de ser así, es de imaginar que incluye la estrella Shaula, la segunda más brillante de la constelación); la segunda (reportada también por B. Tedlock, 1985: 83) está en Sagitario, con un brazo compuesto por las estrellas σ , φ , δ y γ y el otro por las estrellas λ , δ , ϵ (Kaus Australis) y η , mientras que la tercera posiblemente combina las estrellas de las constelaciones de Grulla y Pez Austral, incluyendo Fomalhaut, que se encuentra en la punta de uno de sus brazos. Aunque resulta ineludible la impresión de que el énfasis en las cruces refleja la importancia actual del símbolo cristiano, no deja de llamar la atención el que en la Estructura C22-34-e de San Gervasio, cuya orientación pertenece al grupo que estamos analizando (tabla 4.1), fue encontrado un “incensario extremadamente grande e inusual” (Gregory 1975: 101s, fig. 21), decorado con diseños cruciformes elaborados con puntos y líneas (figura 4.4; Sánchez y Šprajc 2015: 68s, 184).⁷

⁷ Gregory (1975: 101s) asocia el incensario referido con la Estructura 34-c, lo que evidentemente es un error: su descripción del edificio y su ubicación “en medio de la plaza entre las Estructuras 34-a y 34-f” corresponden, sin lugar a dudas, al que está marcado en el plano de Freidel y Sabloff (1984: 101, fig. 25a) como Estructura 34-e.

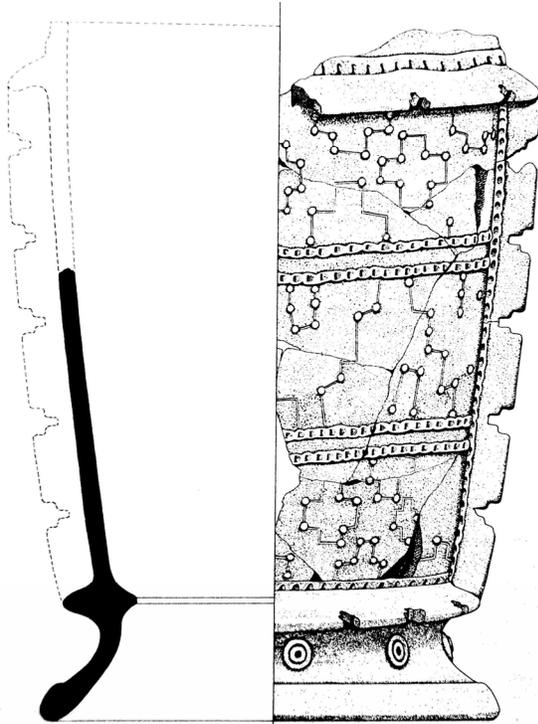


Figura 4.4. Incensario encontrado en la Estructura C22-34-e de San Gervasio (dibujo de: Gregory 1975: fig. 21).

Si estos diseños efectivamente representan estrellas –de lo cual, desde luego, no podemos tener ninguna certeza–, recordemos que la otra cruz celeste se encuentra en la constelación de Cisne, con la estrella Sadr en su centro, pero no tenemos evidencias contundentes de que este asterismo tuviera alguna importancia. Tanto los datos etnográficos citados como la correspondencia entre las declinaciones negativas registradas por nuestras orientaciones y las posiciones de algunas estrellas brillantes de Escorpión, Sagitario y Pez Austral durante el Posclásico Tardío (figura 4.3) hacen más probable que el referente de este grupo fuera algún asterismo en la parte del cielo que ocupan las constelaciones mencionadas. Podemos agregar, no obstante, que las constelaciones de Escorpión y Cisne se encuentran en los extremos de la franja oscura en la Vía Láctea, conocida como Gran Grieta, cuyo significado está atestiguado etnográficamente (Milbrath 1999: 40s), por lo que podríamos especular que algunas orientaciones apuntaban hacia un extremo y las otras hacia el otro.

En resumen, la hipótesis que, a la luz de los datos examinados, parece más viable es que las orientaciones del grupo enigmático apuntaban hacia algún asterismo compuesto por las estrellas de las constelaciones de Escorpión y Sagitario o, tal vez, por las de Pez Austral y Grulla, mayormente registrando su orto, pero en algunos casos su ocaso (tabla 4.1). Sin embargo, en vista de las evidencias tan tenues y ambiguas, consideramos necesario subrayar que el objetivo principal de la propuesta es estimular la búsqueda de datos adicionales –tanto contextuales como los basados en la medición de alineamientos arquitectónicos– que permitan verificarla.

Ante estas dudas y la imposibilidad de ofrecer una explicación astronómica convincente, no parece superfluo preguntarnos si estos edificios realmente fueron orientados a partir de criterios astronómicos. Es probable que la dispersión de las declinaciones se deba, al menos en parte, a que no todos fueron alineados respecto a fenómenos celestes. ¿Pero no podría pensarse, inclusive, que las orientaciones de los edificios costeros, en general, simplemente obedecen al curso de la orilla del mar? Para evaluar la probabilidad de esta idea, examinemos los datos en la tabla 4.2 y en las figuras 4.5 y 4.6.

sitio, estructura	A_N	A_E	D	A_C	D_C	Δ
Castillo Real, Estructura C7-1-a	16.750	107.850	16.75	25	25	8.25
Chac Mool, Estructura B	-2.879	87.287	-2.88	-25	-25	22.12
Chac Mool, Estructura I	-1.463	82.996	-1.46	-25	-25	23.54
Chakalal, templo en la caleta	41.733	132.650	41.73	52	52	10.27
Chamax, estructura sur	-20.109	73.016	-20.11	-7	-7	13.11
El Caracol, Estr. C1-1-a, fase tardía	NA	104.800	14.80	63	-27	41.80
El Caracol, Estr. C1-2a y C1-1-a temprana	11.633	100.943	10.94	63	-27	37.94
El Meco, Castillo	6.449	95.958	6.45	24	24	17.55
El Rey, Estructura 19A	13.976	104.242	13.98	17	17	3.02
El Rey, Estructura 2	13.977	101.533	13.98	17	17	3.02
El Rey, Estructura 22	13.560	102.387	13.56	17	17	3.44
El Rey, Estructura 3A	11.560	103.544	11.56	17	17	5.44
Janán I, Estructura C8-2-a	24.750	116.500	24.75	28	28	3.25
La Expedición 1-a, 1-b, 1-c	31.339	121.375	31.34	30	30	1.34
La Palma, Estructura C5-1-a	16.250	107.000	16.25	25	25	8.75
Paamul, Templo de Dos Pisos	25.900	119.900	25.90	58	58	32.10
Paamul, Templo de los Pelicanos	38.150	128.525	38.15	58	58	19.85
Pok Ta Pok, Estructura 1	41.308	129.533	41.31	29	29	12.31
Pok Ta Pok, Estructura 2	43.933	131.183	43.93	38	38	5.93
Punta Cancún, estructuras norte y sur	4.906	93.406	4.91	-4	-4	8.91
Recodo San Juan, única	24.266	120.807	24.27	3	3	21.27
San Francisco, única	6.453	96.882	6.45	14	14	7.55
Tancah, Estructura 1	13.185	104.158	13.18	39	39	25.82
Tancah, Estructura 10	9.810	100.908	9.81	39	39	29.19
Tancah, Estructura 12	28.310	119.533	28.31	39	39	10.69
Tancah, Estructura 44	23.219	113.344	23.22	39	39	15.78
Tancah, Estructura 6	24.310	114.283	24.31	39	39	14.69
Tulum, Estructura 1 (Castillo)	21.326	111.574	21.33	21	21	0.33
Tulum, Estructura 21	22.993	115.050	22.99	21	21	1.99
Tulum, Estructura 25	29.326	119.809	29.33	21	21	8.33
Tulum, Estructura 35 (Casa del Cenote)	19.326	108.844	19.33	21	21	1.67
Tulum, Estructura 45	19.576	109.925	19.58	21	21	1.42
Tulum, Estructura 54	17.326	107.550	17.33	21	21	3.67
Tulum, Estructura 57	15.475	102.600	15.48	14	14	1.48
Tulum, Estructura 59	15.094	105.469	15.09	17	17	1.91
Xamanhá, Estructura C-1	28.750	119.625	28.75	28	28	0.75
Xamanhá, Estructura C-2	27.000	115.791	27.00	28	28	1.00
Xamanhá, Estructura C-4a	22.125	110.339	22.12	28	28	5.88
Xamanhá, Estructura D-1	28.500	118.625	28.50	29	29	0.50
Xamanhá, Estructura E-1	41.125	130.125	41.12	46	46	4.88
Xamanhá, Estructura F-2	39.875	128.041	39.87	46	46	6.13
Xcalacoco, Estructura A-I	36.200	131.533	36.20	35	35	1.20
Xcalacoco, Estructura A-IV	32.825	116.200	32.83	35	35	2.17
Xcalacoco, Estructura B-II	32.825	121.367	32.83	35	35	2.17
Xcalacoco, Estructura B-IV	31.783	121.075	31.78	35	35	3.22
Xcaret, Estructura A-VI	-32.424	56.050	-33.95	50	-40	6.05
Xcaret, Estructura C-I	-44.700	47.550	-42.45	50	-40	2.45
Xcaret, Estructura C-IV	38.076	129.300	38.08	50	50	11.92
Xcaret, Estructura D-I	-39.257	50.467	-39.53	50	-40	0.47
Xcaret, Estructura E-III	43.076	126.925	43.08	50	50	6.92
Xcaret, Estructura F-I	-35.924	52.550	-37.45	50	-40	2.55
Xcaret, Estructura H-I	40.576	129.925	40.58	50	50	9.42
Xcaret, Templo de la Caleta	38.826	128.300	38.83	50	50	11.17
Yamilum, estructura principal	26.746	114.433	26.75	25	25	1.75

Tabla 4.2. Datos sobre las estructuras ubicadas cerca de la orilla del Mar Caribe. A_{NE} : azimut norte/este de la estructura; D : desviación de la estructura de los rumbos cardinales; A_C : azimut aproximado de la costa adyacente; D_C : desviación de la costa de los rumbos cardinales; Δ : diferencia entre las desviaciones de la estructura y de la costa (v. texto).

Figura 4.5. Relación entre las desviaciones que manifiestan las estructuras (D) y las costas adyacentes (D_c) respecto a los rumbos cardinales (cf. tabla 4.2).

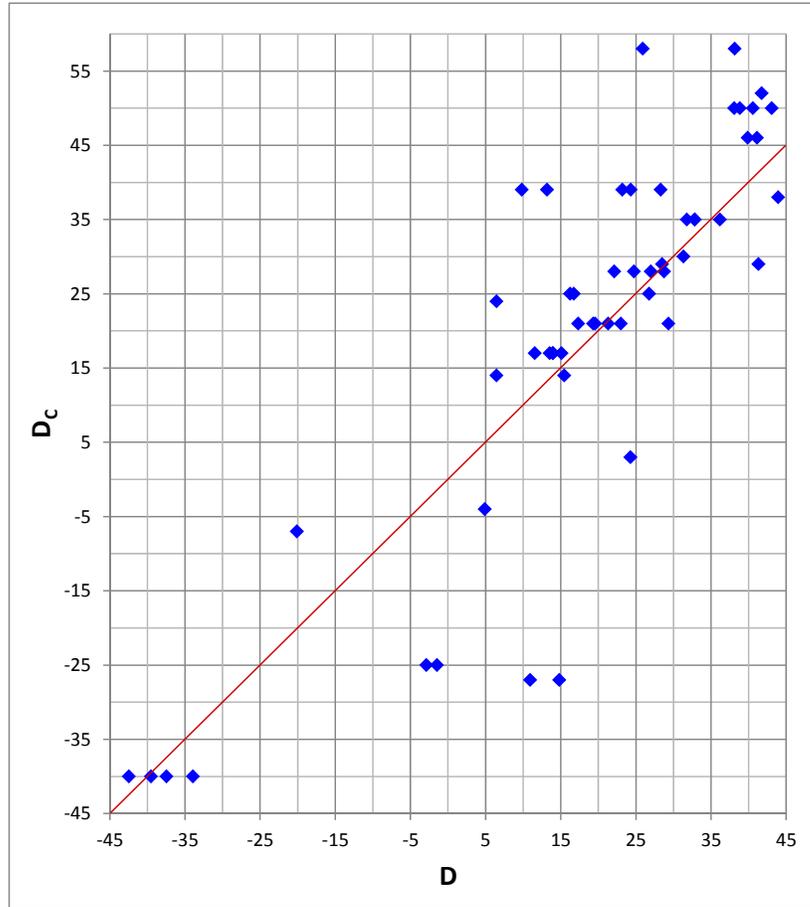
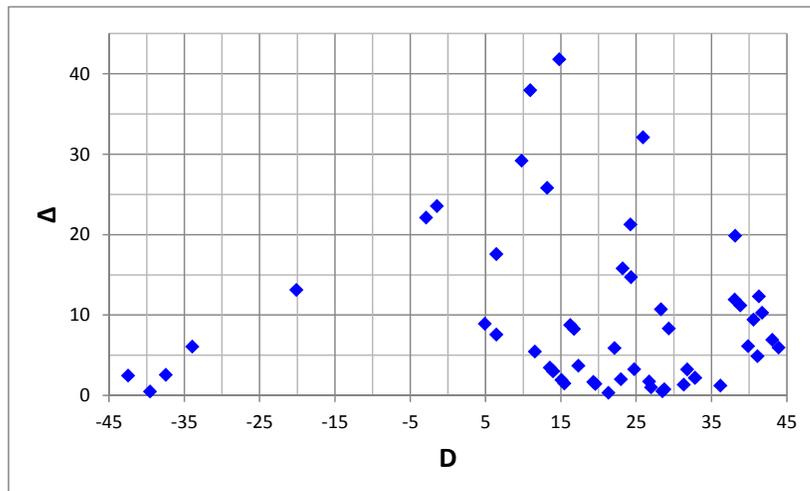


Figura 4.6. Relación entre las desviaciones de las estructuras (D) y las diferencias entre éstas y las desviaciones de las costas adyacentes (Δ ; cf. tabla 4.2).



La tabla 4.2 presenta los datos para las estructuras ubicadas a menos de 1 km de la orilla del mar, omitiéndose las que se localizan frente a la costa cuyo curso es irregular y su azimut no se puede determinar. Para los fines de este análisis determinamos para cada estructura la desviación de los rumbos cardinales (D) del eje de orientación cuyo azimut es más cercano al de la costa enfrente (es decir, $D = A_N$ o $D = A_E - 90^\circ$); el número negativo indica la desviación de los rumbos cardinales en el sentido contrario al de las manecillas de reloj. De igual modo, cada azimut de la

costa (A_c), determinado de manera aproximada mediante el programa Google Earth (<https://www.google.com/earth/>), se presenta como desviación de los rumbos cardinales (D_c). Para cada estructura también está anotado el valor absoluto de la diferencia entre ambas desviaciones ($\Delta = |D_c - D|$). El diagrama de dispersión en la figura 4.5 presenta las correlaciones entre las desviaciones de las estructuras y de las costas adyacentes. A cada estructura le corresponde un punto, cuya posición en la gráfica indica la desviación de la estructura, señalada en el eje X, y la desviación de la costa al lado, marcada en el eje Y. La raya diagonal indica la coincidencia de ambas desviaciones ($\Delta = 0^\circ$). La figura 4.6 presenta la situación de manera diferente, marcándose las desviaciones de las estructuras (D) en el eje X y las diferencias entre éstas y las desviaciones de la costa adyacente (Δ) en el eje Y.

Podemos ver que, efectivamente, la orientación de muchas estructuras se aproxima a la de la orilla del mar en su cercanía: en 36 de los 54 casos, incluyendo algunos del grupo problemático (desviaciones alrededor de $\pm 40^\circ$; cf. tablas 4.1 y 4.2), el curso de la costa difiere de la desviación de la estructura por menos de 10° (tabla 4.2 y figura 4.6). Sin embargo, a la luz de los hechos que discutimos a continuación, la geomorfología no ofrece una explicación cabal de las tendencias que se observan en los patrones de orientación.

En primer lugar, parece significativo que la mejor correspondencia con la costa la manifiestan diversos edificios cuyas orientaciones pueden relacionarse con el Sol y la Luna (desviaciones entre aproximadamente -30° y 30°). El motivo astronómico de la mayoría de las orientaciones compatibles con las posiciones del Sol es altamente probable, considerando que muchas corresponden a fechas marcadas también por otros edificios en las tierras bajas mayas (cf. capítulo 3; Sánchez y Šprajc 2015). Asimismo resulta difícilmente negable el referente lunar de las desviaciones cerca de 30° , no sólo por su prominencia en la región, evidente en la figura 4.1, sino también por la presencia de estas orientaciones en sitios que no se ubican en la orilla del mar, por ejemplo en El Altar (tabla 2.4), Buena Vista, Cobá, San Gervasio y otros sitios de las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 4), e incluso en las tierras altas y en otras partes de Mesoamérica (*ibid.*: 65 – nota 11; Šprajc y Sánchez 2015: 22; Šprajc *et al.* 2016: 13ss). De manera análoga, varios edificios pertenecientes al grupo enigmático, desviados alrededor de $\pm 40^\circ$ respecto a los rumbos cardinales, se encuentran relativamente alejados del litoral o en localidades costeras donde el curso de la orilla del mar es irregular y no pudo haber motivado su orientación. Ejemplos de ello son las estructuras de Akumal, Arrecife, Calica y Xelhá, pero aún más llamativa es la presencia de estas orientaciones en los sitios que se localizan lejos de la costa, no sólo en Cobá y San Gervasio sino también en la cuenca de Usumacinta, donde están plasmadas en varios edificios de Lacanhá y Plan de Ayutla (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 6). Recordemos también que constituyen el tercer grupo más prominente en la costa nororiental (figura 4.1). Por consiguiente, una explicación astronómica de estas orientaciones, si bien no hemos podido identificar sus referentes celestes de manera convincente, parece ineludible.

Los hechos enumerados implican que los edificios importantes en la costa nororiental fueron construidos en lugares seleccionados, donde el rumbo de la orilla del mar coincidía con la orientación requerida por criterios astronómicos. Es decir, la conformidad de una orientación con la topografía circundante de ninguna manera excluye la posibilidad de que también intervinieran las consideraciones astronómicas. En Mesoamérica contamos con evidencias contundentes de que la localización de las construcciones de especial importancia fue dictada por una combinación de factores astronómicos y geográficos. Muchos edificios en el centro de México y en las regiones de Oaxaca, el Golfo de México, el Occidente y el Norte manifiestan orientaciones astronómicas, pero a la vez incorporan direcciones hacia los cerros prominentes en el horizonte local (Šprajc 2001: 57;

Šprajc y Sánchez 2015: 86ss; Šprajc *et al.* 2016: 48s). En el área maya se han encontrado algunos casos de este tipo en Calakmul y Toniná (Sánchez y Šprajc 2015: 121ss, 200). Tampoco parece ser fortuito el hecho de que la orientación de la primera etapa de la Estructura C-1-a de El Caracol, en la orilla sur de la isla de Cozumel, pertenece al segundo grupo más difundido en las tierras bajas mayas (registrando las salidas del Sol el 22 de febrero y el 20 de octubre), pero además está alineada hacia un islote en el mar, a poca distancia hacia el oriente (*ibid.*: 150, fig. 29, tablas 7 y 9). Asimismo es ilustrativa la analogía del antiguo Egipto: contrario a la opinión común de que las orientaciones de los templos fueron simplemente ajustadas al curso del río Nilo, las investigaciones recientes han mostrado que también estaban involucrados los requisitos astronómicos, lo que significa que los templos fueron construidos en lugares premeditados, donde las direcciones astronómicamente significativas eran perpendiculares al Nilo (Belmonte 2012: 215ss).

Desde luego, sería imprudente aseverar que los factores astronómicos intervinieron en la orientación de todos y cada uno de los edificios en la costa nororiental de la península de Yucatán. Es muy probable que la orientación de algunos fuera azarosa o que obedeciera tan sólo a la geomorfología circundante. Proponer el motivo determinante en cada caso particular resulta imposible, pero los argumentos expuestos permiten concluir que las tendencias más pronunciadas en la distribución de las orientaciones –incluyendo el grupo con desviaciones alrededor de $\pm 40^\circ$ respecto a los rumbos cardinales– y en su relación con las costas adyacentes reflejan un diseño consciente, basado tanto en los requisitos astronómicos como en los topográficos. Los templos costeros pueden interpretarse en términos de su papel en los rituales relacionados con la pesca (Goñi 1998: 61; Sánchez de Aguilar 1639: 105), así como en los peregrinajes religiosos ligados al comercio a lo largo de las rutas marítimas, que llegaron a ser particularmente importantes durante el Posclásico (Rathje y Sabloff 1975; Sabloff y Rathje 1975; Freidel y Sabloff 1984: 185; Andrews 1990), pero los datos examinados arrojan mayor luz sobre los motivos específicos que dictaron su orientación y localización. Es de imaginar que los lugares donde los elementos constructivos de un edificio pudieron reproducir no sólo una dirección astronómicamente relevante, sino también el curso de la orilla del mar enfrente, adquirieron un significado especial en la cosmovisión, considerándose particularmente idóneos para la construcción de estructuras destinadas al culto y actividades públicas. Si recordamos que muchos templos mesoamericanos fueron erigidos sobre las cuevas o en sus inmediaciones (*cf.* Brady 1997; Brady y Bonor 1993; García-Zambrano 1994; Šprajc 2001: 124s, 234; Šprajc y Grube 2008: 267) y que el santuario de Recodo San Juan fue construido, a todas luces a propósito, alrededor de un gran bloque de coral (*v. supra*: p. 24), no es de extrañar que también la configuración del litoral marino, el umbral del mundo acuoso, hubiera sido uno de los rasgos del entorno natural que influenciaron la localización de los edificios de particular importancia.

5 Conclusiones

En varias regiones de Mesoamérica realizamos durante los últimos años una investigación sistemática de las orientaciones en la arquitectura prehispánica y de su significado astronómico. Los análisis de los datos procedentes de un gran número de sitios arqueológicos en las tierras bajas mayas, una de las áreas estudiadas, revelaron un alto grado de homogeneidad y longevidad de los patrones de orientación, pero también resultó evidente que la costa nororiental de la península de Yucatán, si bien compartía algunas normas importantes con el resto de las tierras bajas, a la vez se destacaba por algunas peculiaridades que no hemos podido explicar de manera satisfactoria. Con el objetivo de ampliar la información sobre las orientaciones en la región, en noviembre de 2015 llevamos a cabo las mediciones en campo en varios sitios que no habíamos estudiado anteriormente. Los datos resultantes se exponen y comentan en los capítulos 2 y 3, mientras que los análisis presentados en el capítulo 4 y basados en todos los datos disponibles de la costa nororiental permiten algunas conclusiones más contundentes sobre los patrones de orientación en la región.

Así como en el resto de las tierras bajas mayas, predominan las orientaciones relacionadas con el Sol, pero la peculiaridad de la costa nororiental es que su porcentaje es notablemente menor que en otras partes. El análisis de las declinaciones ha mostrado que las orientaciones que constituyen el grupo más prominente han de referirse, en la mayoría de los casos, a los extremos mayores de la Luna. Debido a los posibles errores de los datos y a la similitud de las declinaciones que alcanzan la Luna y Venus al llegar a sus extremos mayores, resulta difícil establecer el motivo más probable en cada caso particular. Los análisis de los datos adquiridos anteriormente en las tierras bajas mayas mostraron la existencia de orientaciones hacia las posiciones extremas tanto de la Luna como de Venus (Šprajc 1996a; Šprajc 2009; Sánchez y Šprajc 2015). En la costa nororiental, empero, el referente lunar debió ser mucho más común, a juzgar por la conformidad que se observa entre la distribución de las declinaciones lunares que corresponden a las orientaciones y las alcanzadas por la Luna en sus paradas mayores (capítulo 4, figura 4.1). La numerosidad de estas orientaciones, que contrasta con otras regiones de Mesoamérica, donde son relativamente escasas, ha de deberse a la popularidad que tenía en la región el culto a la diosa Ixchel, asociada con la Luna. Por ende, también es probable que varios edificios fueran orientados hacia los extremos menores del astro (tabla 2.5; Sánchez y Šprajc 2015: tabla 5), aunque la intencionalidad de las correspondencias entre estos fenómenos y las orientaciones es menos segura, ya que su otro referente pudo haber sido el Sol.

Las orientaciones hacia los extremos mayores de la Luna –para las que el referente lunar es particularmente evidente– están frecuentemente asociadas con las que corresponden a las posiciones del Sol en los solsticios; por otra parte, la distribución de las declinaciones indica que las orientaciones lunares tendían a marcar los extremos mayores norte del astro en el horizonte poniente, en tanto que las solsticiales registraban predominantemente los extremos sur del Sol en el horizonte oriente. En esta combinación de los hechos podemos ver el indicio de que los extremos lunares se observaban durante el plenilunio, ya que los extremos de la Luna llena y del Sol ocurren en la misma época del año, cerca de los solsticios, y pueden observarse casi simultáneamente en horizontes diametralmente opuestos. La asociación de las orientaciones

lunares con las solsticiales es congruente con la cosmovisión mesoamericana, en la que la Luna en su fase llena estaba conceptualmente relacionada con el Sol.

El significado de las orientaciones lunares puede explicarse con el simbolismo de la Luna, asociado con el agua y la fertilidad y probablemente inspirado por la realidad observacional. Diversos estudios han demostrado la correlación entre los ciclos sinódicos de la Luna y las variaciones en el régimen pluvial, las temperaturas, los huracanes y las tormentas tropicales, paralelismos que –como lo sugieren algunos datos que hemos mencionado– no pasaron inadvertidos por los antiguos mesoamericanos. Más aún, se ha comprobado la interdependencia entre la periodicidad de los cambios ambientales y los ciclos nodales de 18.6 años, es decir, los ciclos de los extremos. Por lo tanto, no es imposible que la Luna y sus extremos hayan adquirido la importancia tan sobresaliente en la costa nororiental precisamente a raíz de las relaciones observadas entre los ciclos lunares y las mareas, los huracanes y otros fenómenos tan característicos de la región, aunque por lo pronto no tenemos evidencias que sustenten esta conjetura.

En contraste con el resto de las tierras bajas mayas, las orientaciones solares en la costa nororiental constituyen apenas poco más de la mitad de la muestra. Entre estas, el porcentaje de las solsticiales es más alto que en otras partes, seguramente reflejando la ya mencionada importancia de los solsticios relacionada con la observación de los extremos lunares. La distribución de las orientaciones que corresponden a otras fechas no manifiesta patrones claramente discernibles. No obstante, el hecho de que varias fechas coinciden con las que marcan las orientaciones en otras partes indica que las normas fundamentales que la costa nororiental compartía con el resto de las tierras bajas incluían el propósito de que las orientaciones solares señalaran fechas separadas por múltiplos de 13 y de 20 días, permitiendo el uso de esquemas observacionales fácilmente manejables mediante el calendario formal y útiles para la regulación de actividades y ceremonias agrícolas, o quizá también de otras tareas estacionales, características del ambiente costero, pero cuya importancia no hemos logrado reconocer.

Las desviaciones de los rumbos cardinales en el sentido de las manecillas del reloj, predominantes en las tierras bajas mayas, prevalecen también en la costa nororiental y han de deberse al simbolismo de los rumbos del universo: las orientaciones solares con esta característica registraban los ortos solares en la época seca, con la que se relacionaba el oriente, y los ocasos en la temporada de lluvias, asociada con el poniente (v. toda la argumentación en: Šprajc 2001: 88ss; 2004). Sin embargo, el porcentaje de estructuras desviadas en el sentido opuesto es más elevado en la costa nororiental, probablemente reflejando conceptos cosmológicos diferentes. La tendencia podría tener que ver con los contactos comerciales con el área de Belice, donde tales desviaciones son relativamente comunes.

La pregunta que con los datos disponibles no hemos podido resolver de manera satisfactoria concierne los motivos de las orientaciones que no pueden relacionarse con el Sol, Venus o la Luna. Aunque la figura 4.1 muestra que las declinaciones correspondientes, en lugar de estar distribuidas de manera uniforme, manifiestan concentraciones alrededor de $\pm 37^\circ$, su dispersión que se observa en la tabla 4.1 apunta a la posibilidad de que estos alineamientos no se refirieran a una sola estrella sino a un asterismo. Al considerar las estrellas relativamente brillantes, encontramos los candidatos posibles en las constelaciones de Lyra y Cisne en el hemisferio norte del cielo y en las de Pez Austral, Escorpión y Sagitario en el hemisferio sur. En vista de algunos datos etnográficos, parece más probable que el asterismo referente estuviera en el hemisferio sur, compuesto por estrellas de Escorpión y Sagitario o de Pez Austral, pero habrá que buscar más datos que permitan verificar la hipótesis.

Aunque el problema permanece sin resolver, un motivo astronómico de estas orientaciones resulta altamente probable, tanto por tratarse del tercer grupo más prominente en la costa nororiental (figura 4.1) como por la presencia de orientaciones similares en la cuenca del río Usumacinta, región que –sorprendentemente– también parece caracterizarse por alineamientos fuera del ángulo de desplazamiento del Sol por el horizonte, incluyendo los que corresponden a los extremos mayores de la Luna (Sánchez y Šprajc 2015: tablas 4 y 6). Para establecer en qué medida se parecen los patrones de orientación en las dos regiones, sería muy importante adquirir más datos de la cuenca del Usumacinta.

En el capítulo 4 mostramos también que las orientaciones de los edificios construidos en la orilla del mar en muchos casos aproximadamente coinciden con el curso de la costa, pero no por ello pueden explicarse tan sólo en términos geomorfológicos. Considerando que, en su mayoría, pertenecen a grupos ampliamente difundidos y presentes también en sitios lejos del mar, resultan difícilmente negables sus bases astronómicas. El análisis que realizamos permite concluir que muchos edificios costeros fueron erigidos en lugares seleccionados, donde la orientación de la estructura pudo reproducir el curso de la orilla del mar enfrente y, a la vez, incorporar una dirección astronómicamente relevante. Como lo demuestran los casos análogos de otras partes de Mesoamérica, las localidades que cumplían con requisitos tanto astronómicos como topográficos debieron haberse considerado como particularmente apropiados para albergar las edificaciones destinadas al culto y actividades públicas.

Es justo advertir que el estado actual de muchas estructuras en la costa nororiental no permite determinar sus orientaciones y, por ende, sus referentes celestes de manera confiable. Asimismo, es probable que los criterios astronómicos no intervinieran en la orientación de todos y cada uno de los edificios que hemos medido. No obstante, y pese a que el factor determinante no se puede establecer en cada caso particular, los resultados de los análisis que hemos realizado hacen evidente que los motivos astronómicos representan la explicación más viable para la mayoría de las orientaciones en la costa nororiental de la península de Yucatán. Como se ha argumentado (*cf.* Aveni 2001: 217ss; Aveni y Hartung 1986: 8; Šprajc 2001: 121ss, 412s; 2005), los usos y significados de los alineamientos astronómicos incorporados en la arquitectura cívica y ceremonial pueden comprenderse tanto en términos prácticos como en el contexto de los conceptos religiosos, de la cosmovisión y la ideología política.

Bibliografía

Adderley, E. E., y E. G. Bowen

1962 Lunar component in precipitation data. *Science* 137 (3532): 749-750.

Agosta, Eduardo Andrés

2014 The 18.6-year nodal tidal cycle and the bi-decadal precipitation oscillation over the plains to the east of subtropical Andes, South America. *International Journal of Climatology* 34 (5): 1606-1614.

Andrews, Anthony P.

1976 El proyecto Xcaret y reconocimiento de la costa central de Quintana Roo. *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 4 (19): 10-20.

1981 "Notas de campo", en posesión del autor.

1983 Reconocimiento arqueológico de Tulum a Punta Allen, Quintana Roo. *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 11 (61): 15-31.

1986 Reconocimiento arqueológico de Cancún a Playa del Carmen, Quintana Roo. *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 13 (78): 3-19.

1990 The role of trading ports in Maya civilization. En: Flora S. Clancy y Peter D. Harrison, eds., *Vision and revision in Maya studies*, Albuquerque: University of New Mexico Press, pp. 159-167.

Andrews IV, E. Wyllys, and 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, Anthony P., y Gabriela Vail

1990 Cronología de sitios prehispánicos costeros de la península de Yucatán y Belice. *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 18, núm. 104-105: 37-66.

Aveni, Anthony F.

2001 *Skywatchers: A revised and updated version of Skywatchers of ancient Mexico*. Austin: University of Texas Press.

Aveni, Anthony F., y Horst Hartung

1978 Los observatorios astronómicos en Chichen Itzá, Mayapán y Paalmul. *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 6 (32): 2-13.

1986 *Maya city planning and the calendar*. Transactions of the American Philosophical Society Vol. 76, Part 7, Philadelphia.

Balling, Robert C., y Randall S. Cerveny

1995 Influence of lunar phase on daily global temperatures. *Science* 267 (5203): 1481-1483.

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.

- 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.
- Blanco Padilla, Alicia, Raúl Azúa, y Bernardo Rodríguez Galicia
1999 Colección arqueozoológica de perros del sitio Chac-Mool, Punta Pájaros, Quintana Roo. *Arqueología: Revista de la Coordinación Nacional de Arqueología del INAH*, segunda época, núm. 22: 89-106.
- Bradley, Donald A., Max A. Woodbury, y Glenn W. Brier
1962 Lunar synodical period and widespread precipitation. *Science* 137 (3532): 748-749.
- Brady, James E.
1997 Settlement configuration and cosmology: the role of caves at Dos Pilas. *American Anthropologist* 99 (3): 602-618.
- Brady, James E., y Juan Luis Bonor Villarejo
1993 Las cavernas en la geografía sagrada de los mayas. En: Ma. Josefa Iglesias Ponce de León y Francesc Ligorred Perramon, eds., *Perspectivas antropológicas en el mundo maya*, Publicaciones de la S.E.E.M. núm. 2, Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas – Instituto de Cooperación Iberoamericana, pp. 75-95.
- Bricker, Harvey M., y Victoria R. Bricker
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.
- Carlson, John B., y Ron Cherry
1996 Arthropods in astronomy: cases in “Western” and Mesoamerican ethnoentomology. *American Entomologist* 42 (3): 149-158.
- 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.
- Con Uribe, María José
2005 The East Coast of Quintana Roo: a brief account of archaeological work. En: Justine M. Shaw y Jennifer P. Mathews, eds. *Quintana Roo archaeology*, Tucson: The University of Arizona Press, pp. 15-29.
- 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.

Eliade, Mircea

- 1972 *Tratado de historia de las religiones*. México: Ediciones Era (trad. por T. Segovia; orig.: *Traité d'histoire des religions*, París: Editions Payot, 1964).

Freidel, David A., y Jeremy A. Sabloff

- 1984 *Cozumel: Late Maya settlement patterns*. New York: Academic Press.

Gann, Thomas

- 1924 *In an unknown land*. New York: Charles Scribner's Sons.

García-Abdeslem, J., y G. E. Ness

- 1994 Crustal structure of the eastern part of the Maya Terrane from magnetic anomalies and magnetic power spectrum inversion. *Geofísica Internacional* 33 (3): 399-420.

García-Zambrano, Ángel J.

- 1994 Early colonial evidence of pre-Columbian rituals of foundation. En: Virginia M. Fields, ed., *Seventh Palenque Round Table, 1989*, San Francisco: The Pre-Columbian Art Research Institute, pp. 217-227.

González, Roberto Jesús

- 2001 *Zapotec science: Farming and food in the Northern Sierra of Oaxaca*. Austin: University of Texas Press.

González de la Mata, María Rocío

- 1984 Xaman Ha': un sitio prehispánico en la costa de Quintana Roo. En: *Investigaciones recientes en el área maya: XVII Mesa Redonda, Sociedad Mexicana de Antropología, Sn. Cristóbal de Las Casas, Chiapas*, tomo II: 155-165. México: Sociedad Mexicana de Antropología.

González de la Mata, Ma. Rocío, y Elia del Carmen Trejo Alvarado

- 1981 Playa del Carmen: excavaciones en la costa oriental de Quintana Roo, temporada 1978. En: *Memoria del Congreso Interno 1979*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro Regional del Sureste, pp. 123-138.

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

- 1992 Proyecto arqueológico PlayaCar. En: *Consejo de Arqueología: Boletín 1991*, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, pp. 135-138.

- 1998 *Xamanhá: Un sitio arqueológico de la costa central de Quintana Roo*. Colección Científica 341. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

- 1999 Historia de un monumento: el templo maya de Isla Mujeres. *Estudios de Cultura Maya* 20: 21-62.

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.

- Haigh, Ivan D., Matt Eliot, y Charitha Pattiaratchi
2011 Global influences of the 18.61 year nodal cycle and 8.85 year cycle of lunar perigee on high tidal levels. *Journal of Geophysical Research* 116 (C6): C06025 (doi:10.1029/2010JC006645).
- Hartig, Helga-Maria
1979 Datiertes Lintel in Playa del Carmen. *Mexicon* 1 (1): 5-6.
- 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.
- Hawkins, Gerald S.
1968 Astro-archaeology. *Vistas in Astronomy* 10: 45-88.
- Hawkins, Gerald S., y Shoshana K. Rosenthal
1967 5,000- and 10,000-year star catalogs. *Smithsonian Contributions to Astrophysics* 10 (2): 141-179.
- Holmes, William H.
1895 *Archeological studies among the ancient cities of Mexico, part I: Monuments of Yucatan*. Field Columbian Museum, Anthropological Series, vol. I, Chicago.
- Justeson, John S.
1989 Ancient Maya ethnoastronomy: an overview of hieroglyphic sources. En: A. F. Aveni, ed., *World archaeoastronomy*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 76-129.
- Klein, Cecelia F.
1976 *The face of the earth: Frontality in two-dimensional Mesoamerican art*. New York – London: Garland Publishing Inc.
1980 Who was Tlaloc? *Journal of Latin American Lore* 6 (2): 155-204.
- Köhler, Ulrich
1991 Conocimientos astronómicos de indígenas contemporáneos y su contribución para identificar constelaciones aztecas. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski, y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 249-265.
- Lamb, Weldon W.
1981 Star lore in the Yucatec Maya dictionaries. En: Ray A. Williamson, ed., *Archaeoastronomy in the Americas*, Los Altos: Ballena Press – College Park: The Center for Archaeoastronomy, pp. 233-248.
- Landa, Fr. Diego de
1973 *Relación de las cosas de Yucatán*. 10a. ed., México: Ed. Porrúa.
- Lothrop, S. K.
1924 *Tulum: An archaeological study of the east coast of Yucatan*. Carnegie Institution of Washington Publication No. 335, Washington.
- Mayer, Karl Herbert
1978 Ein Inschriftenfund in Playa del Carmen, Mexiko. *Ethnologia Americana* 15 (87-3): 859-860.

- 2015 The Maya ruins of Pok ta Pok, Cancun, Quintana Roo. *IMS Explorer* 44 (4): 1-8.
- 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.
- Milbrath, Susan
1999 *Star gods of the Maya: Astronomy in art, folklore, and calendars*. Austin: University of Texas Press.
- Miller, Arthur G.
1982 *On the edge of the sea: Mural painting at Tancah-Tulum, Quintana Roo, Mexico*. Washington: Dumbarton Oaks.
- 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.
- Morrison, L. V.
1980 On the analysis of megalithic lunar sightlines in Scotland. *Archaeoastronomy* No. 2 (*Journal for the History of Astronomy*, Supplement to Vol. 11): S65-S77.
- Oost, A. P., H. de Haas, F. Ijnsen, J. M. van den Boogert, and P. L. de Boer
1993 The 18.6 yr nodal cycle and its impact on tidal sedimentation. *Sedimentary Geology* 87 (1): 1-11.
- Peissel, Michel
1964 *The lost world of Quintana Roo*. London: Hodder and Stoughton.
- Pollock, H. E. D.
1936 *Round structures of aboriginal Middle America*. Carnegie Institution of Washington Publication No. 471, Washington.
- Rathje, W. L., y J. A. Sabloff
1975 Theoretical background: general models and questions. 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. 6-20.
- 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.
- Riese, Berthold
1978 Stellungnahme zur Inschrift. *Ethnologia Americana* 15 (87-3): 860-861.
- Ruggles, Clive
1999 *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*. New Haven – London: Yale University Press.
2015 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.

Sabloff, J. A., y W. L. Rathje

- 1975 Cozumel's place in Yucatecan culture history. 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. 21-28.

Sánchez de Aguilar, Pedro

- 1639 *Informe contra idolorum cultores del obispado de Yucatan*. Madrid (Biblioteca Digital AECID: <http://bibliotecadigital.aecid.es/bibliodig/i18n/consulta/registro.cmd?id=831>).

Sánchez Nava, Pedro Francisco, e Ivan Šprajc

- 2012a 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.
- 2012b Orientaciones en la arquitectura maya: astronomía, calendario y agricultura. *Arqueología Mexicana* 19 (118): 46-55.
- 2013 Significado astronómico de las orientaciones en la arquitectura de Edzná, Campeche, México. En: *Los Investigadores de la Cultura Maya 21*, tomo I: 241-256. Campeche: Universidad Autónoma de Campeche.
- 2015 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Arqueología, Serie Logos).

Sanders, William T.

- 1955 An archaeological reconnaissance of northern Quintana Roo. *Carnegie Institution of Washington Current Reports* No. 24: 179-222.
- 1960 Prehistoric ceramics and settlement patterns in Quintana Roo, Mexico. *Contributions to American Anthropology and History* No. 60, *Carnegie Institution of Washington Publication* 606: 155-264. Washington: Carnegie Institution of Washington.

Schaefer, Bradley E.

- 1986 Atmospheric extinction effects on stellar alignments. *Archaeoastronomy* núm. 10 (suplemento a *Journal for the History of Astronomy* 17): S32-S42.
- 2000 New methods and techniques for historical astronomy and archaeoastronomy. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 15: 121-136.

Silva Rhoads, Carlos, y Concepción María del Carmen Hernández

- 1991 *Estudios de patrón de asentamiento en Playa del Carmen, Quintana Roo*. Colección Científica 231. México, D.F: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

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.

Sletteland, Trygve B.

- 1979 "A preliminary study of the possible astronomical alignment of "El Observatorio", Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico". Paper presented at the "Archaeoastronomy in the Americas" Conference, Santa Fe, New Mexico (<http://latona.us/tbs/?p=191>).

- 1985 *The Late Postclassic East Coast Maya and the Moon: A test of the lunar standstill orientation hypothesis*. Tesis de Maestría. Sacramento: California State University (<http://latona.us/tbs/?p=39>).

Šprajc, Ivan

- 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.
- 1996a *Venus, lluvia y maíz: Simbolismo y astronomía en la cosmovisión mesoamericana*. Colección Científica 318, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- 1996b *La estrella de Quetzalcóatl: El planeta Venus en Mesoamérica*. México: Editorial Diana.
- 2001 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México*, Colección Científica 427, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- 2004 The south-of-east skew of Mesoamerican architectural orientations: astronomy and directional symbolism. En: Maxime Boccas, Johanna Broda, y Gonzalo Pereira, eds., *Etno y 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.
- 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.
- 2015 Alignments upon Venus (and other planets) - identification and analysis. In: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 507-516.

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, Heinz-Dieter Richter, y Pedro Francisco Sánchez Nava

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

Šprajc, Ivan, y Pedro Francisco Sánchez Nava

- 2012 Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas: nuevos datos e interpretaciones. En: Bárbara Arroyo, Lorena Paiz y Héctor Mejía, eds., *XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, vol. 2: 977-996. Guatemala: Instituto de Antropología e Historia – Asociación Tikal.

- 2013a Equinoxes in Mesoamerican architectural alignments: prehispanic reality or modern myth? En: Ivan Šprajc y Peter Pehani, eds., *Ancient cosmologies and modern prophets: Proceedings of the 20th Conference of the European Society for Astronomy in Culture*, Anthropological Notebooks 19, 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.
- 2015 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura de Mesoamérica: Oaxaca y el Golfo de México*. Prostor, kraj, čas 8. Ljubljana: Založba ZRC (http://iaps.zrc-sazu.si/sites/default/files/pkc08_sprajc.pdf).
- Šprajc, Ivan, Pedro Francisco Sánchez Nava, y Alejandro Cañas Ortiz
- 2016 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura de Mesoamérica: Occidente y Norte*. Prostor, kraj, čas 12. Ljubljana: Založba ZRC (http://iaps.zrc-sazu.si/sites/default/files/pkc12_sprajc.pdf).
- Tedlock, Barbara
- 1985 Hawks, meteorology and astronomy in Quiché-Maya agriculture. *Archaeoastronomy: The Journal of the Center for Archaeoastronomy* 8 (1-4): 80-88.
- Tedlock, Dennis
- 1985 *Popol Vuh: The Mayan book of the dawn of life*. New York: Simon & Schuster.
- Terrones González, Enrique
- 2004 Algunas evidencias de sacrificio en el asentamiento prehispánico de Chac Mool, Quintana Roo. En: Antonio Benavides, Linda Manzanilla, y Lorena Mirambell, eds., *Homenaje a Jaime Litvak*, Colección Científica 458, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia – Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 357-378.
- Thom, A.
- 1971 *Megalithic lunar observatories*. Oxford: Oxford University Press.
- Trejo A., Elia del Carmen, y María Rocío González de la M.
- 1993 Recapitulación y nuevos enfoques en la arqueología del norte de Quintana Roo. En: María Teresa Cabrero G., ed., *II Coloquio Pedro Bosch-Gimpera*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 343-365.
- Vargas Pacheco, Ernesto
- 1978 Los asentamientos prehispánicos y la arquitectura en la isla Can Cun, Quintana Roo. *Estudios de Cultura Maya* 11: 95-112.
- Vogt, Evon Z.
- 1997 Zinacanteco astronomy. *Mexicon* 19 (6): 110-117.
- Witschey, Walter R. T.
- 2008 "Muyil, Quintana Roo, Mexico. Web site with dissertation and other notes". <http://muyil.smv.org/>.

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

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

ASPECTOS ASTRONÓMICOS DE LA ARQUITECTURA MAYA EN LA COSTA NORORIENTAL DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Pedro Francisco Sánchez Nava

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

Ivan Šprajc

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

Martin Hobel

Economista, Gerente de Ventas de Área en la empresa Villas Austria, investigador aficionado a la arqueología maya. Asistió a las conferencias de la Asociación Europea de Mayistas (Wayeb) en Bruselas, Bélgica (2013), y Bratislava, Eslovaquia (2014), y copatrocinó las temporadas 2013 y 2014 del proyecto de Reconocimiento Arqueológico en el Sureste de Campeche, México, dirigido por I. Šprajc.