

LOS INVESTIGADORES DE
LA CULTURA MAYA

18
TOMO II

FOTO DE PORTADA:

OXPEMUL, CAMPECHE.
ESTELA 22, GLIFO EMBLEMA
TRONO DE PIEDRA. SIGLO V
CIHS - UAC
COMPOSICIÓN EN 3D:
MARÍA JOSÉ PAREDES LANZ

MEMORIAS.

XVIII ENCUENTRO INTERNACIONAL:

LOS INVESTIGADORES DE LA CULTURA MAYA 2009.

TOMO II

PRIMERA EDICIÓN: 2009

DERECHOS RESERVADOS:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE

DIRECCIÓN GENERAL DE DIFUSIÓN CULTURAL

AV. AGUSTÍN MELGAR S/N ENTRE JUAN DE LA BARRERA Y CALLE 20

COL. BUENAVISTA C.P. 24039

CAMPECHE, CAMPECHE. MÉXICO

IMPRESO EN MÉXICO.

ISBN DE LA OBRA COMPLETA: 968-6585-41-9

ISBN DEL LIBRO 18, TOMO II: 978-607-78-87-17-1

**PROPIEDADES ASTRONÓMICAS
DE LA ARQUITECTURA PREHISPÁNICA
EN LA ISLA DE COZUMEL,
QUINTANO ROO, MEXICO**

Ivan Šprajc

Centro de Investigaciones Científicas de la Academia Eslovena
de Ciencias y Artes Ljubljana, Eslovenia

PROPIEDADES ASTRONÓMICAS DE LA ARQUITECTURA PREHISPÁNICA EN LA ISLA DE COZUMEL, QUINTANO ROO, MEXICO

Ivan Šprajc

Centro de Investigaciones Científicas
de la Academia Eslovena de Ciencias y Artes
Ljubljana, Eslovenia

INTRODUCCIÓN

Los estudios arqueoastronómicos realizados durante las últimas décadas han revelado que las orientaciones arquitectónicas en Mesoamérica manifiestan una distribución claramente no-aleatoria y que los edificios cívico-ceremoniales fueron orientados predominantemente con base en consideraciones astronómicas, ante todo hacia las posiciones del Sol en el horizonte en ciertas fechas del año trópico (Aveni 2001; 2003; Aveni y Hartung 1986; Aveni *et al.* 2003; Tichy 1991; Galindo 1994; Šprajc 2001a; 2001b; 2005). Con el objetivo de explorar el posible significado astronómico de los alineamientos en la arquitectura y trazas urbanas mayas en la isla de Cozumel, fueron realizadas, en junio y julio de 2009, las mediciones en varios sitios arqueológicos que conservan vestigios arquitectónicos¹.

Aunque la ocupación de Cozumel se remonta al menos al Preclásico Tardío, los restos de arquitectura datan, en su mayoría, del periodo Postclásico Tardío; entre las estructuras que se midieron para fines de este estudio, sólo las de los grupos El Ramonal y Murciélagos de

San Gervasio son más tempranas (Sabloff y Rathje 1975a; Connor 1975; Freidel y Sabloff 1984; Robles 1986a; 1986b; Sierra 1994; Azcarate y Ramírez 2000; Ramírez y Azcarate 2000; 2002). En vista del periodo relativamente corto al que pertenece la mayor parte de los vestigios arquitectónicos, y considerando el tamaño de la isla y su natural delimitación, podemos suponer un alto grado de homogeneidad cultural, reflejada seguramente también en los principios que regían el diseño arquitectónico y planeación urbana.

DATOS SOBRE LOS ALINEAMIENTOS

No parece necesario argumentar extensamente que los motivos astronómicos, relacionados con la religión, cosmovisión e ideología política, gobernaban principalmente la orientación de los edificios cívico-ceremoniales, mientras que las estructuras que no estaban relacionadas con el culto, prácticas rituales y actividades públicas posiblemente fueron orientadas al azar o con base en normas esencialmente diferentes y relacionadas con las condiciones ambientales (configuración del terreno, peculiaridades climáticas), consideraciones militares y otros motivos más prácticos (*cf.* Aveni 2001: 217ss; Šprajc 2001a: 31s). Por consiguiente, para obtener resultados coherentes fue necesario, en primer lugar, escoger los edificios cuyas orientacio-

¹ El trabajo pudo llevarse a cabo gracias a las facilidades brindadas por Adriana Velázquez Morlet, directora del Centro INAH Quintana Roo, y al apoyo de varias personas de Cozumel, ante todo de Noemí Ruiz de Becerra, Rita Sheese, Liza Palm, Ksenija Baruca y Margarita Carbajal.

nes serían incluidas en los análisis. El limitante principal fue el estado actual de las estructuras: las mediciones, desde luego, sólo pudieron realizarse en las que, por encontrarse suficientemente bien preservadas o por haber sido excavadas y consolidadas, cuentan con elementos expuestos (muros, alineamientos de piedras) que permiten determinar su orientación con cierta precisión. La selección basada en este criterio resultó ser suficiente, ya que prácticamente todas las estructuras medibles pertenecen a los tipos para los que Freidel y Sabloff (1984) suponen funciones cívicas o ceremoniales.

Las mediciones fueron efectuadas con brújula, corrigiéndose las lecturas por declinación magnética local², y con teodolito y referencia astronómica, empleándose las técnicas establecidas (cf. Aveni 2001: 120ss; Ruggles 1999: 164ss). Las estructuras en las que, por su estado actual, el empleo del teodolito no aseguraba mayor confiabilidad del resultado, fueron medidas únicamente con brújula. En cada edificio se midieron todos los muros este-oeste y norte-sur, tomándose los valores medios de estas lecturas como representativos de la orientación intencionada. Sin embargo, en algunos casos se les asignó mayor peso a los ejes centrales de las estructuras, marcados por ciertos elementos constructivos –p. ej. pares de columnas o jambas de las entradas dobles– que indican claramente la dirección en la que fueron orientadas. Los muros largos y bien conservados, así como otros alineamientos definibles con precisión, fueron medidos con teodolito y referencia astronómica (sobre las cuestiones metodológicas relacionadas con la medición de los alineamientos, v. Šprajc 2001a: 37ss).

Las orientaciones se determinaron para 29 estructuras o conjuntos arquitectónicos³ en 9 sitios arqueológicos. Los datos sobre los alineamientos se presentan en la tabla 1. En la primera columna aparecen los nombres de los sitios y, en la segunda, los nombres de los edificios cuyas orientaciones fueron determinadas. Los edificios se designan de acuerdo con la nomenclatura establecida por el proyecto Harvard-Arizona llevado a cabo en los años 1970s, ya que ésta se basa en criterios uniformes válidos para toda la isla de Cozumel y explicados por Gregory (1975: 91) y Freidel y Sabloff (1984: 5ss): el código con letra y número, correspondiendo al sitio, es seguido por el número de la estructura. Esta nomenclatura se usa también para los edificios y grupos arquitectónicos de San Gervasio, aunque para este sitio, el más importante de la isla, se han introducido designaciones diferentes en publicaciones recientes; algunos de estos nombres alternativos, empleados también en las tablas explicativas del sitio, se añaden entre paréntesis. La información arqueológica sobre los sitios y los edificios incluidos en el presente estudio puede encontrarse en Sabloff y Rathje (1975a), Freidel y Sabloff (1984), Robles (1986a; 1986b), Sierra (1994), Azcarate y Ramírez (2000) y Ramírez y Azcarate (2000; 2002); publicaciones anteriores se citan en estas obras. Para la ubicación de los sitios, véase el mapa de Freidel y Sabloff (1984: Fig. 3).

En la tercera y cuarta columna de la tabla 1 aparecen las coordenadas geográficas de cada estructura (latitud ϕ y longitud λ) y, en la quinta, el azimut (A)⁴ de orientación hacia el este y el que, con 180° de diferencia, define el sentido opuesto de la misma orientación (*i.e.* hacia el oeste), ya que los dos valores se relacionan con distintos fenómenos astronómicos. No se incluyen los azimuts norte-sur, ya que en todos los casos son aproximadamente perpendiculares a los este-oeste. En la siguiente columna aparecen las declinaciones (δ)⁵, que permiten identificar

En la tercera y cuarta columna de la tabla 1 aparecen las coordenadas geográficas de cada estructura (latitud ϕ y longitud λ) y, en la quinta, el azimut (A)⁴ de orientación hacia el este y el que, con 180° de diferencia, define el sentido opuesto de la misma orientación (*i.e.* hacia el oeste), ya que los dos valores se relacionan con distintos fenómenos astronómicos. No se incluyen los azimuts norte-sur, ya que en todos los casos son aproximadamente perpendiculares a los este-oeste. En la siguiente columna aparecen las declinaciones (δ)⁵, que permiten identificar

2 Los valores de declinación magnética para cada sitio fueron obtenidos mediante la calculadora en línea del *National Geophysical Data Center* (EE.UU.) (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp>).

3 Si dos o más edificios adyacentes comparten la misma orientación, ésta fue considerada en los análisis como un solo alineamiento.

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

5 La *declinación*, una de las coordenadas usadas en la astronomía esférica, expresa la distancia angular medida desde el ecuador celeste (círculo imaginario en la esfera

los fenómenos astronómicos posiblemente relacionados con los alineamientos y que han sido calculadas empleando los procedimientos descritos en otros lugares (Aveni 2001: 119ss; Ruggles 1999: 18, 164ss; Šprajc 1999: 17ss; 2001a: 45ss). En vista de que la isla es prácticamente plana, se asumió que la altura angular del horizonte local, necesaria en estos cálculos, fue en todos los casos 0°. Los valores de declinación están acompañados por los márgenes de error, estimados con base en las incertidumbres derivadas del estado actual de conservación de los edificios. En la última columna se presentan los posibles referentes astronómicos de los alineamientos; para las declinaciones que se encuentran dentro del rango de las que alcanza el Sol en el transcurso del año trópico –desde aprox. -23.5° en el solsticio de invierno (22 de diciembre \pm 1 día) hasta aprox. +23.5° en el solsticio de verano (22 de junio \pm 1 día)– se anotan las fechas de salida y puesta del Sol correspondientes.

INTERPRETACIÓN

Como se observa en los planos de los sitios y estructuras individuales publicados por Freidel y Sabloff (1984), los edificios prehispánicos de Cozumel están desviados, en su mayoría, en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales, es decir, al sur/norte del oriente/poniente. Esta regularidad se manifiesta también en el histograma de los azimuts (figura 1) que corresponden a los ejes este-oeste de los edificios medidos para fines del presente estudio: el único edificio desviado en el sentido contrario es la Estructura 32-a (Nohoch Nah) de San Gervasio. No obstante las excepciones que encontramos en ciertas áreas y periodos, las desviaciones en el sentido de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales prevalecen en la arquitectura mesoamericana en general (cf. Aveni 2001: 233; Aveni y Hartung 2000: 55; Tichy 1991; Šprajc 2001a; 2001b: 293ss)

y representan un primer indicador de que las orientaciones tenían alguna base astronómica⁶. El hecho de que la distribución de las orientaciones arquitectónicas en Mesoamérica manifiesta concentraciones evidentes dentro de ciertos rangos azimutales revela, además, que se refieren a fenómenos astronómicos observables en el horizonte, es decir, a los puntos de salida y puesta de los cuerpos celestes (Šprajc 2001a: 25; 2001b: 294ss)⁷. Tal explicación es, debido a la patente falta de uniformidad en la distribución azimutal en la figura 1, aplicable también a las orientaciones medidas en Cozumel.

Puesto que las plantas de la mayoría de los edificios son aproximadamente rectangulares o están compuestas por elementos rectangulares, la orientación de una estructura puede describirse con dos azimuts, que corresponden a las líneas (muros, paños etc.) norte-sur y este-oeste. Sin embargo, en el histograma en la figura 1 se presenta únicamente la distribución de los azimuts este-oeste, ya que la distribución de los azimuts norte-sur, que debido a las plantas rectangulares de los edificios son aproximadamente perpendiculares a los este-oeste, sería prácticamente igual. La predominante importancia de los azimuts este-oeste es sugerida por los datos comparativos, según los cuales las orientaciones en la arquitectura mesoamericana se refieren, en su mayoría, a las posiciones del Sol sobre el horizonte en ciertas fechas. En tanto que el argumento exhaustivo que apoya esta afirmación puede encontrarse en otro lugar (Šprajc 2001a: 25s; 2001b: 296s), es particularmente significativo que los ejes este-oeste de

6 Cabe subrayar que el argumento astronómico es esencial, pero no suficiente por sí mismo para explicar la característica desviación de las orientaciones mesoamericanas en el sentido de las manecillas de reloj. Según la argumentación presentada en otro lugar (Šprajc 2001a: 88-91; 2004a), esta tendencia deriva de una combinación de consideraciones astronómicas y el simbolismo relacionado con los rumbos del mundo o partes del universo.

7 Como afirman Aveni y Hartung (1986: 7s), "if we find alignments that are confined to a narrow azimuthal range in a sample of buildings spread far apart in space [...] there can be no conceivable way of actually laying out the chosen direction other than by the use of astronomical bodies at the horizon as reference objects."

celeste, colocado en el plano del ecuador terrestre) hacia el norte (declinación positiva) o hacia el sur (declinación negativa), teniendo valores de 0° a \pm 90°.

los edificios mesoamericanos se encuentran, en gran parte, dentro del ángulo de desplazamiento anual del Sol por el horizonte (*ibid.*; Aveni y Hartung 1986: 59s; 2000: 55), tendencia que se observa también en Cozumel. El histograma en la figura 2 presenta la distribución de las declinaciones correspondientes a los ejes este-oeste de los edificios.

Antes de discutir el probable significado de los grupos de orientaciones más evidentes, así como de alineamientos menos frecuentes, cabe notar que las estructuras de los sitios en la costa oriental de la isla manifiestan, en su mayoría, una concordancia aproximada entre sus orientaciones y la orilla del mar frente a ellos: los azimuts medios de la playa frente a los edificios de Cinco Puertos, La Palma, Castillo Real y Janán I son 40°, 22-25°, 25-31° y 26°, respectivamente, y, por lo tanto, aproximadamente perpendiculares a los que corresponden a los ejes este-oeste de las estructuras en estos sitios y que se citan en la tabla 1. No obstante, el hecho de que las orientaciones de la mayoría de estos edificios pertenecen a los grupos cuyo significado puede explicarse en términos astronómicos (*v. infra*) sugiere que fueron construidos de manera premeditada en los lugares donde la dirección de la costa coincidía con la orientación requerida por consideraciones astronómicas. Los numerosos edificios prehispánicos en el centro de México, alineados astronómicamente y, además, hacia los cerros prominentes en sus alrededores, representan una analogía muy ilustrativa (*cf.* Šprajc 2001a: 57; 2005: 212). Sin embargo, si consideramos que la correspondencia entre la costa y la disposición de los edificios costeros es, en la mayoría de los casos, poco exacta, quizá no sea fortuito que es la orientación de la Estructura 1-a de Cinco Puertos (130°; *v.* tabla 1) la que manifiesta la mejor concordancia con el curso de la playa enfrente (40°): tanto la planta de este edificio, que es enteramente singular, como su ubicación cerca del importante asentamiento de Buena Vista sugieren que sus funciones no eran rituales sino relacionadas con la defensa (Freidel y Sabloff 1984: 68, Fig. 17e), por lo que su orientación, para la que un refe-

rente astronómico no es evidente, seguramente no refleja más que el intento de adecuarla a la playa en el lugar elegido por motivos prácticos. Por otra parte, la discrepancia entre las orientaciones de las estructuras de El Caracol (tabla 1) y la costa adyacente, cuyo azimut es de 65°, es tan notable que, al menos en este caso, los alineamientos arquitectónicos definitivamente no pueden explicarse simplemente como ajustados a la geomorfología local; como veremos más adelante, es probable que en la disposición de la arquitectura de El Caracol intervinieran factores astronómicos.

Orientaciones solsticiales

El grupo más sobresaliente de orientaciones manifiesta los azimuts cerca de 115°/295°, que corresponden a las declinaciones alcanzadas por el Sol en los solsticios de junio (23.5°) y de diciembre (-23.5°; figuras 1 y 2). Se trata de las estructuras 5-a (El Palacio), 6-a (El Osario), 6-c (Los Nichos), 7-a (Las Columnas), 25-a (Manitas), 27-a (La Tumba), 30-a (II-32), 38-a, 41-a (Ka'na Nah) y 48a (VI-2a) de San Gervasio, 2-a de Janán I y 1-b de Buena Vista (tabla 1).

En San Gervasio es evidente que la dirección solsticial domina varios sectores del sitio. La mayoría de los edificios mencionados arriba forma parte de los Grupos I (Central), II y III (Manitas), dispuestos a lo largo de un eje solsticial marcado por el *sacbé* 2, que conecta los Grupos I y III y cuyo azimut es aproximadamente 115°/295° (*cf.* Sabloff y Rathje 1975a: fig. 15); evidentemente paralelo a éste es, como se observa en el plano del sitio (*ibid.*: plano anexo), el *sacbé* 7, en el conjunto al suroeste del Grupo I. Las demás orientaciones solsticiales se encuentran en el Grupo VI (El Ramonal). Asimismo, quizá no sea casual que el Grupo Murciélagos y la Estructura 32-a (Nohoch Nah) están situados a lo largo de una línea aproximadamente solsticial.

Aunque el estado actual de varios edificios no permite determinar sus orientaciones intencionadas con mucha precisión, es evidente que no todos estaban orientados hacia los even-

tos solsticiales con exactitud. Podemos suponer que sólo algunos fueron destinados para las observaciones, mientras que la orientación de los aledaños fue menos exacta y tan sólo ajustada, de manera aproximada, a los que eran astronómicamente funcionales. Además de que esta suposición está de acuerdo con la información comparativa de otras culturas, en algunos sitios mesoamericanos, p. ej. en Teotihuacan, también hay evidencias internas que la sustentan (Šprajc 2000; 2001a: 209ss). A juzgar por los valores de declinación calculados con base en los azimuts medidos, es probable que los eventos solsticiales fueran observados en las Estructuras 30-a, 38-a y 48a (VI-2a del grupo El Ramonal); en este último caso el observador parado en la Estructura 48a, un edificio palaciego fechado al periodo Clásico (Gregory 1975: 103, Fig. 22; Freidel y Sabloff 1984: 70, 151, Fig. 17j; Azcarate y Ramirez 2000: fig. 3), pudo ver la puesta del Sol en el solsticio de junio sobre la Estructura 47 (VI-2c), al otro lado de la plaza, o bien, desde la Estructura 47 pudieron ser observadas las salidas del Sol en los solsticios de diciembre sobre la Estructura 48a, suponiendo que había algún elemento en el techo de esta última que marcaba la dirección solsticial con precisión. En general, el estado actual de los edificios no permite determinar los alineamientos astronómicamente funcionales con precisión, por lo que tampoco es posible decidir si se observaban las salidas del Sol en los solsticios de invierno o sus puestas en los solsticios de verano.

El edificio para el que podemos suponer la función observacional con mayor probabilidad es la Estructura 41-a (Ka'na Nah), ante todo porque es uno de los edificios más altos e importantes de San Gervasio (Gregory 1975: 105; Freidel y Sabloff 1984: 63ss, Figs. 14 & 15). En su parte alta se conservan los restos del santuario cuya entrada, así como la escalinata principal de la estructura, miran hacia el poniente, mientras que el espacio interior del santuario lo divide un muro que corre en dirección norte-sur, pero no alcanza los muros norte y sur, dejando estrechos accesos laterales al aposento interior oriente; este muro está, además, perfo-

rado por un vano central (Sierra 1994: 109, fig. 38). El azimut citado en la tabla 1 representa el valor medio de los azimuts medidos a lo largo de las jambas de la entrada exterior y del vano central en el muro interior, pero no necesariamente reproduce el valor original e intencionado con mucha precisión, debido a que en las jambas faltan partes considerables del estuco. La disposición del edificio, que posee tanto la escalinata principal de acceso como la entrada al aposento superior del lado poniente, sugiere que la intención de los constructores fue registrar las puestas del Sol en los solsticios de junio: puesto que la entrada poniente al santuario superior es ligeramente más ancha que el vano en el muro interior, los rayos solares que penetran en el espacio interior, al ponerse el Sol en los días solsticiales, forman en la pared poniente del muro interior dos franjas iluminadas a cada lado del vano central (figura 3). Frente a este vano se encuentra, adosado a la pared poniente del muro medial, un altar cuadrangular⁸. Si este altar sostenía la escultura de la deidad a la que estuvo dedicado el templo, como supone Freidel (1975; Freidel y Sabloff 1984: 64), los rayos del Sol, cuando éste se estaba acercando al horizonte poniente en el solsticio de verano, hubieran iluminado la figura. Desde luego, tal juego de luz y sombra podría haberse observado durante varios días, por lo que no hubiera permitido determinar el día exacto de solsticio; tal objetivo pudo lograrse con otros métodos. Sin embargo, el fenómeno, percibido como hierofanía solar, pudo haber tenido un gran significado simbólico.

Freidel (1975) y Freidel y Sabloff (1984: 44, 152s, 164) argumentan que el edificio de Ka'na Nah era una versión o predecesor del santuario de Ixchel reportado en fuentes históricas y ubicado en el asentamiento que estaba en las inmediaciones del actual poblado San Miguel de Cozumel. Citando este dato, Galindo (2002) afirma que la estructura de Ka'na Nah

⁸ En los planos de esta estructura de Freidel (1975: Fig. 25) y Freidel y Sabloff (1984: Figs. 14 & 15), este altar se encuentra dibujado en el lado erróneo, es decir, adosado a la pared oriente del muro divisorio interior.

está orientada, con el azimut de $300^{\circ}21'$, hacia las paradas mayores de la Luna en el horizonte poniente. Aunque la presencia de tales alineamientos en Cozumel es probable (*v. infra*), los resultados de las mediciones presentados en la tabla 1, así como el registro fotográfico del juego de luz y sombra en los días cerca del solsticio de verano (figura 3), demuestran que la orientación de Ka'na Nah no puede relacionarse con los extremos lunares.

La concepción, aparentemente panmesoamericana, de que las esquinas y los portadores del cielo se encuentran en los cuatro puntos solsticiales sobre el horizonte (*v. argumentación y bibliografía en Šprajc 2001b: 281*) parece reflejar la importancia que tuvieron los solsticios desde épocas remotas y que seguramente se debe a que se trata de fenómenos solares que atraen la atención por sí mismos: siendo momentos fácilmente perceptibles por las “paradas” del Sol en los extremos de su desplazamiento anual por el horizonte, probablemente fueron las referencias más elementales en el cómputo del tiempo. Es indudablemente por ello que las orientaciones solsticiales, según las evidencias disponibles, fueron las más tempranas en Mesoamérica (Aveni y Hartung 1986: 12, Fig. 2d; 2000; Aveni *et al.* 2003: 163; Tichy 1991: 55s; Šprajc 2001a: 74s). Aunque las encontramos a lo largo de toda la historia de Mesoamérica, en épocas posteriores llegan a predominar patrones de orientación más complejos. La frecuencia de alineamientos solsticiales en Cozumel sugiere que estos momentos del año trópico mantuvieron un significado importante en esta parte del área maya hasta finales del Postclásico, lo que podría deberse a su interesante relación con los extremos de la Luna llena (*v. infra*).

¿Orientaciones lunares o venusinas?

Algunas declinaciones en la figura 2 se concentran alrededor de los valores de -28° y $+28^{\circ}$. Si la intención de los constructores de los edificios cuyas orientaciones corresponden a estas declinaciones –la Estructura 1-a de Buena Vista y las Estructuras 24a (Chichan Nah), 4-a (El Álamo),

4-b (Los Murales) y la acrópolis del grupo El Ramonal de San Gervasio (tabla 1)– fue marcar algún fenómeno astronómico, los candidatos celestes más probables son la Luna y el planeta Venus. Cuando es visible como estrella de la tarde, Venus puede alcanzar las declinaciones de hasta $\pm 27.5^{\circ}$, mientras que las declinaciones más extremas de la Luna son de aproximadamente $\pm 28.5^{\circ}$.

Los puntos de salida y puesta del planeta Venus se desplazan a lo largo del horizonte, llegando a los extremos norte y sur. Al alcanzar sus extremas declinaciones, Venus en el horizonte alcanza sus extremas distancias angulares de la línea este-oeste, medidas hacia el norte y hacia el sur. Como ya fue explicado con detalle en otras partes (Šprajc 1996a: 23ss; 1996b: 32ss), los extremos del planeta exhiben (así como los demás fenómenos venusinos) patrones de ocho años⁹. Aunque sus fechas y magnitudes varían considerablemente, todos los extremos son fenómenos estacionales, siendo particularmente interesantes los de Venus vespertino: cuando el planeta es visible como estrella de la tarde, siempre alcanza sus declinaciones extremas algún tiempo antes de los solsticios: entre abril y junio (extremos norte) y entre octubre y diciembre (extremos sur). Es decir, los extremos de Venus vespertino aproximadamente delimitan la época de lluvias y, por lo tanto, el ciclo agrícola en Mesoamérica, y fue precisamente esta coincidencia la que pudo haber sido la base observacional de la ampliamente documentada asociación conceptual entre Venus, lluvia y maíz en la cosmovisión mesoamericana (Šprajc 1996a). Además, mientras que las declinaciones de la estrella de la mañana casi no exceden los valores de $\pm 24^{\circ}$, la estrella de la tarde puede alcanzar declinaciones de hasta aproximadamente $\pm 27.5^{\circ}$, lo que significa que los extremos mayores *visibles* en el este son más de 3° (unos 6

⁹ El hecho se debe a que el período de 5 revoluciones sinódicas de Venus es casi igual a 8 años trópicos (5×583.92 días = 2919.6 días; 8×365.2422 días = 2921.9376 días). La estructura de las tablas de Venus en diversos códices (sobre todo en el de Dresde) muestra que los mesoamericanos estaban conscientes de esta conmensurabilidad.

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

Aquí cabe agregar que en cada ciclo de ocho años pueden observarse cinco extremos norte y cinco extremos sur de la estrella de la tarde, pero sus fechas y magnitudes no siempre son las mismas. Los extremos mínimos/máximos ocurren una vez cada ocho años, siempre entre el 1 y 6 de mayo (norte) y entre el 2 y 7 de noviembre (sur), pero los valores de declinación en estos momentos también varían ligeramente, manifestando patrones cíclicos de 251 años (cf. McCluskey 1983; Flores 1991; Šprajc 1996a: 23ss, 139ss). Así, en los últimos dos siglos y medio antes de la conquista española, las declinaciones máximas de Venus variaban entre los valores de 26.5° y 27.5° (las variaciones en los dos siglos y medio inmediatamente anteriores eran prácticamente iguales)¹⁰. Por consiguiente, las declinaciones en la tabla 1 dentro de este rango podrían relacionarse con los extremos máximos norte de Venus vespertino, ya que las diferencias entre ellas podrían deberse a que los edificios correspondientes fueron construidos en distintas épocas.

La Luna también exhibe fenómenos parecidos. Si la observamos en los momentos de salida o puesta, la Luna en cada mes sinódico, de aproximadamente 29.5 días, recorre el horizonte entre los puntos extremos, que varían en un ciclo de 18.6 años, abarcando ángulos distintos. Las diferencias entre las declinaciones extremas de la Luna y las que alcanza el Sol

en los solsticios pueden ser de hasta $\pm 5^\circ$. Una vez en cada ciclo de 18.6 años, las declinaciones extremas de la Luna son de aproximadamente $\pm 28.5^\circ$; se trata de sus extremos o paradas mayores, cuando el ángulo entre los extremos lunares visibles sobre el horizonte es el más ancho. En los meses y años siguientes este ángulo va disminuyendo hasta volverse el más angosto después de 9.3 años, cuando las declinaciones extremas llegan a ser apenas unos $\pm 18.5^\circ$. A partir de este momento, denominado extremo o parada menor, la distancia entre los puntos extremos vuelve a crecer y, al transcurrir otro periodo de 9.3 años, pueden observarse nuevamente los extremos mayores (cf. Thom 1971: 15ss; Morrison 1980; Ruggles 1999: 36s, 60s; Aparicio *et al.* 2000: 32ss).

Cabe notar que, si queremos obtener las declinaciones de la Luna correspondientes a los alineamientos, hay que tomar en cuenta el paralaje (Hawkins 1968: 51s; Thom 1971: 34; Ruggles 1999: 36s), por lo que, en este caso, las declinaciones que corresponden a los valores azimutales citados en la tabla 1 aumentan casi 0.5° . Si de esta forma calculamos las declinaciones para la Estructura 1-a de Buena Vista y los edificios 24-a, 4-a, 4-b y la acrópolis del grupo El Ramonal de San Gervasio, obtenemos el valor medio de $28^\circ 03'$ para los azimuts hacia el este y el de $28^\circ 20'$ para los azimuts hacia el oeste, ambos muy cercanos a las declinaciones de la Luna en sus paradas mayores.

Los extremos mayores/menores de la Luna pueden observarse en intervalos de 18.6 años, pero en estos momentos la Luna no siempre está en la misma fase. Las más llamativas son indudablemente las salidas y puestas de la Luna llena, cuando se encuentra cerca de sus extremos. Debido a la mecánica celeste, las salidas y puestas extremas de la Luna llena siempre ocurren cerca de los solsticios, observándose 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

¹⁰ Las posiciones de los cuerpos celestes en el pasado pueden obtenerse, por ejemplo, con las efemérides *Alcyone o las del Jet Propulsion Laboratory* de la NASA, disponibles en línea (<http://www.alcyone-ephemeris.info/index.html>; <http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons>).

hacia el *norte*, la Luna llena sale y se pone en los puntos más alejados hacia el *sur*. Esto significa –recordando que la Luna llena siempre sale aproximadamente en los momentos de la puesta del Sol y se pone al amanecer– que el tiempo durante el cual la Luna llena alumbraba la noche es el más largo justamente en la época del año cuando los días son los más cortos, y viceversa. 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).

Si suponemos que las orientaciones no se refieren exactamente a los extremos lunares mayores sino a las salidas o puestas de la Luna *llena* más cercanas a los extremos mayores, la falta de concordancia perfecta entre las declinaciones que marcan estos edificios y las declinaciones máximas/mínimas de la Luna pueden explicarse también con el hecho de que éstas rara vez coinciden exactamente con la Luna *llena*.

En vista de los datos expuestos, las orientaciones que marcan las declinaciones cerca de $\pm 28^\circ$ pudieran referirse a los extremos norte de Venus como estrella de la tarde, visibles en el horizonte poniente, o a los extremos mayores de la Luna, observables en ambos horizontes. Los datos disponibles, debido a su baja precisión y considerando que la muestra es relativamente pequeña, por sí mismos no permiten proponer uno u otro cuerpo celeste como el candidato más probable. Para llegar a conclusiones más contundentes, será indispensable realizar mediciones de las orientaciones en diversos sitios y, de esta manera, obtener un corpus de datos más amplio y estadísticamente significativo. Aunque el dilema, por el momento, no puede ser resuelto de manera definitiva, cabe explorar algunos datos contextuales que son ilustrativos.

Tanto Venus como la Luna tenían un papel muy significativo en la cosmovisión mesoamericana. La importancia de los extremos

norte de la estrella de la tarde, que anuncian o coinciden con el inicio de la época de lluvias y del ciclo agrícola, es sugerida por diversos datos, incluyendo algunas orientaciones en la arquitectura (Šprajc 1996a; 1996b), por lo que su presencia en Cozumel no sería sorprendente. En el Yucatán postclásico estaba muy popular el culto a Kukulcán, cuya asociación con Venus es prácticamente indisputable (Šprajc 1996a; Milbrath 1999: 157ss); además, los alineamientos venusinos están incorporados en El Caracol de Chichén Itzá (Aveni *et al.* 1975).

Por otra parte, entre las orientaciones medidas en la arquitectura mesoamericana hasta el momento, son escasas las que podrían relacionarse con la Luna, y aún éstas –por ser poco exactas las correspondencias con los extremos, o porque el azimut intencionado no puede determinarse con precisión– podrían, en realidad, referirse a los extremos de Venus vespertino (Aveni y Hartung 1978; 1979; Šprajc 1996a: 77). Pese a esta observación, la idea de que algunos edificios Cozumel estén orientados hacia los extremos mayores de la Luna resulta atractiva: mientras que no hay evidencias de que Cozumel haya sido un centro de culto a Kukulcán (cf. Freidel y Sabloff 1984: 39), es bien conocida la importancia que tenía en la isla la diosa Ixchel.

Según la opinión común, Ixchel, relacionada en la época de la Conquista con el embarazo y el parto, la medicina, la adivinación y el tejido (Thompson 1939: 166; Tozzer 1941: 9s, 129s, 154), era la diosa maya de la Luna, idéntica a la diosa I que aparece en los códices asociada con el tejido. Sin embargo, Taube (1992: 64ss, 99ss) argumenta que hay pocas evidencias que permitan relacionar la diosa I con la Luna y que Ixchel corresponde más bien a la diosa O, asociada con el agua, el tejido, el parto, la medicina y la adivinación, pero no explícitamente con la Luna. Aunque también Thompson (1939: 133, 166; 1975: 296) admite que no hay pruebas directas de que Ixchel fuera diosa de la Luna, su extenso estudio comparativo muestra claramente que las diosas lunares mesoamericanas se asociaban generalmente con la tierra, el agua, el tejido, el parto y la procreación, la medicina y

las enfermedades, por lo que no deja de ser convincente su conclusión de que, en vista de sus funciones, también Ixchel debió ser una deidad lunar (Thompson 1939; 1975: 296ss). En su exhaustiva presentación de los datos iconográficos, epigráficos, históricos y etnográficos sobre las deidades mayas de la Luna y los conceptos relacionados con este cuerpo celeste, Milbrath (1999: 27-34, 105-156) llega a las mismas conclusiones y sugiere que las deidades evidentemente emparentadas –como las diosas I y O de los códices, que a veces incluso aparecen en formas híbridas– corresponden a distintos aspectos o fases de la Luna, siendo Ixchel una de estas manifestaciones. Argumentos sobre la identidad de las diosas I y O habían sido presentados ya por Montoliu (1984).

En vista de la evidente naturaleza lunar de Ixchel, podemos concluir que la popularidad de su culto en Isla Mujeres y Cozumel, donde sus templos representaban focos de peregrinaciones masivas (Tozzer 1941; 9s, 109; De la Garza 1983: 187; Sierra 1994: 19, 101), así como las representaciones de la diosa O en los murales de Tulum, reflejan la importancia del culto lunar a lo largo de la costa noreste de la península de Yucatán durante el periodo Postclásico (Miller 1974; 1982: 85s; Milbrath 1999: 147s). En este contexto no parece irrelevante agregar que el entorno marítimo pudo haberse concebido como particularmente idóneo para rendir culto a la diosa relacionada con el agua y la fertilidad en general, y que, en el ambiente específico de esta región costera, algunos fenómenos lunares despiertan sensaciones muy especiales, que bien pudiesen haber inspirado, al menos en parte, la atención que recibió este cuerpo celeste. Al concluir su presentación de la geografía física de Cozumel, Davidson (1975: 58s) comenta:

There are, however, additional items of a geographical nature that might have been of particular significance to early islanders. For example, I recall that as viewed from the east coast of Yucatan the rising full moon over Cozumel Island is

indeed an impressive sight. Is it possible that such an occurrence so impressed the astronomically minded Maya that they placed shrines to their moon goddess, Ix Chel, on the offshore island? [...] Could there be any relationship between mainland sites of embarkation and the locations on the horizon of the moonrises? Are the sites of ceremonial structures on Cozumel related to or oriented to moon movements [...]?

En vista de lo expuesto, la posibilidad de que algunas orientaciones arquitectónicas en Cozumel se refieran a la Luna merece ser explorada con mayor detalle.

Como ya fue mencionado, son particularmente impactantes los extremos de la Luna llena, porque aproximadamente coinciden con los solsticios, cuando también el Sol llega a sus posiciones extremas, pero se observan en el lado diametralmente opuesto del horizonte. Si asumimos, por lo tanto, que estos fenómenos se observaban durante el plenilunio, quizá no sea fortuito que, en San Gervasio y en Buena Vista, las orientaciones posiblemente lunares se encuentren asociadas a las orientaciones solsticiales: en Buena Vista se trata de las Estructuras 1-a y 1-b, que forman parte del mismo conjunto arquitectónico (Freidel y Sabloff 1984: 171s, Fig. 23b), mientras que en San Gervasio encontramos ambos tipos de alineamientos en el sector del sitio compuesto por los Grupos I, II y III, así como en el grupo VI (El Ramonal) (cf. planos en: Sabloff y Rathje 1975a: Fig. 15 y plano anexo; Freidel y Sabloff 1984: Fig. 22; Robles 1986a: figs. 5 y 6; 1986b: planos anexos; Azcarate y Ramírez 2000: fig. 3). Este último resulta ser particularmente interesante.

El azimut de la acrópolis del grupo El Ramonal corresponde a las declinaciones lunares de $28^{\circ}07'$ en el horizonte poniente y $-27^{\circ}49'$ en el oriente, ambas cercanas a las que alcanza la Luna en sus paradas mayores. Cabe notar que este azimut fue medido a lo largo del talud sur y de la escalinata de acceso, que son los únicos elementos excavados de la acrópolis;

la orientación del talud y la escalinata corresponde, según el plano de Azcarate y Ramírez (2000: fig. 3), a la orientación de la mayoría de los edificios sobre la plataforma de la acrópolis, pero no necesariamente la reproduce con mucha precisión, por lo que las declinaciones correspondientes no permiten ninguna conclusión confiable respecto a la dirección en la que esta orientación pudiese haber sido funcional. Sin embargo, considerando que, entre las estructuras sobre la acrópolis que manifiestan esta orientación, la más alta y, por tanto, la más idónea para las observaciones es la Estructura 54-a (VI-3c), situada en el costado poniente de la plaza y orientada con su escalinata de acceso hacia el oriente, es probable que desde este edificio se observaran las salidas de la Luna que, al alcanzar su parada mayor sur, aparecía a lo largo del eje central este-oeste del edificio y, además, por encima del centro de la Estructura 49 (VI-3g), situada en el lado opuesto de la plaza. Ahora bien, las Estructuras 47 (VI-2c) y 48a (VI-2a), en la plaza inmediatamente al sur de la acrópolis, están orientadas solsticialmente (*v. supra*) y –según el plano de Azcarate y Ramírez (2000: fig. 3)– también los edificios en el lado oriente de la acrópolis comparten la misma orientación (figura 4). La dirección observacionalmente funcional de estas orientaciones tampoco puede determinarse de manera confiable, pero hay indicios que favorecen la dirección hacia el poniente:

- si el alineamiento lunar en la acrópolis estaba dirigido hacia los extremos de la Luna en el horizonte oriente (*v. supra*), la observación de los ocasos solsticiales del Sol, opuestos en el espacio pero ocurriendo en la misma época del año (cerca del solsticio de verano), parece haber tenido más sentido;
- los datos sobre las orientaciones en el centro de México sugieren la preferencia por las puestas del Sol en el solsticio de verano, posiblemente porque ocurren en la etapa inicial de la época de lluvias (Šprajc 2001a: 74s);
- la orientación de la Estructura 41-a

(Ka'na Nah) de San Gervasio, ubicada inmediatamente al sureste de la acrópolis de El Ramonal, fue destinada –según lo sugiere su disposición arquitectónica– para marcar las puestas del Sol en los solsticios de verano (*v. supra*).

Aunque cabe advertir que Ka'na Nah pertenece al Postclásico Tardío (Gregory 1975: 105; Freidel y Sabloff 1984: 152ss; Sierra 1994: 109), mientras que los demás edificios de El Ramonal han sido fechados para el periodo Clásico (algunas subestructuras podrían ser aun más tempranas: Gregory 1975: 103s; Azcarate y Ramírez 2000: 15), no es improbable que la práctica observacional atestiguada para el Postclásico fuera heredada de épocas anteriores¹¹. Las circunstancias presentadas sugieren, por lo tanto, que las orientaciones solsticiales del grupo El Ramonal marcaban las puestas del Sol más alejadas hacia el norte, mientras que la orientación lunar de la mayoría de los edificios sobre la acrópolis se refería a las salidas de la Luna llena más alejadas hacia el sur.

En relación con la propuesta continuidad de las prácticas observacionales, es interesante que, según Freidel y Sabloff (1984: 151ss), el recinto cívico-ceremonial del grupo El Ramonal (llamado Distrito 2 en su nomenclatura) fungió como centro del asentamiento durante el Clásico, mientras que en el Postclásico Tardío, como lo sugieren ante todo las características y los contextos del material cerámico encontrado en la Estructura 48a (*ibid.*: 151s; Gregory 1975: 103), fue usado como lugar de culto. Considerando que la Estructura 41-a, interpretada como santuario de Ixchel, fue construida en las inmediaciones del antiguo centro ceremonial, Freidel y Sabloff (1984: 153) concluyen que este último fue el sitio original del culto oracular:

Certainly a strong tradition of sanctity in this precinct would explain the presence of the Decadent period cult of the talking idol combined with a complete lack of construction activi-

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

ty in the precinct itself. (Freidel y Sabloff 1984: 155)

Por consiguiente, si el templo original de Ixchel estaba en la acrópolis de El Ramonal, la presencia de alineamientos lunares resulta aún más probable. Por otra parte, el hecho de que la orientación de Ka'na Nah no es lunar sino solsticial no necesariamente debilita la identificación de este edificio con el oráculo dedicado a Ixchel, basada en la comparación de sus características arquitectónicas con las descripciones históricas del santuario actualmente desaparecido, que debió estar en el asentamiento cercano a la ciudad moderna de San Miguel (Freidel 1975; Freidel y Sabloff 1984: 44, 152s, 164). Si aceptamos que la acrópolis de El Ramonal siguió siendo escenario de actividades rituales durante el Postclásico Tardío, también es probable que haya conservado su función astronómica; es decir, mientras que el nuevo templo sirvió para registrar las puestas solsticiales del Sol, las salidas extremas de la Luna continuaron observándose en el antiguo recinto ceremonial. En vista de los atributos de Ixchel referidos arriba, la idea de que en su templo se observara el Sol no es inverosímil: en la cosmovisión mesoamericana, la Luna estaba estrechamente relacionada con el Sol nocturno y ambos se asociaban con el agua, la tierra y la fertilidad (Klein 1976: 97; 1980; Milbrath 1999: 105ss; Šprajc 1996a: 61); además, Xbalanqué, uno de los héroes gemelos de *Popol Vuh*, representa tanto el Sol nocturno como la Luna llena (Tedlock 1985: 296ss; Milbrath 1999: 130; cf. Christenson 2007: 94s; Baudéz 1985: 33ss). Puesto que la transformación del astro diurno al nocturno ocurría en el horizonte (Klein 1980: 165ss), no es irrazonable imaginar que la hierofanía solsticial contemplada en Ka'na Nah fue concebida como momento liminal en el que el Sol, a punto de ponerse, estaba adquiriendo los poderes que compartía con Ixchel y con el otro avatar celeste de la diosa, observado en su adoratorio antiguo. Considerando los dominios de Ixchel, la relación de su santuario con las puestas del Sol también concuerda con el simbolismo del lado poniente del universo, asociado con el agua, el

maíz y la fertilidad (Šprajc 1996b; 2001a: 88ss; 2004a).

A la luz de los argumentos presentados, que hablan a favor del significado lunar de las orientaciones cozumeleñas discutidas en este apartado, parece indicativo que uno de los pocos alineamientos posiblemente lunares detectados anteriormente en Mesoamérica está incorporado en El Castillo de Paalmul (Aveni y Hartung 1978), sitio en la costa nororiental de Quintana Roo, frente a Cozumel. Por consiguiente, es probable que la práctica de orientar ciertos edificios hacia los extremos lunares fuera relativamente común en esta parte del área maya, representando uno de los elementos culturales que reflejan "un desarrollo homogéneo [...] en la isla y la costa oriental" durante el Postclásico (Robles 1986a: 11s). Además, la posibilidad de que los alineamientos lunares estaban en uso desde el periodo Clásico, como lo sugiere la arquitectura del grupo El Ramonal de San Gervasio, no sólo concuerda con la afirmación de Sabloff y Rathje (1975b: 21) de que las raíces de la importancia religiosa y comercial de Cozumel en épocas tardías se remontan a periodos anteriores, sino también favorece su opinión de que el santuario de Ixchel, en lugar de volverse importante apenas en el Postclásico Tardío, fue mucho más antiguo e inicialmente responsable de la creciente importancia de la isla a partir del Clásico (*ibid.*: 27).

Otros alineamientos

Las orientaciones que corresponden a las declinaciones cerca de los valores -17° y $+17^\circ$ (figura 2) recuerdan a las que alcanza la Luna en sus paradas menores. Sin embargo, si para estos alineamientos calculamos las declinaciones para la Luna (tomando en cuenta el paralaje, *v. supra*), sus valores medios resultan ser $-16^\circ 52'$ y $17^\circ 09'$, algo lejanos de las declinaciones de la Luna en sus paradas menores, por lo que es más probable que su referente astronómico haya sido el Sol.

Los estudios arqueoastronómicos realizados hasta la fecha indican que las orienta-

ciones en la arquitectura mesoamericana eran mayormente solares, permitiendo el uso de calendarios observacionales compuestos por intervalos que eran predominantemente múltiplos de 13 y de 20 días, es decir, de los periodos básicos del sistema calendárico mesoamericano. La posición que las fechas más comúnmente registradas ocupan en el año trópico sugiere que estos calendarios observacionales servían para determinar los momentos más importantes del ciclo climático anual y, por ende, para programar debidamente las actividades en el ciclo agrícola (Aveni 2001; Aveni y Hartung 1986; Aveni *et al.* 2003; Šprajc 2001a; 2004b; 2005; 2008). Recordemos que el año calendárico mesoamericano de 365 días, por falta de intercalaciones, no mantenía una concordancia perpetua con el año trópico de 365.2422 días, por lo que las observaciones astronómicas nunca dejaron de ser necesarias. Las orientaciones, marcando los momentos críticos y canonizados del año de las estaciones, no sólo posibilitaban su determinación mediante observaciones directas; si los esquemas observacionales estaban compuestos por múltiplos de periodos elementales del sistema calendárico, era relativamente fácil *anticipar* las fechas relevantes, conociendo la estructura del calendario observacional y la mecánica del calendario formal (Šprajc 2001a)¹².

Los alineamientos en Cozumel que marcan las declinaciones cerca de -17° y $+17^\circ$ están incorporados en la Estructura 32-a (Nohoch Nah) de San Gervasio, una estructura no identificada de Buena Vista (un pequeño santuario), un edificio de El Cedral y las estructuras principales de La Palma y Castillo Real (tabla 1). La mejor conservada de estas estructuras es Nohoch Nah de San Gervasio (llamada también Nohná; Gregory 1975: 96, Fig. 17; Freidel y Sabloff 1984: Pl. 2a; Hernández 1986: 22ss, fotos 12-26, fig. 3; Sierra 1994: 106, fig. 37), por lo que

12 Las salidas y puestas del Sol separadas por intervalos de 13 días y sus múltiplos ocurrían en las fechas con el mismo numeral de trecena, mientras que los eventos separados por periodos de 20 días y sus múltiplos caían en las fechas que tenían el mismo signo de veintena del ciclo de 260 días.

su azimut de orientación es el más confiable. El edificio, de planta cuadrangular y con un solo espacio interior, posee entradas en sus muros este y oeste, a cuyo eje de simetría corresponde el azimut en la tabla 1, obtenido al promediar las lecturas tomadas a lo largo de las jambas norte y sur de ambas entradas. Las fechas de puesta del Sol a lo largo del eje de simetría son 30 de enero y 11 de noviembre, separadas por el intervalo de 80 días. Aunque en otras partes no se han detectado orientaciones que registren exactamente este par de fechas, podría ser significativo tanto el intervalo que las separa, que es múltiplo de 20 días, como su aproximada coincidencia con el principio y el fin del ciclo agrícola, es decir, con la preparación de los terrenos de cultivo y la cosecha. Muchas orientaciones en Mesoamérica registran fechas cercanas. Para las más frecuentemente marcadas, el 12 de febrero y 30 de octubre, que abarcan el periodo de 260 días, múltiplo de 13 y de 20 días, se ha argumentado que delimitaban un ciclo agrícola canónico (Šprajc 2001a; 2008; Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc *et al.* 2009), por lo que no es imposible que también las fechas registradas por la estructura Nohoch Nah de San Gervasio, aunque ligeramente diferentes, tuvieran una función análoga. Tanto para el centro de México como para el área maya se ha argumentado que existían distintas versiones de calendarios observacionales que, aunque basadas en los mismos principios y sirviendo a los mismos fines prácticos, tuvieron estructuras y fechas canónicas ligeramente diferentes. Las variantes locales pueden comprenderse en términos de la relativa autonomía de las entidades políticas, así como en función de las diferencias ambientales (Aveni y Hartung 1986: 57; Šprajc 2001a: 106, 151ss).

En el caso de Nohoch Nah, son las fechas de puesta del Sol a lo largo de su eje este-oeste las que delimitan un intervalo calendáricamente significativo (múltiplo de 20 días). Puesto que el intervalo de 87 días, que separa las fechas de salida del Sol, 9 de mayo y 4 de agosto, no posee tales características, podemos suponer que la orientación astronómica de este edificio

era funcional únicamente hacia el poniente. Un detalle que apoya esta suposición es que la entrada en el muro poniente de Nohoch Nah es ligeramente más ancha que la del muro oriente, por lo que pudieron observarse, en el interior del edificio, los juegos de luz y sombra análogos a los ya descritos en relación con la estructura Ka'na Nah: en las fechas cuando el Sol, al ponerse, estaba alineado con el eje del edificio, la sombra de las jambas de la entrada poniente se demarcaba en la pared interior del muro oriente, dejando angostas franjas iluminadas a ambos lados de la entrada oriente. La precisión con la que se pudieran haber fijado las fechas ya no se puede establecer, debido a que faltan partes considerables del estuco que originalmente recubría las jambas. Desde luego, las observaciones también pudieron haberse realizado a lo largo de ambas entradas, estando el observador fuera del edificio, frente a la entrada oriente.

Si recordamos que Nohoch Nah es el mejor conservado de los edificios que registran declinaciones parecidas, cerca de $\pm 17^\circ$, es posible que también los demás originalmente registraran el mismo par de fechas, ya que los márgenes de error estimado son, debido al estado actual de estas estructuras, relativamente grandes (tabla 1). Para tener mayor seguridad, desde luego, también en este caso necesitaríamos una muestra más amplia de datos. Sin embargo, de ser correcta la hipótesis, los demás edificios eran observacionalmente funcionales hacia el oriente, registrando las salidas del Sol en estas fechas: recordemos que Nohoch Nah es el único de los edificios medidos en Cozumel que está desviado en el sentido contrario al de las manecillas de reloj respecto a los rumbos cardinales. Los motivos de esta desviación tan singular podrían estar relacionados con el *sacbé* 1, que conduce del Grupo I hasta Nohoch Nah con el azimut de aproximadamente 45° , pero a partir de esta estructura, que posiblemente marcaba los límites de la ciudad, cambia su rumbo a unos 80° (Hernández 1986: 24s). Según Franco (1986: 26), su dirección fluctúa entre 70° y 90° , pero en los planos de San Gervasio de Sabloff y Rathje (1975a: plano anexo), Robles (1986a: fig.

2; 1986b: plano anexo) y Sierra (1994: fig. 2), así como en el mapa de *sacbeob* en Freidel y Sabloff (1984: Fig. 19), puede observarse que el azimut del *sacbé* es, a partir de Nohoch Nah, entre 70° y 80° , aumentando a unos 90° apenas después de los primeros 100 metros aproximadamente. Es decir, cualquiera que haya sido el motivo, parece bastante evidente que la concordancia entre la orientación de Nohoch Nah y el curso del *sacbé* en su primer tramo hacia el oriente no es fortuita. La ubicación del edificio, por la que los usuarios del camino estaban prácticamente obligados a atravesarlo (Freidel y Sabloff 1984: 57), no hubiera sido incompatible con su propuesta función observacional.

Los alineamientos incorporados en los edificios de El Caracol (tabla 1) no pertenecen a ninguno de los grupos discutidos. Sin embargo, su base astronómica no es improbable. La Estructura 1-a, la principal del sitio, tiene dos etapas constructivas (según la cerámica asociada, ambas del Postclásico: Robles 1986a: 68s, Schávelzon 1985). El edificio temprano, de planta rectangular y con entradas en cada uno de los cuatro muros, fue ampliado con los muros que encierran otro aposento interior, que rodea el primero por todos lados menos por el poniente, donde los muros tardíos fueron agregados de ambos lados de la fachada temprana (figura 5; Freidel y Sabloff 1984: 59ss, Fig. 14, Pls. 4a & 4b; Schávelzon 1985)¹³. De los dos azimuts citados en la tabla 1, el primero corresponde al eje de simetría de las entradas oriente y poniente del edificio temprano y fue obtenido al promediar las lecturas tomadas a lo largo de ambos pares de jambas, así como a lo largo de los orificios oriente y poniente de la pequeña torre cuadrangular encima del edificio temprano. La adyacente Estructura 2a, un edificio bastante sencillo de planta rectangular, con funciones presumiblemente rituales y asociadas al edificio principal (Freidel y Sabloff 1984: 58, Figs. 13 & 26c), manifiesta la misma

¹³ En el croquis de la planta de la Estructura C1-1-a publicado por Freidel y Sabloff (1984: Fig. 14), el norte está marcado al revés y falta la entrada en el muro oriente del edificio interior (temprano).

orientación (figura 5). Mientras que los muros de la segunda etapa constructiva no exhiben una orientación notablemente diferente de la primera, la entrada oriente del edificio tardío no se encuentra exactamente alineada con las entradas oriente y poniente tempranas (figura 6). Considerando que no podemos descartar la intencionalidad de tal disposición, también fue determinado el azimut del eje de simetría a lo largo de las entradas oriente del edificio temprano y tardío ("C1-1-a, estr. tardía", en la tabla 1).

Aunque la orientación de la etapa temprana del edificio principal de El Caracol no tiene paralelos conocidos en Cozumel, los alineamientos similares, registrando declinaciones cerca de $\pm 10^\circ$, son bastante comunes no sólo en el centro de México, sobre todo durante el Postclásico, sino también en los sitios del Clásico Tardío en la región Río Bec (Šprajc 2001a: 57ss, figs. 4-11; 2004b: Fig. 5). Asimismo se han encontrado en la arquitectura maya clásica de las tierras bajas centrales (Aveni *et al.* 2003: 162, Table 1; Šprajc 2008). Recordando que los datos en la tabla 1 tienen márgenes de error, que se deben al deterioro observable en los edificios, parece que la intención de los constructores fue registrar las salidas del Sol en las fechas 22 de febrero y 20 de octubre, que delimitan el intervalo de 240 días (= 12×20 días). A la luz de lo que ya fue mencionado arriba, podría tratarse de una versión del ciclo agrícola ceremonial o canónico.

Hay que advertir, sin embargo, que este alineamiento pudo haber sido funcional hacia el oriente sólo si la duna de arena que se ubica inmediatamente al oriente del edificio, tapan-do la vista al mar (figura 5), es de formación reciente. Tal posibilidad existe, en vista de que la parte inferior de la estructura adyacente está evidentemente sumergida en la arena, y considerando la curiosa relación entre la orientación de la estructura principal y un islote rocoso que sobresale del mar frente a la costa: el eje este-oeste del edificio prolongado hacia el oriente pasa exactamente por este islote, ubicado a 550 m de distancia (figura 7). Recordando, nueva-

mente, el papel que tenían algunos rasgos topográficos, p. ej. los cerros, en los conceptos que dictaban la orientación de los edificios importantes en Mesoamérica (*v. supra*), parece improbable que este alineamiento fuera fortuito, cualquiera que haya sido su significado simbólico. Y si suponemos, por lo tanto, que la Estructura 1-a de El Caracol fue construida en el lugar premeditado, donde la orientación requerida astronómicamente coincidía con la dirección hacia el islote, resulta poco probable que éste no haya sido visible desde el edificio.

Si la ubicación desalineada de la entrada oriente de la etapa tardía de la Estructura 1-a con respecto al eje este-oeste del edificio anterior no se debe simplemente a la falta de interés de los constructores por los aspectos de simetría, el alineamiento formado por las entradas oriente de ambas etapas podría reflejar el propósito de combinar la remodelación del edificio con la introducción de otra versión del calendario observacional. A juzgar por las fechas de salida del Sol, marcadas por este alineamiento y citadas en la tabla 1, y considerando el margen de error debido al deterioro observable en el edificio, es posible que la intención fuera marcar las salidas del Sol en los días 12 de febrero y 30 de octubre. Como ya fue mencionado, en relación con la estructura Nohoch Nah de San Gervasio, las orientaciones que registran este par de fechas pertenecen al grupo ampliamente difundido en Mesoamérica; la causa de la popularidad y el significado ceremonial de estas fechas ha de buscarse no sólo en su aproximada concomitancia con el inicio y el fin del ciclo agrícola sino también en el hecho de que la distancia del 12 de febrero al 30 de octubre es 260 días, igual a la duración del ciclo calendárico ritual, lo que significa que los fenómenos separados por este intervalo se observaban en las mismas fechas de este ciclo.

Puesto que el alineamiento referido de El Caracol, por estar desalineada la entrada poniente del edificio temprano, pudo ser funcional únicamente hacia el oriente (por lo que en la tabla 1 aparece sólo el azimut hacia el oriente), llama la atención que también la orientación

de la Estructura 34-d de San Gervasio, mirando con su acceso hacia el oriente, corresponde aproximadamente a las salidas del Sol en estas fechas (tabla 1). El edificio, fechado al Postclásico Tardío y notablemente desviado con respecto a los adyacentes que conforman el Grupo Murciélagos, es bastante pequeño (Gregory 1975: 100, Fig. 20; Freidel y Sabloff 1984: Fig. 25; Sierra 1994: 103s, fig. 35), pero debe haber tenido considerable importancia: en su interior fue depositada, debajo de una banqueta con un posible altar, una ofrenda que, además de una colección de hachas de jade y piedra verde, contenía fragmentos grandes de un metate y al menos dos manos de basalto (Gregory 1975: 100). Si estos objetos tenían alguna relación con el ritual agrícola, el simbolismo del edificio asociado sería al menos congruente con el significado propuesto de su orientación.

Para las demás orientaciones medidas en Cozumel resulta más difícil proponer que se debieran a motivos astronómicos. Aunque podrían referirse a algunas estrellas brillantes, cabe recordar que, en la arquitectura mesoamericana en general, predominan las orientaciones solares. Para algunos alineamientos se ha observado que corresponden a las salidas o puestas de ciertas estrellas, pero la intencionalidad de tales correspondencias se volvería probable sólo si se comprobara que una misma declinación es marcada por varias orientaciones en distintos lugares. Podría ser significativo que las estructuras 6-b y 34-e de San Gervasio y 1-a y 1-b de Arrecife registran las declinaciones cerca de $\pm 35^\circ$ (azimuts cerca de 127° ; tabla 1, figuras 1 y 2) y que las dos estructuras de Arrecife, construidas sobre un islote en medio de la laguna costera en la parte noreste de Cozumel, no están orientadas de acuerdo con la costa, que en esta parte manifiesta el azimut de unos 64° , y tampoco en conformidad con el *sacbé* que, pasando por el islote, atraviesa la laguna y cuyo azimut varía entre 140° y 155° aproximadamente¹⁴. También podríamos especular que el inusual incensario encontrado en la Estructura

34-e¹⁵ de San Gervasio (Gregory 1975: 101s, Fig. 21) representa el cielo con estrellas. Sin embargo, contando con tan sólo tres orientaciones parecidas, con divergencias y márgenes de error bastante grandes (tabla 1), y en ausencia de datos contextuales que sugieran la importancia de tal o cual estrella en el Cozumel postclásico, por el momento no parece tener ningún sentido especular sobre los posibles referentes estelares de estos alineamientos.

CONCLUSIONES

Las investigaciones arqueoastronómicas, como lo ejemplifica el presente estudio, no sólo ofrecen respuestas a preguntas específicas acerca de la naturaleza de los conceptos que, formando parte de la cosmovisión, dictaban el diseño arquitectónico y la planeación urbana en las sociedades prehispánicas, sino también pueden contribuir a la comprensión de los procesos de desarrollo e interacción cultural, es decir, a la solución de problemas de amplio interés y relevancia general en la arqueología mesoamericana. El análisis de los datos sobre los alineamientos medidos en Cozumel permite algunas conclusiones confiables y otras hipotéticas. La finalidad de estas últimas es estimular la discusión, llamar la atención a las cuestiones que permanecen sin respuesta contundente y, de esta manera, sugerir algunos focos recomendables de investigaciones futuras.

Con base en los datos presentados es posible afirmar que también en la isla de Cozumel, así como en otras partes del área maya y de Mesoamérica en general, los principios que dictaban la disposición de los edificios cívicos y ceremoniales incluían preceptos de índole astronómica. La desviación de las orientaciones en el sentido de las manecillas de reloj, predominante en Mesoamérica, prevalece también en Cozumel. La distribución de los azimuts y

¹⁴ Gregory (1975: 101s) asocia el incensario con la Estructura 34-c, pero evidentemente se trata de un error, ya que su descripción del edificio corresponde claramente al que está marcado en el plano de Freidel y Sabloff (1984: Fig. 25a) como Estructura 34-e.

¹⁴ Cf. imágenes en Google Earth (<http://earth.google.com/>).

las declinaciones, manifestando agrupamientos alrededor de ciertos valores, indica claramente que los edificios importantes en la vida pública y religiosa fueron, en gran parte, orientados hacia las salidas y/o puestas de ciertos cuerpos celestes, aunque éstos no siempre pueden identificarse con certeza.

La muestra de los datos obtenidos indica que las más importantes eran las orientaciones hacia las salidas y/o puestas del Sol en los solsticios, pero cabe advertir que tal aserción no necesariamente es aplicable a toda la isla, ya que la mayoría de los alineamientos solsticiales fue documentada en San Gervasio. La dirección solsticial domina la mayor parte del sitio, manifestándose tanto en diversas estructuras como en algunos *sacbeob*, e incluso en la relación espacial entre ciertos conjuntos arquitectónicos. Al analizar los datos, también resultó evidente que sólo algunos edificios de este sitio, orientados con exactitud, pudieron tener la función observacional, mientras que diversas estructuras aledañas reproducían la dirección solsticial de manera aproximada, lo que puede explicarse con la intención de recalcar la dirección astronómicamente importante de manera simbólica, así como, al menos en parte, con motivos prácticos o estéticos, relacionados con el aprovechamiento idóneo del espacio urbano. Los datos disponibles no permiten ninguna conclusión confiable respecto a la direccionalidad de los alineamientos solsticiales, aunque algunas circunstancias examinadas sugieren que su referente principal fueron las puestas del Sol en el solsticio de verano.

La correspondencia que exhiben las orientaciones más numerosas en Cozumel con las posiciones solsticiales del Sol en el horizonte no puede atribuirse a la casualidad, no sólo por su proporción en la muestra sino también por la presencia de tales orientaciones en toda Mesoamérica. Por ende, es sumamente probable que también otras orientaciones, por analogía, tuvieran alguna base astronómica, pero en estos casos la identificación de los fenómenos celestes que pudieron haberlas motivado es menos segura.

Un grupo de alineamientos puede relacionarse con los extremos máximos norte de Venus como estrella de la tarde, o con los extremos mayores que alcanza la Luna en su desplazamiento por el horizonte. Los datos sobre estas orientaciones, por sí mismos, no permiten resolver el dilema, pero la importancia que en el Cozumel postclásico tenía el culto a la diosa Ixchel, evidentemente asociada también con la Luna, hace más probable la interpretación lunar. No sobra agregar que la presencia de alineamientos lunares desde el periodo Clásico, sugerida por los edificios del Grupo El Ramonal en San Gervasio, sería congruente con la profundidad temporal del culto a esa deidad, propuesta anteriormente con base en otros datos arqueológicos de este sitio. También se ha mostrado que algunas orientaciones podrían referirse a las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas separadas por intervalos calendáricamente significativos y, además, aproximadamente concomitantes con el inicio y el fin del ciclo agrícola. Esta hipótesis, implicando el uso de calendarios observacionales con funciones tanto prácticas como rituales, se basa en datos comparativos de otras partes de Mesoamérica. Finalmente, y pese al enfoque arqueoastronómico del presente estudio, es justo advertir que no todas las orientaciones que se han discutido son necesariamente explicables en términos astronómicos.

La investigación realizada representa el primer intento sistemático de estudiar las alineaciones arquitectónicas en Cozumel, pero es digno de notarse que no han sido examinados algunos sitios importantes, como lo son Chen Cedral, Zuuk, La Expedición y Aguada Grande, así como algunos sectores de San Gervasio, donde seguramente aun se conservan vestigios de arquitectura cívica y ceremonial con orientaciones determinables. Sería importante llevar a cabo las mediciones faltantes, porque es probable que, obteniendo un corpus más amplio de datos, varias hipótesis propuestas podrían ser confirmadas, refutadas o modificadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, Antonio, Juan Antonio Belmonte, y César Esteban
2000 "Las bases astronómicas: el cielo a simple vista". En: Juan Antonio Belmonte Avilés, coord., *Arqueoastronomía hispánica*, 2a. ed., Madrid: Equipo Sirius, pp. 19-65.
- Aveni, Anthony F.
2001 *Skywatchers: A revised and updated version of Skywatchers of ancient Mexico*. Austin: University of Texas Press.
2003 "Archaeoastronomy in the ancient Americas". *Journal of Archaeological Research* 11: 149-191.
- Aveni, Anthony F., Anne S. Dowd, y Benjamin Vining
2003 "Maya calendar reform? Evidence from orientations of specialized architectural assemblages". *Latin American Antiquity* 14 (2): 159-178.
- Aveni, Anthony F., Sharon L. Gibbs, y Horst Hartung
1975 "The Caracol tower at Chichen Itza: an ancient astronomical observatory?" *Science* 188 (4192): 977-985.
- Aveni, Anthony F., y Horst Hartung
1978 "Los observatorios astronómicos en Chichén Itzá, Mayapán y Paalmul". *Boletín de la Escuela de Ciencias Antropológicas de la Universidad de Yucatán* 6, núm. 32: 2-13.
1979 "Some suggestions about the arrangement of buildings at Palenque". En: Merle Greene Robertson, y Donnan Call Jeffers, eds., *Tercera Mesa Redonda de Palenque*, vol. IV: 173-177, Monterey: Pre-Columbian Art Research Center - Herald Printers.
1986 *Maya city planning and the calendar*. Transactions of the American Philosophical Society, Vol. 76, Pt. 7. Philadelphia.
2000 "Water, mountain, sky: the evolution of site orientations in southeastern Mesoamerica". En: Eloise Quiñones Keber, ed., *In chalchihuitl in quetzalli: Mesoamerican studies in honor of Doris Heyden*, Lancaster: Labyrinthos, pp. 55-65.
- Azcarate, Ma. Antonieta, y Demetrio Ramírez
2000 "Trabajos de reconocimiento en el Grupo VI (Complejo El Ramonal) de San Gervasio, Cozumel, Q. Roo". *Actualidades Arqueológicas* 4, núm. 22: 12-16.
- 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, y Michael Hoskin
2002 *Reflejo del cosmos: Atlas de arqueoastronomía en el Mediterráneo antiguo*. Madrid: Equipo Sirius.
- Christenson, Allen J.
2007 *Popol Vuh: The sacred book of the Maya*. Norman: University of Oklahoma Press (orig. publicado por O Books, Alresford, 2003).
- Connor, Judith G.
1975 "Ceramics and artifacts". 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. 114-135.
- Davidson, William V.
1975 "The geographical setting". 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. 47-59.
- De la Garza, Mercedes
1983 coord., *Relaciones histórico-geográficas de la Gobernación de Yucatán (Mérida, Valladolid y Tabasco)* II. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filológicas, Centro de Estudios Mayas.
- Flores Gutiérrez, J. Daniel
1991 "Venus y su relación con fechas antiguas". 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. 343-388.
- Franco Marrufo, Luis Carlos
1986 "Elaboración de un plano de los caminos o sacbes regionales de San Gervasio, Isla de Cozumel". En: Fernando Robles Castellanos, coord., *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1981*, Cuaderno de Trabajo 3, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro Regional de Yucatán, pp. 23-31.
- Freidel, David A.
1975 "The Ix Chel shrine and other temples of talking idols". En: Jeremy A. Sabloff, y William L. Rathje, eds., *A study of changing pre-Columbian commercial systems: The 1972-1973 seasons at Cozumel, Mexico*, Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, pp. 107-113.
- Freidel, David A., y Jeremy A. Sabloff
1984 *Cozumel: Late Maya settlement patterns*. Orlando: Academic Press.
- Galindo Trejo, Jesús
1994 *Arqueoastronomía en la América antigua*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Ed. Equipo Sirius.

- 2002 "El templo de *Ixchel* en San Gervasio, Cozumel: ¿un observatorio lunar?" *La Pintura Mural Prehispánica en México* VIII, núm. 16: 29-34.
- 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.
- Hawkins, Gerald S.
1968 "Astro-archaeology". *Vistas in Astronomy* 10: 45-88.
- Hernández Pérez, Miguel
1986 "Salvamento de algunas estructuras de San Gervasio". En: Fernando Robles Castellanos, coord., *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1980*, Cuaderno de Trabajo 2, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro Regional de Yucatán, pp. 21-28.
- 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.
- McCluskey, Stephen C.
1983 "Maya observations of very long periods of Venus". *Journal for the History of Astronomy* 14: 92-101.
- Milbrath, Susan
1999 *Star gods of the Maya: Astronomy in art, folklore, and calendars*. Austin: University of Texas Press.
- Miller, Arthur G.
1974 "West and East in Maya thought: death and rebirth at Palenque and Tulum". En: Merle Greene Robertson, ed., *Primera Mesa Redonda de Palenque, part II*, Pebble Beach: The Robert Louis Stevenson School, Pre-Columbian Art Research, pp. 45-49.
1982 *On the edge of the sea: Mural painting at Tancah-Tulum, Quintana Roo, Mexico*. Washington: Dumbarton Oaks.
- Montoliú Villar, María
1984 La diosa lunar *Ixchel*: sus características y funciones en la religión maya. *Anales de Antropología* 21: 61-78.
- Morrison, L. V.
1980 "On the analysis of megalithic lunar sightlines in Scotland". *Archaeoastronomy* 2 (*Journal for the History of Astronomy*, suppl. to vol. 11): S65-S77.
- Ramírez, Demetrio, y Ma. Antonieta Azcarate
2000 "Recientes investigaciones en el Grupo II, o Mayapán de San Gervasio, Cozumel, Q. Roo". *Actualidades Arqueológicas* 5, núm. 23: 10-13.
2002 "Investigaciones recientes en Cozumel". *Arqueología Mexicana* núm. 54: 46-49.
- Robles Castellanos, Fernando
1986a coord., *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1980*. Cuaderno de Trabajo 2. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro Regional de Yucatán.
1986b coord., *Informe anual del Proyecto Arqueológico Cozumel: Temporada 1981*. Cuaderno de Trabajo 3. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Centro Regional de Yucatán.
- Ruggles, Clive
1999 *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*. New Haven - London: Yale University Press.
- Sabloff, Jeremy A., y William L. Rathje
1975a 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.
1975b "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.
- Schávelzon, Daniel
1985 El Caracol de Cozumel: una pequeña maravilla de la arquitectura maya. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana* núm. 5: 75-81.
- Sierra Sosa, Thelma Noemí
1994 *Contribución al estudio de los asentamientos de San Gervasio, isla de Cozumel*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 279).
- Šprajc, Ivan
1996a *Venus, lluvia y maíz: Simbolismo y astronomía en la cosmovisión mesoamericana*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 318).
1996b *La estrella de Quetzalcóatl: El planeta Venus en Mesoamérica*. México: Editorial Diana.
1999 "Study of astronomical alignments in archaeological sites of central Mexico: some methodological considerations". *Anthropological Notebooks* 5 (1): 9-29.
2000 "Astronomical alignments at Teotihuacan, Mexico". *Latin American Antiquity* 11 (4): 403-415.

- 2001a *Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia (Colección Científica 427).
- 2001b "La astronomía". En: Linda Manzanilla, y Leonardo López Luján, coords., *Historia antigua de México*, vol. IV, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia - Universidad Nacional Autónoma de México - Miguel Ángel Porrúa, pp. 273-313.
- 2004a "The south-of-east skew of Mesoamerican architectural orientations: astronomy and directional symbolism". En: Maxime Boccas, Johanna Broda, y Gonzalo Pereira, eds., *Etno y arqueoastronomía en las Américas*, Memorias del Simposio ARQ-13 del 51° Congreso Internacional de Americanistas, Santiago de Chile, pp. 161-176.
- 2004b "Astronomical alignments in Río Bec architecture". *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 18: 98-107.
- 2005 "More on Mesoamerican cosmology and city plans". *Latin American Antiquity* 16 (2): 209-216.
- 2008 "Alineamientos astronómicos en la arquitectura". En: Ivan Šprajc, ed., *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress, pp. 233-242.
- Šprajc, Ivan, y Carlos Morales-Aguilar
2007 "Alineamientos astronómicos en los sitios arqueológicos de Tintal, El Mirador y Nakbe, Peten, Guatemala". En: N. María López, ed., *Proyecto Arqueológico Cuenca Mirador: Informe final temporada 2007*. Informe presentado al Instituto de Antropología e Historia de Guatemala, pp. 123-158.
- Šprajc, Ivan, Carlos Morales-Aguilar, y Richard D. Hansen
2009 "Early Maya astronomy and urban planning at El Mirador, Peten, Guatemala". *Anthropological Notebooks* 15 (en prensa).
- Taube, Karl Andreas
1992 *The major gods of ancient Yucatan*. Studies in Pre-Columbian Art & Archaeology 32, Washington: Dumbarton Oaks.
- Tedlock, Dennis
1985 *Popol Vuh: The Mayan book of the dawn of life*. New York: Simon & Schuster.
- Thom, A.
1971 *Megalithic lunar observatories*. Oxford: Oxford University Press.
- Thompson, J. Eric S.
1939 "The moon goddess in Middle America: with notes on related deities". *Contributions to American Anthropology and History* No. 29, Carnegie Institution of Washington Publ. 509.
- 1975 *Historia y religión de los mayas*. México: Siglo XXI (trad.: F. Blanco; orig.: *Maya history and religion*, Norman: University of Oklahoma Press, 1970).
- Tichy, Franz
1991 *Die geordnete Welt indianischer Völker: Ein Beispiel von Raumordnung und Zeitordnung im vorkolumbischen Mexiko*. Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft 21, Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Tozzer, Alfred M.
1941 *Landa's Relación de las cosas de Yucatán: A translation*. Papers of the Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology, Harvard University, vol. XVIII, Cambridge.

sitio	grupo, estructura	φ (norte)	λ (oeste)	A	δ	fecha de salida/puesta del Sol, u otro posible referente astronómico	
San Gervasio	III (Manitas)	C22-25-a (Manitas)	20°29'58"	86°50'42"	117°11' 297°11'	-25°33' ± 20' 25°07' ± 20'	solsticio de invierno solsticio de verano
		C22-24a (Chichan Nah)	20°29'58"	86°50'41"	122°22' 302°22'	-30°20' ± 10' 29°52' ± 10'	Luna, extremo mayor sur Luna, extremo mayor norte
		C22-27-a (La Tumba)	20°29'58"	86°50'43"	115°15' 295°15'	-23°46' ± 1° 23°20' ± 1°	solsticio de invierno solsticio de verano
	II	C22-30-a (32)	20°30'00"	86°50'43"	115°35' 295°35'	-24°05' ± 30' 23°38' ± 30'	solsticio de invierno solsticio de verano
		C22-32-a (Nohna, Nohoch Nah)	20°30'09"	86°50'36"	71°17' 251°17'	17°17' ± 10' -17°42' ± 10'	9 de mayo, 4 de agosto 30 de enero, 11 de noviembre
	IV (Murciélagos)	C22-34-a	20°30'14"	86°50'47"	134°10' 314°10'	-41°00' ± 1° 40°28' ± 1°	?
		C22-34-e	20°30'14"	86°50'47"	126°37' 306°37'	-34°12' ± 1° 33°43' ± 1°	?
		C22-34-d	20°30'14"	86°50'47"	104° 284°	-13°18' ± 2° 12°53' ± 2°	13 de febrero, 28 de octubre 24 de abril, 19 de agosto
	I (Grupo Central)	C22-4-b, 4-a (Los Murales, El Palacio)	20°30'00"	86°50'48"	119°13' 299°13'	-27°26' ± 30' 26°59' ± 30'	Luna, extremo mayor sur Venus o Luna, extremo mayor norte
		C22-5-a (El Palacio)	20°30'00"	86°50'48"	115° 295°	-23°32' ± 1° 23°06' ± 1°	solsticio de invierno solsticio de verano
		C22-6-a (El Osario)	20°29'59"	86°50'47"	115°30' 295°30'	-24°00' ± 90' 23°34' ± 90'	solsticio de invierno solsticio de verano
		C22-6-b (25b)	20°29'59"	86°50'47"	127°35' 307°35'	-35°05' ± 2° 34°36' ± 2°	?
		C22-6-c (Los Nichos)	20°29'59"	86°50'47"	116°35' 296°35'	-25°00' ± 30' 24°33' ± 30'	solsticio de invierno solsticio de verano
		C22-7-a (Las Columnas)	20°30'00"	86°50'47"	113°31' 293°31'	-22°10' ± 45' 21°44' ± 45'	solsticio de invierno solsticio de verano
	VI (El Ramonal)	C22-48a (VI-2a)	20°30'11"	86°51'09"	114°50' 294°50'	-23°23' ± 40' 22°56' ± 40'	solsticio de invierno solsticio de verano
		Acrópolis - escalinata	20°30'11"	86°51'09"	120°02' 300°02'	-28°11' ± 30' 27°44' ± 30'	Luna, extremo mayor sur Venus o Luna, extremo mayor norte
		C22-38-a	20°30'05"	86°51'08"	114°36' 294°36'	-23°10' ± 45' 22°44' ± 45'	solsticio de invierno solsticio de verano
		C22-41-a (Ka'na Nah)	20°30'07"	86°51'06"	114°26' 294°26'	-23°01' ± 1° 22°35' ± 1°	solsticio de invierno solsticio de verano
La Palma	C5-1-a	20°28'12"	86°47'33"	107° 287°	-16°06' ± 1° 15°41' ± 1°	5 de febrero, 6 de noviembre 3 de mayo, 10 de agosto	
Castillo Real	C7-1-a	20°32'05"	86°44'59"	107°51' 287°51'	-16°54' ± 30' 16°28' ± 30'	2 de febrero, 9 de noviembre 5 de mayo, 7 de agosto	
Janán I	C8-2-a	20°33'15"	86°44'19"	116°30' 286°30'	-24°55' ± 1° 24°28' ± 1°	solsticio de invierno solsticio de verano	
El Cedral	C15-1-a	20°22'00"	86°59'37"	107°59' 287°59'	-17°02' ± 1° 16°37' ± 1°	1 de febrero, 9 de noviembre 6 de mayo, 6 de agosto	
El Caracol	CI-1-a - estr. temprana, CI-2a	20°16'48"	86°58'45"	100°57' 280°57'	-10°28' ± 40' 10°03' ± 40'	21 de febrero, 20 de octubre 15 de abril, 27 de agosto	
	CI-1-a, estr. tardía	20°16'48"	86°58'45"	104°48'	-14°04' ± 40'	11 de febrero, 31 de octubre	
Cinco Puertos	C2-1-a	20°18'45"	86°55'59"	130° 310°	-37°19' ± 2° 36°49' ± 2°	?	
Buena Vista	C18-1-a	20°19'36"	86°56'25"	119°30' 299°30'	-27°43' ± 1° 27°16' ± 1°	Luna, extremo mayor sur Venus o Luna, extremo mayor norte	
	C18-1-b	20°19'36"	86°56'25"	113°25' 293°25'	-22°06' ± 2° 21°40' ± 2°	solsticio de invierno solsticio de verano	
	estr. no identificada, junto a una cueva	20°19'52"	86°56'14"	109°25' 289°25'	-18°22' ± 2° 17°57' ± 2°	28 de enero, 14 de noviembre 11 de mayo, 1 de agosto	
Arrecife	C10-1-a, C10-1-b	20°34'29"	86°45'00"	126°59' 306°59'	-34°31' ± 1° 34°02' ± 1°	?	

TABLA 1. DATOS SOBRE LOS ALINEAMIENTOS ARQUITECTÓNICOS EN COZUMEL

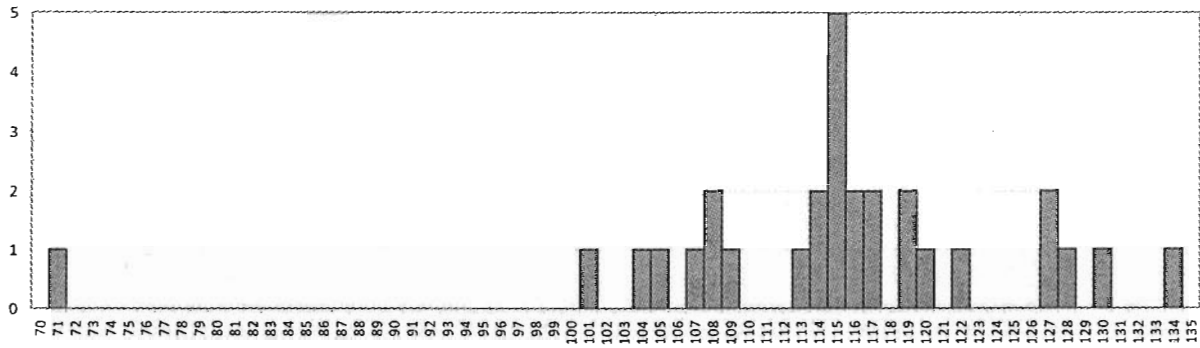


FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS AZIMUTS DE LAS ORIENTACIONES EN COZUMEL. CADA COLUMNA REPRESENTA EL NÚMERO DE AZIMUTS EN EL INTERVALO DE UN GRADO CENTRADO EN EL VALOR INDICADO ABAJO

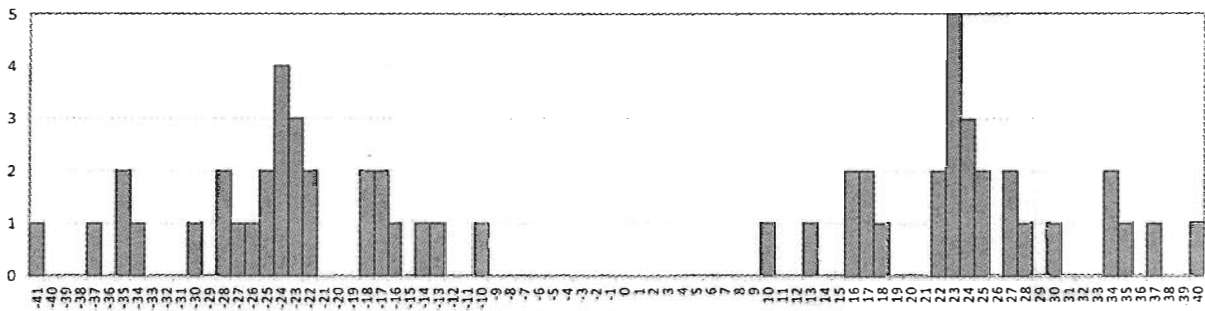


FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE LAS DECLINACIONES CORRESPONDIENTES A LAS ORIENTACIONES EN COZUMEL. CADA COLUMNA REPRESENTA EL NÚMERO DE DECLINACIONES EN EL INTERVALO DE UN GRADO CENTRADO EN EL VALOR INDICADO ABAJO



FIGURA 3. SAN GERVASIO, GRUPO EL RAMONAL, ESTRUCTURA 41-A (Ka'NA NAH), SANTUARIO SUPERIOR; JUEGO DE LUZ Y SOMBRA EN LA PARED PONIENTE DEL MURO DIVISORIO INTERIOR, AL PONERSE EL SOL EL 3 DE JULIO DE 2009. NÓTESE QUE LA FRANJA ILUMINADA DEL LADO IZQUIERDO DEL VANO CENTRAL ES CONSIDERABLEMENTE MÁS ANCHA QUE LA DEL LADO DERECHO, DEBIDO A QUE LA FOTO FUE TOMADA 12 DÍAS DESPUÉS DEL SOLSTICIO DE VERANO Y, ADEMÁS, CASI 20 MINUTOS ANTES DE LA PUESTA DEL SOL. EL FENÓMENO NO PUDO OBSERVARSE EN LOS ÚLTIMOS MOMENTOS ANTES DE LA PUESTA DEL SOL, CUANDO LAS DOS FRANJAS ILUMINADAS TENDRÍAN ANCHURAS SIMILARES, YA QUE EL PASO DE LOS RAYOS SOLARES FUE OBSTACULIZADO POR LAS COPAS DE LOS ÁRBOLES CERCANOS

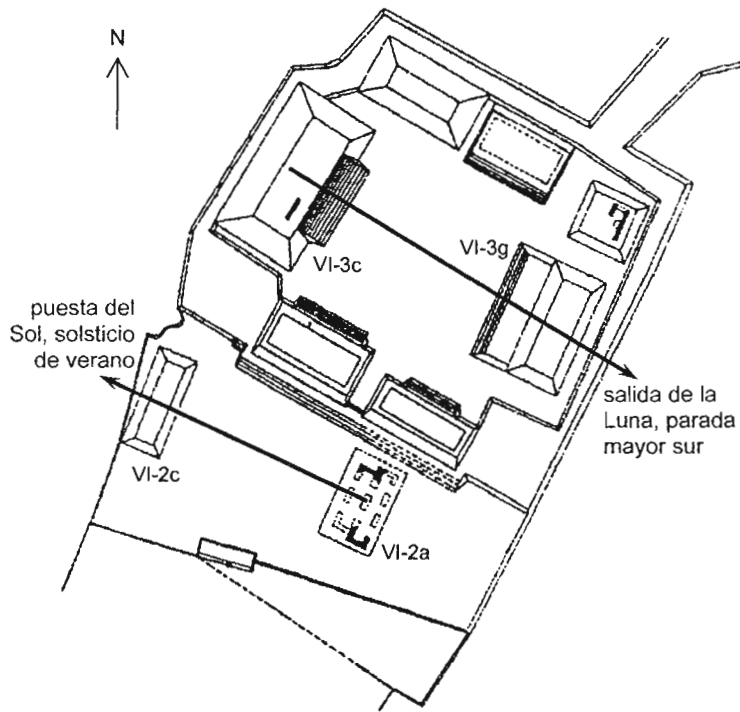


FIGURA 4. SAN GERVASIO, PLANO DEL GRUPO EL RAMONAL (SEGÚN AZCARATE Y RAMIREZ 2000: FIG. 3) CON LOS ALINEAMIENTOS DISCUTIDOS EN EL TEXTO

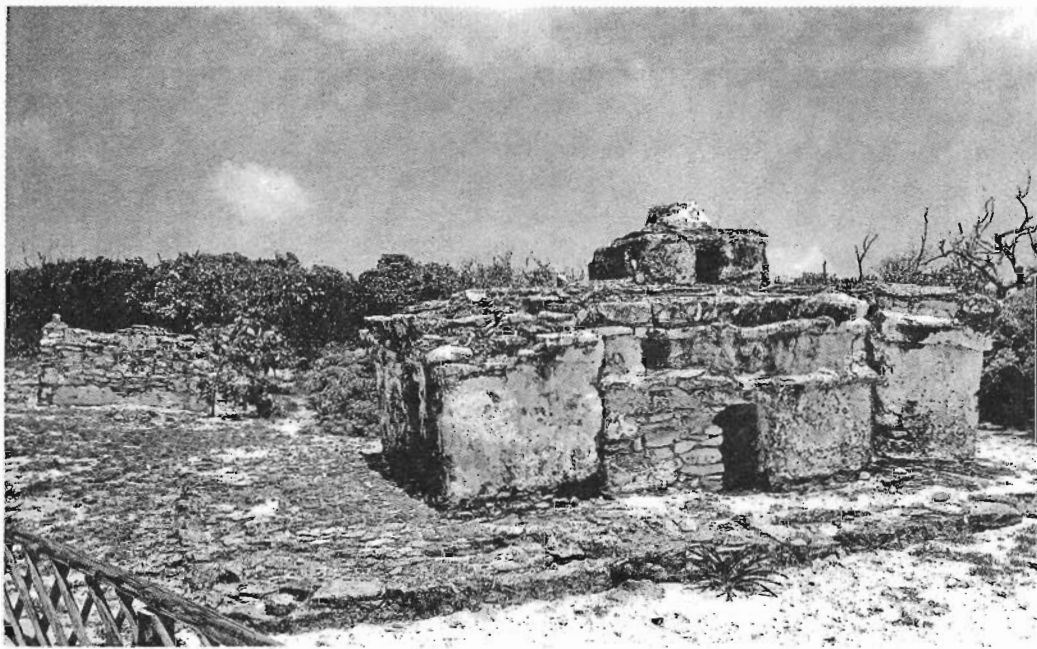


FIGURA 5. EL CARACOL, ESTRUCTURAS 1-A Y (AL FONDO) 2A, VISTA HACIA EL SURESTE



FIGURA 6. EL CARACOL, ESTRUCTURA 1-A, VISTA DESDE LA ENTRADA ORIENTE DE LA ETAPA TARDÍA HACIA EL PONIENTE, A LO LARGO DEL EJE CENTRAL DE LA ESTRUCTURA

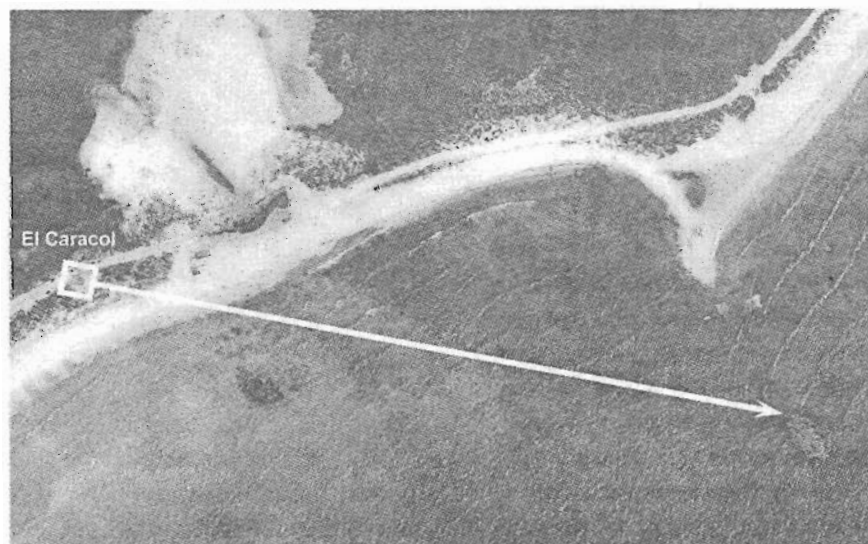


FIGURA 7. ALINEAMIENTO DE LA ESTRUCTURA 1-A DE EL CARACOL HACIA EL ISLOTE EN EL MAR (IMAGEN DE SATÉLITE: GOOGLE EARTH; [HTTP://EARTH.GOOGLE.COM](http://earth.google.com))