

SIGNIFICADO ASTRONÓMICO DE LOS GRUPOS E EN LA ARQUITECTURA MAYA

Una reevaluación

Ivan Šprajc

PROSTOR, KRAJ, ČAS



PROSTOR, KRAJ, ČAS 18

Significado astronómico de los grupos E en la arquitectura maya: Una reevaluación

Ivan Šprajc

Založba ZRC
Ljubljana 2021

PROSTOR, KRAJ, ČAS 18

**SIGNIFICADO ASTRONÓMICO DE LOS GRUPOS E EN LA ARQUITECTURA MAYA:
UNA REEVALUACIÓN**

Ivan Šprajc

Edición: Žiga Kokalj y Nataša Gregorič Bon

Fotografía: Ivan Šprajc

Dictamen académico: Juan Antonio Belmonte, Arlen Frank Chase, Philippe Nondédéo

Diseño y maquetación: Ivan Šprajc

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

Editorial: Založba ZRC

Responsable: Oto Luthar

Editor en jefe: Aleš Pogačnik

Esta primera edición electrónica del libro es de acceso abierto bajo los términos de la licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0. <https://doi.org/10.3986/9789610505013>

Ljubljana 2021.

Se reconoce el apoyo financiero de la Agencia de Investigación Eslovena (ARRS, financiación básica de investigación núm. P6-0079).

Foto en la portada: Estructura C de Nakum, vista hacia el poniente.

Foto en la contraportada: Estructura 137 de Yaxhá, vista hacia el oriente.

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID= 39608835

ISBN 978-961-05-0501-3 (pdf)

Abstract

In the 1920s, during the first archaeological excavations at Uaxactún, Petén, Guatemala, an architectural complex named Group E was interpreted as an ancient Maya astronomical observatory, specifically designed for sighting the equinoctial and solstitial sunrises. In the following decades, a large number of architectural compounds with the same configuration were found, most of them in the central lowlands of the Yucatán Peninsula. The multiple hypotheses that have been proposed about the astronomical function of these complexes, commonly designated as E Groups, range from those attributing them a paramount role in astronomical observations to those that consider them merely allegorical or commemorative allusions to celestial cycles, without any observational use. Since these interpretations were largely based on inaccurate alignment data, measurements have been accomplished in a number of E Groups in the central Maya Lowlands. Based on quantitative analyses of the alignment data and on contextual evidence, I show that many of the previous hypotheses cannot be sustained. While there are no grounds to believe that the alignments connecting the western pyramid with the extremes of the eastern platform in each E Group were used systematically for astronomical observations, the orientations of these assemblages indicated by their central axes belong to widespread alignment groups in the Maya Lowlands, materialized mostly in other types of buildings and explicable in terms of some fundamental concerns of the agriculturally-based Maya societies. I thus argue that E Groups, although built primarily for ritual purposes, were astronomically functional, but also that they had no specific or particularly prominent role in astronomical observations. I also present the evidence demonstrating that the astronomical orientations initially embedded in E Groups—which represent the earliest standardized form of Maya monumental architecture and whose occurrence in practically all early cities in the central Yucatán Peninsula attests to their sociopolitical significance—were later transferred to buildings and compounds of other types. Therefore, it is precisely the importance of the astronomically and cosmologically significant directions, first incorporated in E Groups, that allows us to understand some outstanding aspects of ancient Maya architecture and urbanism.

KEYWORDS

Mesoamerica, Lowland Maya, archaeology, archaeoastronomy, architecture, urbanism, E Groups, orientations, world view, religion

Resumen

En la década de 1920, durante las primeras excavaciones arqueológicas en Uaxactún, Petén, Guatemala, un complejo arquitectónico denominado Grupo E fue interpretado como un observatorio astronómico maya, destinado específicamente a avistar los ortos y ocasos del Sol en los equinoccios y los solsticios. En las siguientes décadas se encontraron numerosos conjuntos arquitectónicos con la misma configuración, la mayoría de ellos en las tierras bajas centrales de la península de Yucatán. Las múltiples hipótesis que se han propuesto sobre la función astronómica de estos complejos, comúnmente llamados grupos E, van desde las que les atribuyen un papel primordial en las observaciones astronómicas hasta las que los consideran meras alusiones alegóricas o conmemorativas a ciclos celestes, sin cualquier uso observacional. Considerando que estas interpretaciones se basaron en gran medida en datos inexactos sobre los alineamientos, he realizado mediciones en varios grupos E en las tierras bajas mayas centrales. Los análisis cuantitativos de los datos, así como evidencias contextuales, han mostrado que muchas de las hipótesis anteriores no pueden sostenerse. Mientras que no hay bases para creer que las líneas que en cada grupo E conectan la pirámide occidental con los extremos de la plataforma oriental se usaran sistemáticamente para observaciones astronómicas, las orientaciones de estos arreglos indicadas por sus ejes centrales pertenecen a los grupos de orientación comunes en las tierras bajas mayas, materializados mayormente en edificios de otros tipos y explicables en términos de algunas preocupaciones fundamentales de las sociedades mayas, basadas en la agricultura. Por lo tanto, argumento que los grupos E, aunque contruidos principalmente con fines rituales, eran astronómicamente funcionales, pero también que no tenían un papel específico o particularmente prominente en observaciones astronómicas. Examinando evidencias pertinentes, también demuestro que las orientaciones astronómicas plasmadas inicialmente en los grupos E –que representan la forma estandarizada más temprana de la arquitectura monumental maya y cuya presencia en prácticamente todas las ciudades tempranas de la parte central de la península de Yucatán atestigua su significado sociopolítico– fueron posteriormente transferidas a edificios y conjuntos de otros tipos. Por consiguiente, es precisamente la importancia de las direcciones astronómica y cosmológicamente significativas, primero incorporadas en los grupos E, la que nos permite comprender algunos aspectos sobresalientes de la arquitectura y el urbanismo de los mayas.

PALABRAS CLAVE

Mesoamérica, tierras bajas mayas, arqueología, arqueoastronomía, arquitectura, urbanismo, grupos E, orientaciones, cosmovisión, religión

Izvleček

V dvajsetih letih prejšnjega stoletja, ko so bila opravljena prva arheološka izkopavanja na najdišču Uaxactún v gvatemalski pokrajini Petén, je bil arhitektonski kompleks z imenom Skupina E interpretiran kot astronomski observatorij, namenjen posebej za opazovanje ekvinokcijskih in solsticijskih Sončevih vzhodov. V naslednjih desetletjih je bilo najdenih veliko stavbnih skupin z enako konfiguracijo, večina v osrednjem nižavju polotoka Jukatana. Med številnimi hipotezami, ki so bile predložene o astronomski funkciji tovrstnih kompleksov, so na eni strani tiste, ki jim pripisujejo posebej pomembno vlogo v astronomskih opazovanjih, na drugi pa tiste, ki jih opisujejo kot zgolj alegorične ali komemorativne aluzije na nebesne cikle, brez kakršne koli opazovalne rabe. Ker so te razlage v veliki meri temeljile na netočnih podatkih o poravnava, sem opravil terenske meritve v vrsti skupin E v osrednjem majevskem nižavju. Kvantitativne analize podatkov o poravnava in značilnosti arheoloških kontekstov so pokazale, da so prejšnje hipoteze večinoma nesprejemljive. Medtem ko ni osnov za domnevo, da bi bile linije, ki v vsaki skupini E povezujejo zahodno piramido z ekstremi vzhodne platforme, sistematično uporabljene za astronomska opazovanja, usmeritve teh kompleksov, nakazane z njihovimi centralnimi osmi simetrije, spadajo v splošno razširjene skupine orientacij v majevskih nižavjih, materializirane pretežno v drugih vrstah stavb in razložljive v luči izzivov, s katerimi so se soočale majevske družbe, temelječe na poljedelstvu. Čeprav so bile skupine E zgrajene predvsem za obredne namene, utemeljujem, da so bile astronomsko funkcionalne, vendar niso imele nobene specifične ali posebno izstopajoče vloge v astronomskih opazovanjih. Z navajanjem ustreznih dejstev tudi dokazujem, da so bile astronomske usmeritve, prvotno vgrajene v skupine E – ki predstavljajo najzgodnejšo standardizirano obliko monumentalne arhitekture Maje in katerih pojav v praktično vseh zgodnjih mestih v osrednjem delu polotoka Jukatana priča o njihovem družbenopolitičnem pomenu – kasneje prenesene na stavbe drugih tipov. Zato nam prav pomen astronomsko in kozmološko signifikantnih smeri, ki so bile najprej vključene v skupine E, omogoča razumevanje nekaterih pomembnih vidikov arhitekture in urbanizma Maje.

KLJUČNE BESEDE

Mezoamerika, nižavski Maje, arheologija, arheoastronomija, arhitektura, urbanizem, skupine E, orientacije, pogled na svet, religija

Índice

Lista de figuras.....	iv
Lista de tablas	v
Agradecimientos	vi
1 Introducción	1
2 Metodología	5
3 Análisis de los datos	13
Azimuts.....	23
Declinaciones	24
Fechas e intervalos.....	28
Datos contextuales	33
4 Discusión de las hipótesis anteriores.....	35
5 Comentarios sobre los sitios y alineamientos particulares	41
Actuncan, Cayo, Belice	41
Altar de los Reyes, Campeche, México	42
Anonal (Ceibal), Petén, Guatemala.....	42
Arenal, Cayo, Belice.....	42
Balakbal, Campeche, México	42
Cahal Pichik (Caracol), Cayo, Belice	42
Calabazal, Petén, Guatemala.....	42
Calakmul, Campeche, México.....	44
Caledonia, Cayo, Belice	45
Caracol, Cayo, Belice.....	45
Caracol, Cayo, Belice, grupos periféricos.....	46
Ceiba (Caracol), Cayo, Belice	47
Ceibal, Petén, Guatemala	47
Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos	49
Cenote, Petén, Guatemala	50
Chanchich, Petén, Guatemala	50
Cheyokolnah, Campeche, México.....	51
Chicaanticaanal, Campeche, México	51
Chumuk, Cayo, Belice.....	51
Cival, Petén, Guatemala	51
Cival Noreste, Petén, Guatemala	52
Cival Suroeste, Petén, Guatemala	52
Cohune (Caracol), Cayo, Belice.....	53
Curucuitz, Petén, Guatemala	53
El Cruce (Ceibal), Petén, Guatemala	53
El Edén (Ceibal), Petén, Guatemala.....	53
El Gallinero, Campeche, México.....	53

El Hospital (Naachtún), Petén, Guatemala	53
El Mirador, Petén, Guatemala	54
El Rodeo (Ceibal), Petén, Guatemala	54
El Saraguaté (Naachtún), Petén, Guatemala	54
El Tigre, Campeche, México	54
El Zacatal, Campeche, México	54
Guacamayo, Cayo, Belice	54
Hatzcap Ceel (Caracol), Cayo, Belice	55
Holmul, Petén, Guatemala	55
Holtún, Petén, Guatemala	56
Iberia (Ceibal), Petén, Guatemala	56
Ixchel, Cayo, Belice	56
Ix Kol, Petén, Guatemala	56
Ixkún, Petén, Guatemala	56
Ixtontón, Petén, Guatemala	57
Ixtutz, Petén, Guatemala	57
K'ax Ba, Petén, Guatemala	57
Kunal Sur (Naachtún), Petén, Guatemala	58
La Blanca, Petén, Guatemala	58
La Felicidad (Ceibal), Petén, Guatemala	58
La Nueva Libertad (Ceibal), Petén, Guatemala	58
Naachtún, Petén, Guatemala	58
Naachtún, Petén, Guatemala, grupos periféricos	62
Nakbé, Petén, Guatemala	63
Nakum, Petén, Guatemala	63
Naranjal, Petén, Guatemala	66
Naranjo, Petén, Guatemala	67
Nixtun-Ch'ich', Petén, Guatemala	70
Paxcamán, Petén, Guatemala	73
Sacul 1, Petén, Guatemala	73
San Clemente, Petén, Guatemala	73
San Juan (Caracol), Cayo, Belice	73
Sisia', Petén, Guatemala	74
Suk Che', Petén, Guatemala	74
Tikal, Petén, Guatemala	74
Topoxté, Petén, Guatemala	76
T'ot, Petén, Guatemala	76
Tzikintzakán, Petén, Guatemala	77
Uaxactún, Petén, Guatemala	77
Unidad AD16-3 (Ceibal), Petén, Guatemala	83
Unidad AI11-48 (Ceibal), Petén, Guatemala	83
Uxul, Campeche, México	83
Xaman Witz, Cayo, Belice	83
Yaxhá, Petén, Guatemala	84
Yaxnohcah, Campeche, México	87
6 Uso observacional y significado cultural de los alineamientos	89

7	Los grupos E en el contexto de la arquitectura y el urbanismo de los mayas: perspectiva diacrónica	93
8	Complejos de tipo Grupo E: ¿observatorios?	99
9	Comentarios finales	103
	Bibliografía	107

Lista de figuras

Figura 1.1	Plantas esquemáticas de los dos tipos más comunes de los grupos E, mostrando los alineamientos que se han medido y analizado.....	2
Figura 1.2.	Mapa de localización de los sitios arqueológicos incluidos en el estudio (sobre las orientaciones al norte del este, v. detalles en el capítulo 3).....	3
Figura 2.1.	Ilustración del método que permite calcular el azimut de la línea AC con las lecturas tomadas con teodolito y referencia astronómica en los puntos B y D (v. texto).....	7
Figura 2.2.	Ilustración del método que permite calcular la altura angular del punto C observado desde el punto A (v. texto).	7
Figura 3.1.	Distribución de frecuencias de los azimuts de los alineamientos incorporados en los grupos E y estructuras de otros tipos.....	23
Figura 3.2.	Distribución de frecuencias relativas (KDE) de las declinaciones señaladas por los alineamientos plasmados en los grupos E y edificios de otros tipos.	25
Figura 3.3.	Distribución de frecuencias relativas (KDE) de las fechas registradas por los ejes centrales de los grupos E y estructuras de otros tipos en los horizontes este y oeste.....	30
Figura 3.4.	Distribución de frecuencias relativas (KDE) de los intervalos que separan las fechas registradas en los horizontes este y oeste.....	32
Figura 4.1.	Distribución de frecuencias de los intervalos que separan las fechas registradas por los alineamientos en los grupos E en el horizonte este y las fechas más cercanas de los pasos del Sol por el cenit local.....	36
Figura 4.2.	Correlaciones entre las declinaciones negativas (arriba) y positivas (abajo) marcadas por los alineamientos en los grupos E y las latitudes de los sitios correspondientes (dado el rango de latitudes de los grupos E incluidos en el análisis, sólo se muestra un rango limitado de las declinaciones).	38
Figura 5.1.	Calabazal, plaza principal, vista desde el montículo oeste del grupo E hacia el este.	43
Figura 5.2.	Calabazal, plaza principal, vista desde el montículo central de la plataforma este del grupo E hacia el oeste.	43
Figura 5.3.	Esquema del posible calendario observacional de Calabazal.....	44
Figura 5.4.	El Tigre, vista desde la parte alta de la Estructura 4 hacia el poniente, a lo largo de la línea visual que pasa por el montículo principal de la Estructura 3 y la Estructura 2 al fondo.	55

Figura 5.5.	Visualización del modelo digital de elevaciones, basado en los datos LiDAR, del núcleo urbano de Naachtún, con los alineamientos discutidos en el texto (visualización: Žiga Kokalj).....	61
Figura 5.6.	Naachtún, Estructura XXXIX, lado oriente.....	62
Figura 5.7.	Nakum, Estructura E, vista hacia el noroeste.	64
Figura 5.8.	Esquema de un posible calendario observacional de Nakum.....	65
Figura 5.9.	Esquema de otro posible calendario observacional de Nakum.....	65
Figura 5.10.	Plano del núcleo de Naranjo (redibujado de Quintana y Wurster, 2004), con los alineamientos discutidos en el texto (equidistancia de curvas de nivel: 2 m).....	68
Figura 5.11.	Naranjo, Estructura B-15, entrada al santuario superior, vista hacia el poniente.....	69
Figura 5.12.	Mapa del núcleo de Nixtun-Ch'ich' (redibujado de Rice y Pugh 2017: fig. 2), con el eje principal del sitio (equidistancia de curvas de nivel: 1.5 m).....	71
Figura 5.13.	Esquema del posible calendario observacional de Nixtun-Ch'ich'.....	71
Figura 5.14.	Topoxté, Edificio C, vista hacia el sureste.....	76
Figura 5.15.	Uaxactún, Grupo E, vista desde la entrada a la Estructura E-2 hacia el poniente, con la Estructura E-7-sub-2 al fondo.	78
Figura 5.16.	Uaxactún, Grupo E, plataforma este con las Estructuras E-1, E-2 y E-3, vista desde la Estructura E-7-sub-2 (punto C) hacia el oriente.	78
Figura 5.17.	Uaxactún, Estructura E-7-sub-2, vista a lo largo de la escalinata oriente.....	79
Figura 5.18.	Plano de Yaxhá (redibujado de Quintana <i>et al.</i> , 2000), con los alineamientos discutidos en el texto (equidistancia de curvas de nivel: 2 m).....	85
Figura 5.19.	Esquema del posible calendario observacional de Yaxhá.....	86

Lista de tablas

Tabla 3.1.	Datos sobre los alineamientos en los grupos E.....	14
Tabla 3.2.	Datos sobre las orientaciones de los edificios de varios tipos.	20

Agradecimientos

Las mediciones de los alineamientos analizados en el presente estudio se realizaron en campo en diversos sitios arqueológicos de Guatemala y México. El trabajo en Guatemala se llevó a cabo en 2019, en el marco del proyecto de investigación *Estudio Arqueoastronómico de la Arquitectura Maya en Petén*, autorizado por la Dirección del Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala (Convenio de Investigación Arqueológica núm. 17-2019) y financiado por el Centro de Investigaciones de la Academia Eslovena de Ciencias y Artes (ZRC SAZU). Las mediciones en México fueron realizadas como parte del proyecto J6-4003, *Propiedades astronómicas de la arquitectura y el urbanismo en Mesoamérica* (2010-2015), autorizado por el Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y financiado por la Agencia de Investigación de la República de Eslovenia (ARRS), el INAH y la empresa FBC Datec, México. La Lic. Claudia Marie Vela González de Bellamy y el Dr. Pedro Francisco Sánchez Nava, co-directores de los proyectos en Guatemala y México, respectivamente, ofrecieron asistencia invaluable tanto en las gestiones administrativas como durante los trabajos de campo.

Para la realización de las investigaciones en Guatemala fue decisivo el generoso apoyo y las facilidades otorgadas por el Arquitecto Dieter Richter. Las actividades en campo fueron agilizadas gracias a la colaboración de Martin Hobel. Estos trabajos, así como el posterior análisis y la interpretación de los datos, no se hubieran podido llevar a cabo de manera tan exitosa sin las intervenciones, facilidades y diversos tipos de información brindados por la Dra. Sofía Paredes Maury, el Arquitecto Raúl Noriega, la Dra. Vilma Fialko y los arqueólogos Jorge Chocón, Bernard Hermes, Oswaldo Gómez y José Leonel Ziesse. Al trabajar en el estado de Campeche, México, conté con el valioso apoyo del Dr. Pedro Francisco Sánchez Nava, la Arqlga. Adriana Velázquez Morlet, la M. C. Lirio G. Suárez Améndola y el Dr. Antonio Benavides Castillo.

La información analizada en el presente estudio fue notablemente enriquecida con los datos que pudieron obtenerse con base en las imágenes derivadas del escaneo LiDAR en varias regiones. El Dr. Takeshi Inomata, Director del *Proyecto Arqueológico Ceibal-Petexbatún*, además de compartir los planos de sus excavaciones en Ceibal, proporcionó el modelo de elevaciones basado en los datos LiDAR para este sitio y una gran extensión del terreno circundante. Las imágenes para las áreas de Holmul y Naachtún, resultantes del escaneo realizado por la Iniciativa LiDAR Pacunam, fueron facilitadas por el Dr. Philippe Nondédéo, Director del *Proyecto Petén-Norte Naachtun*, y el Dr. Francisco Estrada-Belli, director del *Proyecto Arqueológico Holmul*, mientras que las imágenes de este tipo para diversos sitios en Belice, así como importantes datos arqueológicos, fueron proporcionados por los doctores Arlen F. Chase y Adrian S. Z. Chase.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los colegas y organismos citados.

1 Introducción

Desde la década de 1920, cuando Frans Blom y Oliver Ricketson interpretaron el Grupo E de Uaxactún como un observatorio equinoccial y solsticial (Ricketson 1928a; 1928b), ha sido una opinión generalizada de que los conjuntos arquitectónicos de este tipo, comúnmente denominados complejos de tipo Grupo E o simplemente grupos E,¹ tenían un papel particularmente importante en las observaciones astronómicas de los mayas. Se han propuesto diversas hipótesis al respecto, resultando en que los arreglos de este tipo comúnmente se designan como observatorios. Algunos investigadores, sin embargo, han argumentado que los grupos E, en lugar de haber sido observacionalmente funcionales, eran representaciones alegóricas de los ciclos celestes, por lo que propusieron otros nombres, por ejemplo, Complejos Conmemorativos, Complejos de Conmemoración Astronómica o Complejos de Ritual Público (Fialko 1987; 1988; Aimers y Rice 2006; Guderjan 2006). Muchas de estas hipótesis se basan en datos deficientes y poco confiables sobre los alineamientos, pero todas, aunque muy divergentes, comparten la idea de que los conceptos astronómicos y cosmológicos se asociaban específicamente con los grupos E (Freidel *et al.* 2017). El objetivo del presente estudio, basado en los alineamientos medidos en diversos conjuntos de este tipo, es evaluar las múltiples propuestas y detectar las similitudes o diferencias entre los principios que dictaban la disposición de los grupos E y la orientación de edificios de otros tipos.

Un grupo E típico tiene una planta simétrica, con su eje central que corre aproximadamente de este a oeste, desde un templo piramidal en el lado oeste de una plaza hasta el centro de una plataforma alargada que delimita la plaza en su lado este, extendiéndose aproximadamente en dirección norte-sur. En el llamado tipo La Venta, que es la variante más antigua de estos conjuntos (Inomata *et al.* 2018), la plataforma este no tiene superestructuras; en el tipo Cenote, la plataforma este tiene un edificio piramidal en el centro, desplazado al este del eje norte-sur de la plataforma, y ocasionalmente dos estructuras menores en sus extremos; en el tipo Uaxactún, que es la versión más tardía, la plataforma este sostiene un edificio central y otros dos en los extremos, estando los tres aproximadamente alineados (Chase y Chase 2017: 32-34). Todos los grupos E analizados en el presente estudio pertenecen a los dos últimos tipos. En cada grupo E medí tres alineamientos típicamente interpretados como astronómicamente significativos; uno es el eje central, conectando la pirámide oeste con la estructura central en la plataforma este, y los otros dos, en lo sucesivo denominados alineamientos laterales, conectan la pirámide occidental con los extremos norte y sur de la plataforma oriental (figura 1.1).

Los complejos de tipo Grupo E datan mayormente de los periodos Preclásico Medio y Tardío y Clásico Temprano (aprox. 1000 a. C. - 600 d. C.) y, por lo regular, tienen varias etapas constructivas. La mayor concentración de estos conjuntos en el área maya, donde representan una de las primeras formas estandarizadas de arquitectura monumental, se encuentra en las partes centrales de la península de Yucatán, pero las formas más tempranas parecen haber aparecido a lo largo de la costa del Pacífico, la costa sur del Golfo de México y en los altos adyacentes de Guatemala y el estado mexicano de Chiapas. Los grupos E no siempre y no en todas partes tenían el mismo papel, como lo

¹ Quiero aclarar que, al referirme al Grupo E de Uaxactún, lo escribo con mayúscula, por considerarlo nombre propio, mientras que el nombre genérico que denota cualquier conjunto con la configuración similar a la del grupo epónimo es "grupo E", escrito con minúscula.

demuestran las variaciones regionales y temporales en los tamaños y formas de los edificios, así como las características de los contextos arqueológicos asociados. En general, sin embargo, constituían un escenario para actos rituales, que en comunidades con una organización social cada vez más compleja llegaron a formar parte importante de la ideología política (Awe *et al.* 2017; Chase y Chase 1995; 2017; Chase *et al.* 2017; Doyle 2017; Estrada-Belli 2017; Inomata 2017; Reese-Taylor 2017). En vista de la evidente importancia sociopolítica de los grupos E, que caracterizan prácticamente todos los núcleos cívicos y ceremoniales en las tierras bajas centrales, una evaluación adecuada de sus posibles connotaciones astronómicas es de suma importancia para comprender algunos principios fundamentales de la arquitectura y el urbanismo mayas.

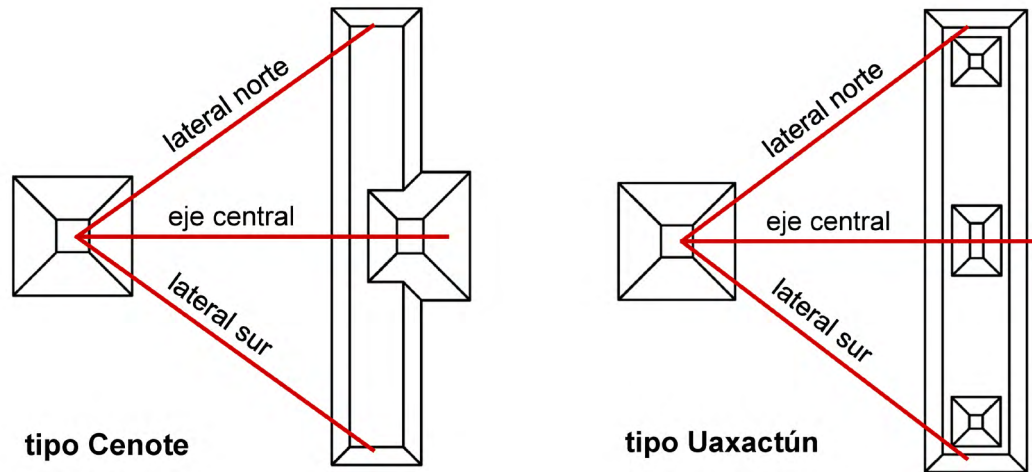


Figura 1.1. Plantas esquemáticas de los dos tipos más comunes de los grupos E, mostrando los alineamientos que se han medido y analizado.

La arquitectura mesoamericana ha sido objeto de estudios arqueoastronómicos desde hace varias décadas. Las primeras investigaciones sistemáticas revelaron que los edificios cívicos y ceremoniales fueron, por regla general, orientados a partir de criterios astronómicos, mayormente hacia los puntos de salida y puesta del Sol en las fechas significativas en términos agrícolas (Aveni 2001; Aveni y Hartung 1986; 2000; Carlson 1981; Dowd y Milbrath 2015; Galindo 1994; Macgowan 1945; Malmström 1997; Tichy 1991). También se formularon diversas hipótesis más concretas, pero la baja precisión de los datos en los que se apoyaron impidió su verificación.

A raíz de esta situación, en los años recientes realizamos estudios sistemáticos basados en mediciones de campo en más de 200 sitios arqueológicos. Hemos podido demostrar que, a pesar de algunas variaciones regionales y temporales, las normas que dictaron la orientación de los edificios importantes, tanto religiosos como residenciales y administrativos, eran esencialmente las mismas en toda Mesoamérica y durante periodos prolongados. Los análisis de los datos correspondientes a diferentes tipos de estructuras han revelado la existencia de varios grupos de orientación, que en su mayoría se refieren a los ortos y ocasos del Sol en ciertas fechas, mientras que dos grupos están relacionados con los extremos de Venus y de la Luna. Las fechas más frecuentemente registradas por las orientaciones solares se agrupan en temporadas significativas del ciclo agrícola, y los intervalos que las separan tienden a ser múltiplos de 13 y de 20 días. Por tratarse de periodos elementales del sistema calendárico mesoamericano, tales orientaciones eran útiles para predecir las fechas registradas por las orientaciones, incluso si las observaciones directas se veían impedidas por la nubosidad. Recordemos que, en el ciclo de 260 días, los múltiplos de 20 días conectaban las fechas

con el mismo signo de veintena, mientras que los múltiplos de 13 días vinculaban las fechas con el mismo número de trecena. Tomando en consideración los datos contextuales relevantes, ante todo los etnográficos, ha sido posible concluir que las orientaciones solares permitían el uso de calendarios observacionales que facilitaban una programación eficaz de las actividades agrícolas y los rituales asociados en el ciclo anual. La función práctica de las orientaciones solares es comprensible si recordamos que los mesoamericanos no empleaban ningún mecanismo de ajustes regulares que mantuviera su año calendárico de 365 días en perpetua concordancia con el año trópico, que es casi un cuarto del día más largo (Šprajc 1996a; 1996b; 2001; 2016; 2018a; 2018b; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016; Sánchez y Šprajc 2015; Sánchez *et al.* 2016). Cabe agregar que la intencionalidad astronómicamente motivada de los grupos de orientación más prominentes en las tierras bajas mayas ha sido sustentada por análisis estadísticos (González-García y Šprajc 2016).

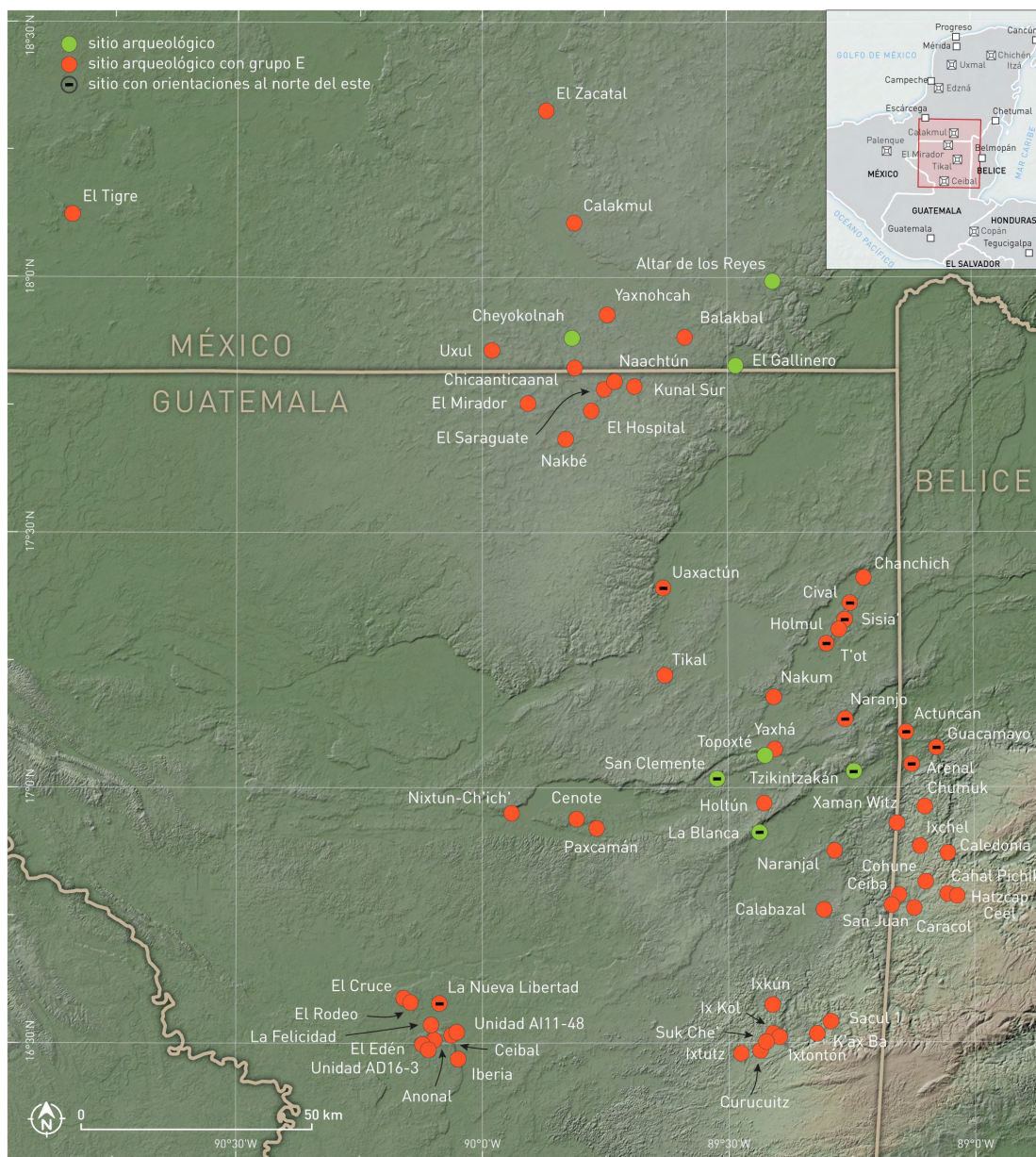


Figura 1.2. Mapa de localización de los sitios arqueológicos incluidos en el estudio (sobre las orientaciones al norte del este, v. detalles en el capítulo 3).

Nuestras investigaciones anteriores en el área maya abarcaron pocos complejos de tipo Grupo E, por lo que no fue posible llegar a una conclusión contundente respecto a los principios astronómicos involucrados en su disposición. Los datos analizados en el presente estudio constituyen una muestra relativamente amplia y útil para los análisis e interpretaciones, ya que corresponden a 71 grupos E, ubicados en las tierras bajas centrales, donde son particularmente comunes, así como a 79 estructuras de otros tipos en la misma área (figura 1.2).

2 Metodología

Respecto a los principios metodológicos que es imperativo considerar en cualquier estudio arqueoastronómico de orientaciones, no sobra expresar una advertencia fundamental: cualquier alineamiento identificado en un contexto arqueológico o en un paisaje cultural puede relacionarse, con relativa facilidad, con algún fenómeno astronómico, pero la tarea más importante consiste en tratar de demostrar que tal relación no es fortuita. Para poder argumentar, de manera contundente, que la relación propuesta fue lograda intencionalmente, necesitamos datos contextuales independientes que sugieran un motivo astronómico para la alineación en cuestión (iconografía, fuentes escritas etc.), o bien, debemos contar con una muestra suficientemente cuantiosa de alineamientos comparables, relacionados con la misma posición en la esfera celeste (declinación, *v. infra*) e incorporados en un conjunto coherente u homogéneo de rasgos arqueológicos (es decir, del mismo tipo y pertenecientes al mismo complejo cultural), o ambos tipos de datos (*cf.* Aveni 2003; Hawkins 1968; Ruggles 1999; Šprajc 2005). Ahora bien, en el área maya, así como en Mesoamérica en general, las evidencias contextuales que permitan suponer que la orientación de un edificio fue motivada por consideraciones astronómicas son frecuentemente ambiguas y, en la mayoría de los casos, inexistentes. Es por ello que, para lograr los objetivos de la presente investigación, fue indispensable contar con una muestra suficientemente grande de datos confiables y homogéneos sobre los alineamientos, que permitieran análisis e interpretaciones convincentes.

Para resolver de qué manera pudieron haberse usado los complejos de tipo Grupo E para las observaciones astronómicas, así como para verificar si los criterios que dictaban su disposición eran diferentes de los involucrados en el diseño y construcción de edificios de otros tipos, se han analizado los alineamientos en 71 grupos E y las orientaciones de 79 estructuras de otros tipos en las tierras bajas centrales (figura 1.2). En cada grupo E medí tres líneas visuales típicamente interpretadas como astronómicamente significativas, es decir, el eje central –desde la pirámide oeste hacia la estructura central sobre la plataforma este– y las líneas laterales que conectan la pirámide con los extremos norte y sur de la plataforma este o, donde existen los restos de edificios en los extremos de esta plataforma, con sus bordes norte y sur (figura 1.1). En cada caso también traté de determinar la orientación de la plataforma este, para averiguar si es perpendicular al eje este-oeste del complejo. Asimismo, intenté verificar si las pirámides oeste también manifiestan tal concordancia, pero su estado de conservación, en la mayoría de los casos, no permite determinar sus orientaciones. En los edificios de otros tipos medí principalmente sus muros este-oeste, considerando que, de acuerdo con los estudios anteriores, las orientaciones en la arquitectura mesoamericana, incluyendo la maya, no eran astronómicamente funcionales en direcciones norte y sur (Aveni 2001; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2001; 2018a; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016). Las mediciones se efectuaron en las estructuras evidentemente relacionadas con prácticas religiosas y actividades públicas, asumiendo que los motivos astronómicos intervenían principalmente en la construcción y orientación de los edificios de este tipo.

Los datos para los sitios de Calabazal, Ceibal, Cenote, Curucuitz, Holtún, Ix Kol, Ixkún, Ixtontón, Ixtutz, Naachtún, Nakum, Naranjal, Naranjo, Paxcamán, Sacul 1, San Clemente, Suk Che', Tikal, Topoxté, Tzikintzakán, Uaxactún y Yaxhá se basan en las mediciones en campo realizadas recientemente (Šprajc 2019). Varios alineamientos pudieron determinarse con suficiente precisión en las imágenes derivadas del escaneo LiDAR y amablemente proporcionadas por Takeshi Inomata

(para los grupos E de Anonal, El Cruce, El Edén, El Rodeo, Iberia, La Felicidad, La Nueva Libertad, Unidad AD16-3 y Unidad AI11-48, todos ubicados en los alrededores de Ceibal), Philippe Nondédéo (para Naachtún y los grupos periféricos El Hospital, El Saraguaté y Kunal Sur), Arlen F. Chase y Adrian S. Z. Chase (para los sitios de Actuncan, Arenal, Cahal Pichik, Caracol, Ceiba, Chumuk, Cohune, Guacamayo, Hatzcap Ceel, Ixchel, Nohol Witz, San Juan, Caledonia y Xaman Witz, todos en Belice) y Francisco Estrada-Belli (para Cival, Cival Noreste, Cival Suroeste, Chanchich, Holmul, Sisia' y T'ot, en el noreste del Petén guatemalteco). A partir de las imágenes de Google Earth y otras accesibles en el internet (<https://www.bing.com/maps>), insertadas en el programa AutoCAD, se establecieron los alineamientos en el grupo E de K'ax Ba, mientras que los datos para dos grupos E en Nixtun-Ch'ich' pudieron obtenerse con base en la información publicada (Pugh 2019; Pugh y Rice 2017; Rice y Pugh 2017). Los demás datos incluidos en los análisis y listados en las tablas 3.1 y 3.2 fueron obtenidos con mediciones realizadas anteriormente en los sitios de Altar de los Reyes, Balakbal, Calakmul, Cheyokolnah, El Gallinero, El Mirador, El Tigre, El Zacatal, La Blanca, Nakbé, Tikal, Uxul y Yaxnohcah (Šprajc 2008; Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc *et al.* 2009; 2013; Sánchez y Šprajc 2015).

Las mediciones en campo se efectuaron con una brújula Suunto Tandem, con el aparato TruPulse 360, en el que está integrada una brújula electrónica y un distanciómetro (ambos dispositivos permiten leer ángulos con la precisión de $\pm 0.25^\circ$), o con teodolito y referencia astronómica (el Sol), empleándose las técnicas de medición establecidas en el trabajo arqueoastronómico (Aveni 2001: 119ss; Ruggles 1999: 164ss). Los azimuts magnéticos se corrigieron a los verdaderos (astronómicos) con los valores de declinación magnética obtenidos para cada sitio mediante la calculadora de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), EE. UU., disponible en línea (<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml>). La validez del modelo predictivo empleado por la calculadora citada fue verificada mediante nuestras propias mediciones: a lo largo de diversas líneas medidas con teodolito y referencia astronómica también tomamos lecturas magnéticas. En la medida de lo posible, estas lecturas fueron tomadas en ambas direcciones, para detectar posibles anomalías magnéticas locales que hubiesen podido distorsionar los resultados.

Los azimuts cartográficos determinados en las imágenes LiDAR (en la proyección UTM) fueron corregidos a los verdaderos por el valor de convergencia de cuadrícula, calculado con el software ArcGIS. Estas imágenes han sido útiles particularmente para establecer los alineamientos en los grupos E, mientras que, debido a las características de los datos LiDAR, las orientaciones de los edificios individuales pudieron determinarse en relativamente pocos casos.

A cada azimut, obtenido con cualquiera de los métodos mencionados, le fue asignado el posible error, estimado con base en las incertidumbres debidas al estado actual de las estructuras. Las coordenadas geográficas de cada sitio, necesarias en el cálculo de los azimuts medidos con teodolito y referencia astronómica, así como de las declinaciones (*v. infra*), fueron determinadas en campo con dispositivos GPS o a partir de los datos LiDAR georreferenciados.

En las mediciones en los grupos E me enfrenté con el problema de que los alineamientos en la mayoría de los casos no se pueden medir directamente, porque la vegetación impide la vista desde la pirámide oeste hacia los puntos relevantes de la plataforma este. Sin embargo, mayormente las plazas están libres de vegetación, permitiendo encontrar lugares de donde pueden verse los puntos relevantes sobre las estructuras que componen el grupo E. En estas mediciones se usaron dos métodos, uno con el dispositivo TruPulse 360 y otro con teodolito y referencia astronómica. Con el aparato TruPulse 360 es posible, visando desde un mismo punto, tomar lecturas de dos puntos diferentes y el aparato calcula el azimut de la línea que conecta los dos puntos. Empleando el otro método, con teodolito y referencia astronómica, no se miden distancias, por lo que fue necesario

realizar mediciones desde dos puntos. La situación se presenta en la figura 2.1: los puntos B y D corresponden a las estaciones de teodolito, mientras que las letras A y C designan los puntos en los extremos de la línea para la que queremos calcular el azimut. De cada estación es necesario medir los ángulos horizontales hacia los tres otros puntos. Si al menos en una estación se pueden tomar lecturas del Sol (o de cualquier referente celeste), podemos calcular los azimuts astronómicos de todas las líneas medidas. Para calcular el ángulo designado como α_1 en la figura 2.1, el cual permitirá calcular el azimut de la línea AC, derivé la siguiente fórmula, empleando las expresiones trigonométricas:

$$\tan \alpha_1 = \frac{\text{sen } \alpha}{\cos \alpha + \frac{\text{sen } \beta_2 \text{ sen } \delta}{\text{sen } \beta \text{ sen } \delta_2}}$$

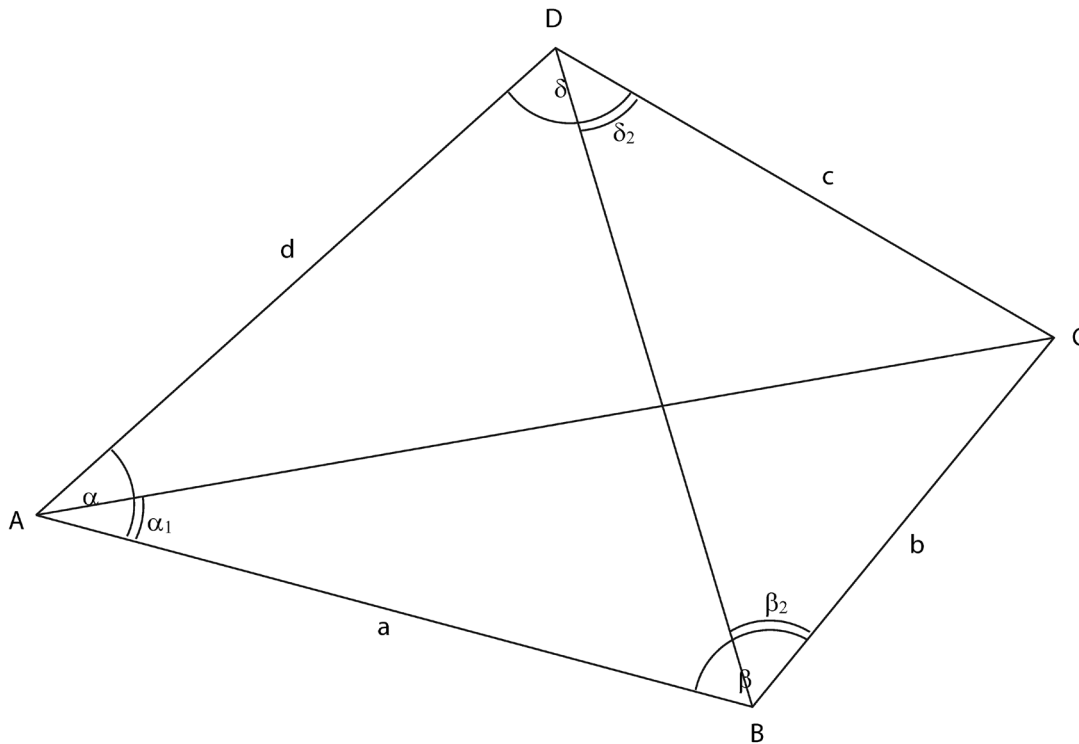


Figura 2.1. Ilustración del método que permite calcular el azimut de la línea AC con las lecturas tomadas con teodolito y referencia astronómica en los puntos B y D (v. texto).

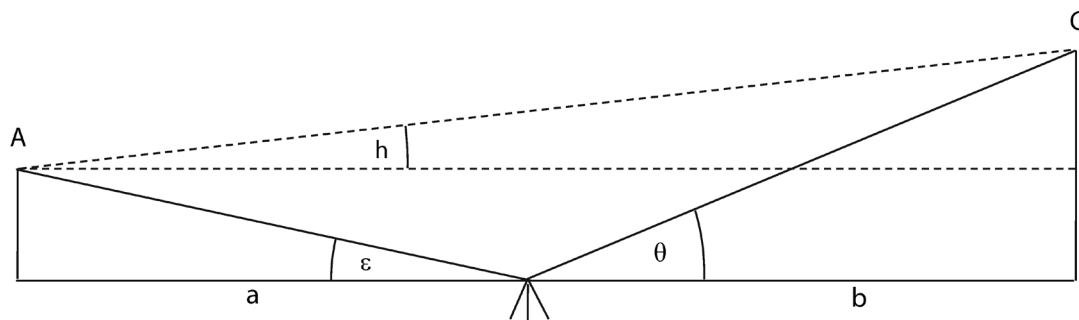


Figura 2.2. Ilustración del método que permite calcular la altura angular del punto C observado desde el punto A (v. texto).

Si desde el punto B se midieron también las alturas ϵ y θ de los puntos A y C sobre el plano horizontal, es posible calcular la altura h del punto C, observado desde el punto A (figura 2.2), empleando la siguiente fórmula:

$$\tan h = \frac{\text{sen } \alpha_1 \tan \theta - \text{sen}(\alpha_1 + \beta) \tan \varepsilon}{\text{sen } \beta}$$

Si las mediciones se realizaron desde el punto D, la fórmula es:

$$\tan h = \frac{\text{sen}(\alpha - \alpha_1) \tan \theta - \text{sen}(\alpha - \alpha_1 + \delta) \tan \varepsilon}{\text{sen } \delta}$$

Este ángulo podría ser relevante si suponemos que el alineamiento fue destinado para registrar la fecha en que el Sol, observando desde un edificio, salía sobre el otro, más alto, cuyo contorno formaba el horizonte artificial. Aunque este ángulo fue medido en algunos grupos E, no es posible llegar a ninguna conclusión general al respecto, toda vez que en la mayoría de los casos desconocemos las alturas originales de los edificios. Las alturas del horizonte a lo largo de los alineamientos son necesarias en el cálculo de las declinaciones correspondientes (*v. infra*).

En esta relación cabe subrayar que las orientaciones en la arquitectura cívica y ceremonial mesoamericana se refieren, por lo regular, a fenómenos astronómicos observables en el horizonte natural, es decir, a los puntos de salida y puesta de los cuerpos celestes. Prueba de ello son las concentraciones dentro de ciertos rangos azimutales, observables en los histogramas publicados (Aveni y Hartung 1986: 11, figs. 2a y 2b; Tichy 1991: 101, fig. 6-13; Šprajc 2001: 57ss, fig. 4; Sánchez y Šprajc 2015: fig. 1). Desde luego, es posible que los eventos celestes se observaran, a veces, por encima de ciertos edificios que, por lo tanto, hubieran formado el horizonte artificial. Sin embargo, los fenómenos que podrían haber sido marcados de esta manera casi nunca pueden determinarse de manera confiable, debido a que, en la mayoría de los casos, los edificios están derruidos y sus alturas originales no se pueden reconstruir, además de que se desconocen sus relaciones cronológicas. En cuanto a los grupos E, también cabe advertir que las distancias entre los rasgos arquitectónicos son relativamente cortas, por lo que las observaciones de este tipo no hubieran logrado la precisión con la que, según se ha mostrado, los alineamientos registraban ciertos eventos sobre el horizonte natural. Los grupos E normalmente presentan varias etapas constructivas y es razonable suponer que, en algún momento, el horizonte natural era visible. Por consiguiente, y en aras de analizar una muestra de datos homogéneos que permitiera obtener resultados coherentes (*cf.* Hawkins 1968: 49), los datos listados en las tablas 3.1 y 3.2 y empleados en los análisis corresponden a los eventos observables en el horizonte natural. Las alturas del horizonte artificial se han considerado sólo en pocos casos, donde pudieron determinarse con relativa precisión y donde los datos disponibles indican la contemporaneidad de las estructuras involucradas en el posible esquema observacional. Estas excepciones se mencionan en la discusión de los alineamientos particulares en el capítulo 5.

Siempre que fue posible, las alturas del horizonte a lo largo de los alineamientos fueron medidas en campo. Al ser imposible tomar estas lecturas, debido a que el horizonte no era visible o por tratarse de alineamientos que no fueron medidos en campo, sino en las imágenes LiDAR, las alturas del horizonte fueron obtenidas mediante el modelo digital de relieve SRTM NASA (<http://dwtkns.com/srtm30m/>), usando el software Horizon 0.12a, desarrollado por A. G. K. Smith (<http://www.agksmith.net/horizon/>). Al calcular la altura del horizonte se consideró que alrededor de la estructura en cuestión hubo un área sin bosque con el radio de 2000 m y, más allá, la cubierta arbórea de 25 m de altura. Puesto que el modelo de relieve referido no es del todo exacto, las alturas del horizonte calculadas pueden tener errores, que en la mayoría de los casos son insignificantes, pero pueden ser considerables si la línea del horizonte se encuentra a poca distancia. Los errores que

se estimaron para las alturas del horizonte calculadas se tomaron en cuenta en los errores asignados a las declinaciones.

Para calcular las declinaciones correspondientes a los alineamientos, así como los azimuts medidos con teodolito y referencia astronómica, se emplearon las fórmulas presentadas en varias obras (p. ej.: Hawkins 1968: 50ss; Aveni 2001: 119ss; Ruggles 1999: 164ss; Šprajc 2001: 45ss). Mientras que el *azimut* es el ángulo medido en el plano horizontal a partir del norte hacia la derecha (teniendo valores de 0° a 360°), la coordenada celeste que permite identificar el fenómeno astronómico posiblemente relacionado con un alineamiento es la *declinación*, que expresa la distancia angular medida desde el ecuador celeste (círculo imaginario en la esfera celeste, colocado en el plano del ecuador terrestre) hacia el norte (declinación positiva) o hacia el sur (declinación negativa), teniendo valores de 0° a ±90°. Todos los cuerpos celestes que, observados desde un mismo lugar, salen/se ponen en el mismo punto del horizonte tienen la misma declinación. Su valor depende de la latitud del lugar, el azimut y la altura del horizonte corregida por refracción atmosférica.²

La declinación del Sol varía continuamente en el transcurso del año trópico, alcanzando los valores extremos de aproximadamente ±23.5° en los solsticios de verano (22 de junio ± 1 día) y de invierno (22 de diciembre ± 1 día). Puesto que las declinaciones que se encuentran dentro de las que alcanza el Sol en su desplazamiento anual pueden referirse a las salidas y puestas del Sol, también determiné las fechas del año correspondientes, así como los intervalos intermedios, cuya importancia fue demostrada en estudios previos sobre las orientaciones en Mesoamérica. 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 las tablas 3.1 y 3.2 se dan en el calendario gregoriano proléptico (es decir, reconstruido para el pasado antes de su instauración real), que representa la aproximación más cercana al año trópico, y valen para la época de construcción y uso de los edificios a los que corresponden. Debido a las variaciones precesionales en la oblicuidad

² La fórmula es:

$$\delta = \arcsin(\sin \varphi \sin h + \cos \varphi \cos h \cos A) \quad (1)$$

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

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

donde H es la altura observada y r es el ángulo de refracción. Para obtener el valor de r hay que calcular el factor de refracción R . En nuestros cálculos empleamos la fórmula 3, en la que la altura H se expresa en grados y el resultado R es en minutos de arco (Bennett 1982: 257: fórmula G):

$$R = \cot [H + 7.31/(H + 4.4)] \quad (3)$$

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

$$r = R \times e^{-asnm/8400}$$

de la eclíptica y en la longitud heliocéntrica del perihelio de la órbita de la Tierra (este último elemento determina la duración de las estaciones astronómicas), así como al sistema de intercalaciones en el calendario gregoriano, una misma declinación solar no necesariamente corresponde, en cualquier época, a exactamente la misma fecha.

Las fechas en las tablas 3.1 y 3.2 fueron determinadas para la época en cuestión con el sistema Horizons, elaborado por *Solar System Dynamics Group, Jet Propulsion Laboratory, NASA* (EE. UU.), y disponible en línea (<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>): para cada uno de los periodos listados en las tablas 3.1 y 3.2 escogí un año calendárico,³ para el cual obtuve, mediante el sistema de efemérides citado, las declinaciones del Sol en intervalos de 6 minutos, así como los momentos (fechas julianas y horas del día) correspondientes (las incertidumbres menores en cuanto a la datación de las estructuras no tienen mayor relevancia, ya que ciertas declinaciones solares corresponden a las mismas fechas del año durante al menos dos o tres siglos). Al descargar la lista con estos datos, la importé a una tabla Excel. Con el objetivo de obtener fechas comparables y útiles para los análisis, asocié en todos los casos el equinoccio vernal (es decir, el momento en que la declinación del Sol era más cercana a 0°) con el 21.0 de marzo, fecha gregoriana (es decir, con el 21 de marzo a las 0:00 horas del Tiempo Universal) y, en conformidad, corregí todas las demás fechas y horas de la tabla.⁴ Luego calculé las diferencias entre todas las declinaciones listadas en la tabla y la declinación correspondiente a un alineamiento particular; al encontrar las dos diferencias más pequeñas, que indicaron las dos fechas gregorianas exactas (con fracciones del día) que coincidían con la declinación del alineamiento, calculé los intervalos intermedios. Uno de los dos intervalos fue la diferencia exacta entre las dos fechas; puesto que una tabla de datos de efemérides comprendía sólo un año, el intervalo complementario se obtuvo restando el otro de la duración del año trópico, calculada para el año en cuestión con el algoritmo proporcionado por Meeus y Savoie (1992: 42).⁵

³ Los años elegidos para estos cálculos fueron los más cercanos a la datación más probable de la estructura en cuestión: 450 a. C. (Preclásico Medio), 50 a. C. (Preclásico Tardío), 350 d. C. (Clásico Temprano), 700 o 920 d. C. (Clásico Tardío o Terminal) y 1400 d. C. (Posclásico Tardío).

⁴ El momento exacto del equinoccio, cuando la declinación del Sol es 0°, varía de un año para el otro. Al hacerlo coincidir invariablemente con la misma fecha, logré que también cualquiera de las demás declinaciones solares correspondiera a un mismo par de fechas. Si considerara el momento real del equinoccio en cada año empleado para determinar las fechas, los análisis de su distribución arrojarían resultados poco confiables, ya que las fechas correspondientes a una misma declinación presentarían variaciones de hasta ± 1 día aproximadamente. Dicho con mayor precisión, al aplicar la coincidencia del equinoccio vernal siempre con la misma fecha se eliminan las variaciones resultantes del sistema de intercalaciones en el calendario gregoriano, pero permanecen las que se deben a las ya mencionadas variaciones seculares de los elementos orbitales. Es por ello que, en algunos casos, el par de fechas correspondiente a una misma declinación cambió a lo largo de los periodos que abarca la investigación (los casos concretos se mencionan en los capítulos 3 y 5).

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

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.

Dado que el mismo procedimiento tuvo que repetirse para todas las declinaciones registradas por los alineamientos incluidos en el estudio, se creó una macro rutina en Excel para estos cálculos. En esta rutina también se calcularon los errores de fechas e intervalos, con base en los errores estimados de las declinaciones. En las tablas 3.1 y 3.2, que presentan toda esta información, no aparecen las fechas en el formato preciso (con fracciones del día) y tampoco sus errores, pero estos datos fueron considerados en el cálculo de los intervalos, que están listados con fracciones del día y sus respectivos errores. El intento de lograr tal precisión en la determinación de las fechas e intervalos podría parecer una exageración, considerando que, debido al estado actual de las estructuras, los azimuts de muchos alineamientos no se pueden determinar con precisión. Sin embargo, pareció preferible proceder de esta manera, para no aumentar los errores que son inevitables.

Para ilustrar y analizar la distribución de los datos sobre los alineamientos (capítulo 3), elaboré los histogramas de los azimuts y las gráficas que muestran frecuencias relativas de las declinaciones, fechas e intervalos. Para calcular las frecuencias relativas se aplicó el método conocido como estimación de la densidad del núcleo (*kernel density estimation*, KDE) y empleado anteriormente en el análisis de las orientaciones en las tierras bajas mayas (González y Šprajc 2016). Para cada valor (declinación, fecha o intervalo) y el error asociado, calculado con base en el error estimado del azimut y la altura del horizonte (tablas 3.1 y 3.2), se asumió la distribución normal centrada en el valor nominal y con la desviación estándar igual al error especificado. Los datos para elaborar las gráficas se obtuvieron al sumar todas las distribuciones normales de los valores del mismo tipo, empleando el software Kernel.xla 1.0e, disponible en el sitio de internet de *Royal Society of Chemistry* (<https://www.rsc.org/Membership/Networking/InterestGroups/Analytical/AMC/Software/index.asp>). La ventaja de este método radica en que los errores asignados a valores similares tienden a cancelarse, por lo que es probable que los picos más pronunciados de las curvas resultantes representen los valores muy cercanos a los intencionados, es decir, a los valores objetivo de los grupos de orientación particulares.

3 Análisis de los datos

A continuación se presentan los análisis de los alineamientos incorporados en 71 complejos de tipo Grupo E y 79 estructuras o grupos de otros tipos. Los datos correspondientes se presentan en las tablas 3.1 y 3.2, listados por sitio en orden alfabético. Todos los valores angulares se dan en grados decimales. Si el sitio cuenta con varios grupos E, se agregan en la primera columna de la tabla 3.1 los nombres de los conjuntos en los que se ubican. En la cuarta columna de la tabla 3.1 se especifican los alineamientos a los que corresponden los datos en cada renglón; como ya fue explicado en el capítulo 2, en cada grupo E se determinaron los azimuts de su eje central y de las líneas visuales que conectan la pirámide oeste con los extremos de la plataforma este y que, de manera abreviada, designamos como alineamientos laterales norte y sur. El significado de los encabezados de las demás columnas y de las abreviaturas empleadas es el siguiente:

<i>periodo</i>	Temporalidad de la estructura o del grupo (<i>PreM</i> – Preclásico Medio; <i>PreTa</i> – Preclásico Tardío; <i>CTe</i> – Clásico Temprano; <i>CTa</i> – Clásico Tardío; <i>Pos</i> – Posclásico Tardío).
φ_N, λ_W	Latitud norte, longitud oeste (en el datum WGS84).
A_E	Azimut hacia el este; el azimut hacia el oeste (omitido) difiere por 180°.
H_{EW}	Altura del horizonte este/oeste. Si en lugar del valor aparece <i>NA</i> (“no aplicable”), significa que la altura de alguna estructura o del terreno natural en la inmediata cercanía hace improbable la funcionalidad del alineamiento en esta dirección.
δ_{EW}	Declinación este/oeste (correspondiente al azimut hacia el este/oeste). Si en lugar del valor aparece <i>NA</i> , significa que la altura de alguna estructura o del terreno natural en la inmediata cercanía hace improbable la funcionalidad del alineamiento en esta dirección.
<i>error</i> δ_{EW}	Posible error de la declinación este/oeste, estimado con base en las incertidumbres en los azimuts y alturas del horizonte.
<i>fechas este/oeste</i>	Fechas de salida/puesta del Sol que corresponden a la declinación este/oeste; <i>NA</i> significa que la declinación rebasa el rango de declinaciones solares o que la funcionalidad del alineamiento en esta dirección es improbable (por razones mencionadas arriba).
<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>).
<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 (<i>v. capítulo 2</i>).

Tabla 3.1 (p. 1 de 6). Datos sobre los alineamientos en los grupos E.

sitio, conjunto	Φ_N	λ_w	alineamiento	periodo	A_E	H_E	H_w	δ_E	error δ^E	δ_w^E	error δ^w	fechas este	intervalos este	error intv. este	fechas oeste	intervalos oeste	error intv. oeste		
Actuncan	17.1086	89.1362	eje central	PreTa	72.06	0.68	2.76	17.20	0.5	-16.33	0.5	9-mar.	89.11	276.13	3.65	3-feb.	89.83	275.41	3.31
			lateral norte		31.57	0.44	2.38	54.50	2.0	-53.41	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		108.04	1.56	3.13	-16.83	2.0	18.09	2.0	2-feb.	8-mar.	86.48	278.76	13.61	12-mar.	82.41	282.83
Anonal (Ceibal)	16.5048	90.0970	eje central	Prem	90.62	0.27	-0.23	-0.66	0.5	0.35	0.5	19-mar.	175.69	189.55	2.52	21-mar.	180.81	184.43	2.52
			lateral norte		67.79	0.22	-0.05	21.16	2.0	-21.44	2.0	26-may.	55.09	310.15	21.76	14-ene.	48.94	316.30	21.69
			lateral sur		115.69	0.05	-0.28	-24.71	2.0	24.27	2.0	20-dic.	0.00	365.24	32.00	23-jun.	0.00	365.24	40.00
Arenal	17.0454	89.1259	eje central	PreTa	78.32	1.15	0.61	11.39	0.5	-11.12	0.5	20-abr.	126.18	239.07	2.89	19-feb.	121.15	244.09	2.78
			lateral norte		51.15	2.03	1.20	37.47	2.0	-36.55	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		102.05	2.45	1.36	-10.85	2.0	11.81	2.0	20-feb.	122.63	242.61	11.05	21-abr.	123.76	241.48	11.67
Balakbal	17.8822	89.5850	eje central	CTe	100.25	-0.15	-0.15	-9.98	0.5	9.52	0.5	23-feb.	127.20	238.04	2.72	15-abr.	136.79	228.45	2.78
			lateral norte		76.87	0.37	0.05	12.45	2.0	-12.64	2.0	23-abr.	119.97	245.27	11.92	15-feb.	112.29	252.95	11.56
			lateral sur		124.47	-0.20	-0.15	-32.88	2.0	32.32	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cahal Pichik (Caracol)	16.7903	89.0534	eje central	PreTa	107.02	2.45	0.32	-15.60	0.5	16.23	0.5	6-feb.	94.60	270.64	3.20	5-may.	95.96	269.28	3.45
			lateral norte		87.46	1.39	0.01	2.73	2.0	-2.58	2.0	28-mar.	172.54	192.70	10.19	14-mar.	165.82	199.42	10.11
			lateral sur		128.53	2.87	0.38	-35.62	2.0	36.58	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Calabazal	16.7594	89.3053	eje central	CTa	99.27	1.73	-0.03	-8.45	0.4	8.69	0.4	27-feb.	135.20	230.04	2.13	12-abr.	141.26	223.98	2.19
			lateral norte		76.37	1.43	0.10	13.36	1.0	-13.17	1.0	26-abr.	114.25	250.99	6.17	14-feb.	108.91	256.33	5.89
			lateral sur		120.35	1.08	0.02	-28.70	1.0	28.76	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Calakmul	18.1067	89.8107	eje central	CTa	97.25	0.28	0.00	-6.96	0.3	6.71	0.3	3-mar.	143.44	221.80	1.30	7-abr.	151.92	213.32	1.32
			lateral norte		72.62	0.48	-0.05	16.50	1.0	-16.69	1.0	6-may.	94.11	271.13	7.00	2-feb.	87.46	277.78	6.75
			lateral sur		122.78	0.40	0.05	-31.01	1.0	30.79	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Caledonia	16.8702	89.0531	eje central	PreTa	104.56	0.41	5.37	-13.93	1.0	15.42	1.0	11-feb.	104.95	260.29	6.00	3-may.	101.40	263.84	6.63
			lateral norte		81.08	0.87	5.26	8.67	2.0	-7.00	2.0	12-abr.	141.42	223.82	10.90	2-mar.	143.21	222.03	10.41
			lateral sur		131.14	1.36	1.26	-38.63	2.0	39.35	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Caracol	16.7624	89.1215	eje central	PreTa	105.75	1.26	-0.34	-14.79	0.3	14.78	0.3	8-feb.	99.70	265.54	1.55	30-abr.	105.62	259.62	1.61
			lateral norte		79.46	0.76	-0.37	10.19	1.0	-10.38	1.0	17-abr.	133.03	232.21	5.61	21-feb.	125.24	240.00	5.47
			lateral sur		130.45	0.95	0.13	-38.20	1.0	38.27	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ceiba (Caracol)	16.7892	89.1524	eje central	PreTa	115.66	0.64	0.65	-24.42	0.5	24.56	0.5	21-dic.	0.00	365.24	8.00	22-jun.	0.00	365.24	7.00
			lateral norte		92.71	0.80	-0.32	-2.48	2.0	2.32	2.0	14-mar.	166.35	198.90	10.11	26-jun.	174.63	190.61	10.17
			lateral sur		137.35	0.52	1.60	-44.73	2.0	45.27	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ceibal	16.5147	90.0616	eje central	Prem	97.23	0.03	-0.12	-7.08	0.3	6.73	0.3	2-mar.	143.03	222.21	1.30	7-abr.	151.72	213.52	1.32
			lateral norte		57.77	-0.08	0.00	30.53	2.0	-30.94	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		136.35	-0.03	-0.17	-44.16	2.0	43.62	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Real 3	129.23	0.00	lateral norte	Real 3	64.90	-0.07	0.20	23.80	2.0	-24.10	2.0	23-jun.	0.00	365.24	22.00	20-dic.	0.00	365.24	22.00
			lateral sur		129.23	0.00	-0.20	-37.53	2.0	37.04	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		129.23	0.00	-0.20	-37.53	2.0	37.04	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabla 3. 1 (p. 2 de 6). Datos sobre los alineamientos en los grupos E.

sitio, conjunto	φ _N	λ _w	alineamiento	periodo	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					
																		error δ _E	error δ _w			
Cenote	16.9383	89.8075	eje central	PreTa	96.61	0.33	0.28	-6.37	0.5	6.26	0.5	4-mar.	9-oct.	146.49	218.75	2.59	6-abr.	7-sep.	154.34	210.90	2.63	
			lateral norte		66.31	0.58	0.80	22.65	1.0	-22.49	1.0	5-jun.	10-jul.	34.93	330.31	16.75	7-ene.	3-dic.	35.20	330.05	14.71	
			lateral sur		125.36	0.62	0.15	-33.56	1.0	33.48	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chanich	17.4106	89.2216	eje central	PreTa	93.36	0.31	1.35	-3.27	0.5	3.51	0.5	12-mar.	1-oct.	162.36	202.88	2.53	30-mar.	14-sep.	168.60	196.65	2.56	
			lateral norte		68.68	0.06	0.87	20.14	2.0	-20.16	2.0	21-may.	25-jul.	64.94	300.30	18.89	20-ene.	20-nov.	60.96	304.28	17.90	
			lateral sur		118.34	0.46	1.97	-26.94	2.0	27.49	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chicaatcaanal	17.8228	89.8103	eje central	CTe	104.00	-0.15	-0.13	-13.55	0.5	13.09	0.5	12-feb.	29-oct.	107.00	258.24	2.97	25-abr.	19-ago.	116.13	249.11	3.04	
			lateral norte		84.02	0.22	0.03	5.60	2.0	-5.85	2.0	4-abr.	9-sep.	157.83	207.41	10.46	5-mar.	8-oct.	148.98	216.26	10.31	
			lateral sur		124.00	0.23	-0.05	-32.26	2.0	31.94	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Chumuk	16.9618	89.0994	eje central	PreTa	119.76	0.55	-0.43	-28.30	1.0	27.98	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
			lateral norte		100.78	0.68	-0.35	-10.23	2.0	10.02	2.0	22-feb.	19-oct.	126.05	239.20	10.91	16-abr.	28-ago.	134.00	231.24	11.18	
			lateral sur		138.95	0.48	-0.49	-46.15	2.0	45.67	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cival, grupo E este	17.3603	89.2466	eje central	PreTa	94.18	0.59	NA	-3.95	1.0	NA	NA	10-mar.	3-oct.	158.90	206.35	5.08	NA	NA	NA	NA	NA	
			lateral norte		82.31	0.80	NA	7.45	3.0	NA	NA	9-abr.	4-sep.	148.00	217.25	16.03	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		105.77	0.62	NA	-14.99	3.0	NA	NA	8-feb.	2-nov.	98.51	266.73	18.72	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cival, grupo E norte	17.3638	89.2498	eje central	PreTa	86.91	0.73	1.64	3.04	0.5	-2.56	0.5	28-mar.	15-sep.	171.00	194.25	2.55	14-mar.	29-sep.	165.95	199.29	2.53	
			lateral norte		65.43	0.65	1.29	23.44	2.0	-23.07	2.0	14-jun.	1-jul.	17.11	348.13	17.10	2-ene.	8-dic.	25.17	340.07	40.58	
			lateral sur		109.44	0.70	1.50	-18.44	2.0	18.88	2.0	27-ene.	13-nov.	75.00	290.24	15.12	15-may.	30-jul.	76.08	289.16	16.53	
Cival, grupo E oeste	17.3610	89.2517	eje central	PreTa	86.93	NA	1.66	NA	NA	-2.53	0.5	NA	NA	NA	NA	NA	14-mar.	29-sep.	166.07	199.17	2.53	
			lateral norte		70.22	NA	0.68	NA	NA	-18.77	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	26-ene.	14-nov.	72.49	292.75	15.53
			lateral sur		104.67	NA	1.25	NA	NA	14.26	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	29-abr.	16-ago.	108.94	256.30	12.63
Cival, grupo E principal	17.3609	89.2495	eje central	PreM	88.07	0.56	1.60	1.87	0.5	-1.46	0.5	25-mar.	18-sep.	176.92	188.33	2.54	17-mar.	27-sep.	171.48	193.77	2.52	
			lateral norte		56.14	0.39	1.14	32.09	2.0	-31.85	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		121.71	0.60	1.31	-30.06	2.0	30.44	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cival Noreste	17.3714	89.2356	eje central	PreTa	92.66	1.12	0.94	-2.32	0.5	2.70	0.5	15-mar.	29-sep.	167.14	198.10	2.53	27-mar.	16-sep.	172.70	192.54	2.55	
			lateral norte		73.05	0.76	0.60	16.26	2.0	-16.11	2.0	5-may.	9-ago.	95.75	269.50	13.82	4-feb.	5-nov.	91.32	273.93	13.11	
			lateral sur		112.75	0.90	1.07	-21.50	2.0	21.88	2.0	13-ene.	27-nov.	47.64	317.60	22.22	30-may.	15-jul.	46.10	319.14	25.75	
Cival Sureste	17.3353	89.2569	eje central	PreTa	90.52	0.38	0.69	-0.52	0.5	0.57	0.5	19-mar.	24-sep.	176.21	189.03	2.52	22-mar.	21-sep.	181.71	183.53	2.53	
			lateral norte		71.80	0.22	0.54	17.25	2.0	-17.32	2.0	9-may.	6-ago.	88.71	276.53	14.63	31-ene.	9-nov.	83.13	282.11	14.00	
			lateral sur		108.28	0.38	0.80	-17.45	2.0	17.54	2.0	31-ene.	10-nov.	82.21	283.03	14.12	10-may.	5-ago.	86.59	278.65	14.91	
Cohune (Caracol)	16.8148	89.0978	eje central	PreTa	95.87	0.76	1.69	-5.52	1.3	6.02	1.3	6-mar.	7-oct.	150.89	214.35	6.42	5-abr.	8-sep.	155.60	209.65	6.56	
			lateral norte		69.57	2.35	0.98	20.15	2.5	-19.33	2.5	21-may.	25-jul.	64.90	300.34	23.63	23-ene.	17-nov.	67.96	297.28	20.44	
			lateral sur		122.34	1.21	3.14	-30.51	2.5	31.75	2.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Curucuitz	16.4834	89.4347	eje central	CTa	93.30	1.42	1.48	-2.86	0.4	3.50	0.4	13-mar.	30-sep.	164.18	201.07	1.78	29-mar.	14-sep.	168.76	196.48	1.80	
			lateral norte		71.55	0.68	3.45	17.74	1.0	-16.67	1.0	11-may.	3-ago.	84.70	280.54	7.63	2-feb.	8-nov.	87.06	278.18	6.79	
			lateral sur		114.90	1.50	1.82	-23.45	1.0	24.28	1.0	15-dic.	27-dic.	12.68	352.56	39.93	22-jun.	22-jun.	0.00	365.24	20.00	

Tabla 3.1 (p. 3 de 6). Datos sobre los alineamientos en los grupos E.

sitio, conjunto	ϕ_N	λ_w	alineamiento	periodo	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							
																		δ_E	δ_w	fechas este	intervalos este	error intv. este	fechas oeste	intervalos oeste
El Cruce (Ceibal)	16.5879	90.1585	eje central	PreM	94.01	0.00	-0.08	-4.01	0.5	3.66	0.5	10-mar.	3-oct.	158.81	206.43	2.54	30-mar.	14-sep.	167.69	197.55	2.56			
			lateral norte		74.12	0.20	-0.05	15.11	2.0	-15.39	2.0	-15.39	2.0	1-mar.	13-ago.	103.57	261.68	13.01	7-feb.	2-nov.	96.33	268.92	12.65	
			lateral sur		114.20	0.05	-0.12	-23.28	2.0	22.91	2.0	22.91	2.0	9-dic.	31-dic.	21.76	343.48	46.78	7-jun.	8-jul.	31.13	334.12	37.24	
El Edén (Ceibal)	16.4963	90.1211	eje central	PreM	97.64	0.67	-0.12	-7.26	0.5	7.12	0.5	2-mar.	11-oct.	142.10	223.14	2.61	8-abr.	5-sep.	149.67	215.58	2.65			
			lateral norte		81.39	1.23	-0.10	8.50	2.0	-8.45	2.0	-8.45	2.0	12-abr.	1-sep.	142.29	222.95	10.83	27-feb.	14-oct.	135.87	229.37	10.58	
			lateral sur		114.98	0.48	0.23	-23.88	2.0	23.80	2.0	23.80	2.0	20-dic.	20-dic.	0.00	365.24	44.00	23-jun.	23-jun.	0.00	365.24	44.00	
El Hospital (Naachtún)	17.7386	89.7761	eje central	PreTa	97.36	0.40	0.03	-7.03	0.5	6.85	0.5	2-mar.	11-oct.	143.05	222.19	2.60	7-abr.	6-sep.	151.20	214.04	2.65			
			lateral norte		84.94	0.22	0.02	4.73	1.0	-4.99	1.0	-4.99	1.0	2-abr.	11-sep.	162.28	202.96	5.17	8-mar.	5-oct.	153.60	211.64	5.12	
			lateral sur		111.14	0.37	0.02	-20.13	1.0	19.91	1.0	19.91	1.0	20-ene.	20-nov.	61.22	304.03	8.92	20-may.	26-jul.	67.08	298.16	9.19	
El Mirador, Grupo León	17.7574	89.9185	eje central	PreTa	95.15	0.58	-0.17	-4.86	0.5	4.67	0.5	8-mar.	5-oct.	154.23	211.01	2.56	2-abr.	11-sep.	162.60	202.65	2.59			
			lateral norte		66.35	0.15	-0.15	22.34	1.0	-22.70	1.0	-22.70	1.0	3-jun.	12-jul.	39.78	325.46	14.79	5-ene.	5-dic.	31.88	333.37	16.16	
			lateral sur		123.67	0.35	0.00	-31.92	1.0	31.67	1.0	31.67	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
El Mirador, Grupo Pava	17.7523	89.9063	eje central	PreTa	104.33	0.18	-0.17	-13.74	0.5	13.40	0.5	12-feb.	29-oct.	106.09	259.15	2.98	26-abr.	18-ago.	114.27	250.97	3.06			
			lateral norte		83.00	-0.03	-0.20	6.48	1.0	-6.91	1.0	-6.91	1.0	6-abr.	6-sep.	153.15	212.10	5.27	3-mar.	10-oct.	143.70	221.55	5.20	
			lateral sur		126.60	0.01	-0.14	-34.80	1.0	34.33	1.0	34.33	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
El Rodeo (Ceibal)	16.5787	90.1446	eje central	PreM	92.18	0.00	-0.08	-2.25	0.5	1.90	0.5	15-mar.	28-sep.	167.68	197.57	2.52	25-mar.	18-sep.	176.61	188.63	2.53			
			lateral norte		71.79	0.08	0.22	17.29	2.0	-17.52	2.0	-17.52	2.0	9-may.	6-ago.	88.57	276.67	14.58	30-ene.	9-nov.	82.11	283.13	14.13	
			lateral sur		112.07	0.07	0.52	-21.25	2.0	21.12	2.0	21.12	2.0	15-ene.	25-nov.	50.91	314.33	20.94	26-may.	20-jul.	55.49	309.75	21.61	
El Saraguaté (Naachtún)	17.7808	89.7503	eje central	PreTa	95.59	0.27	-0.05	-5.40	0.5	5.14	0.5	7-mar.	6-oct.	151.49	213.75	2.57	3-abr.	10-sep.	160.19	205.05	2.60			
			lateral norte		77.89	0.52	0.00	11.54	2.0	-11.70	2.0	-11.70	2.0	20-abr.	24-ago.	125.32	239.92	11.59	18-feb.	23-oct.	117.92	247.32	11.26	
			lateral sur		113.69	0.40	-0.03	-22.52	2.0	22.29	2.0	22.29	2.0	7-ene.	3-dic.	34.71	330.53	29.80	2-jun.	13-jul.	40.40	324.85	29.16	
El Tigre	18.1230	90.8373	eje central	PreTa	98.74	0.23	0.70	-8.40	0.2	8.38	0.2	27-feb.	14-oct.	135.87	229.38	0.79	11-abr.	1-sep.	142.98	222.26	0.81			
			lateral norte		75.70	0.08	0.27	13.43	2.0	-13.66	2.0	-13.66	2.0	26-abr.	18-ago.	114.12	251.13	12.25	12-feb.	29-oct.	106.59	258.65	11.89	
			lateral sur		133.13	0.00	1.33	-40.76	3.0	40.92	3.0	40.92	3.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
El Zacatal	18.3261	89.8675	eje central	PreTa	97.42	0.27	0.10	-7.11	0.4	6.90	0.4	2-mar.	11-oct.	142.63	222.62	1.82	7-abr.	5-sep.	150.94	214.30	1.86			
			lateral norte		85.83	0.20	0.05	3.85	1.5	-4.11	1.5	-4.11	1.5	30-mar.	13-sep.	166.81	198.43	7.70	10-mar.	3-oct.	158.07	207.18	7.63	
			lateral sur		108.75	0.13	0.07	-17.90	1.5	17.61	1.5	17.61	1.5	29-ene.	11-nov.	79.01	286.23	10.90	10-may.	4-ago.	86.06	279.18	11.23	
Guacamayo	17.0771	89.0750	eje central	PreTa	85.46	2.77	1.80	5.08	1.3	-3.90	1.3	3-abr.	10-sep.	160.48	204.76	6.49	11-mar.	3-oct.	159.13	206.11	6.35			
			lateral norte		57.04	2.95	4.11	32.23	2.5	-29.92	2.5	-29.92	2.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		113.28	3.99	2.04	-20.95	2.5	22.74	2.5	22.74	2.5	16-ene.	24-nov.	53.42	311.83	25.08	6-jun.	9-jul.	33.22	332.02	43.95	
Hatcap Ceel (Caracol)	16.7860	89.0335	eje central	PreTa	94.20	0.92	0.79	-3.87	0.5	4.13	0.5	11-mar.	3-oct.	159.31	205.93	2.54	31-mar.	13-sep.	165.37	199.87	2.57			
			lateral norte		63.64	1.25	0.06	25.44	2.0	-25.30	2.0	-25.30	2.0	22-jun.	22-jun.	18.00	365.24	20.00	21-dic.	21-dic.	0.00	365.24	20.00	
			lateral sur		123.96	1.20	-0.36	-32.04	2.0	32.00	2.0	32.00	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Holmul	17.3102	89.2729	eje central	PreTa	91.87	-0.04	0.35	-1.96	1.0	1.74	1.0	15-mar.	28-sep.	168.95	196.29	5.05	25-mar.	19-sep.	177.60	187.65	5.07			
			lateral norte		73.70	0.24	0.49	15.46	2.0	-15.54	2.0	-15.54	2.0	3-may.	12-ago.	101.17	264.08	13.28	6-feb.	3-nov.	95.01	270.23	12.77	
			lateral sur		110.91	0.18	0.52	-20.03	2.0	19.94	2.0	19.94	2.0	20-ene.	20-nov.	62.07	303.17	17.63	20-may.	26-jul.	66.84	298.40	18.43	

Tabla 3. 1 (p. 4 de 6). Datos sobre los alineamientos en los grupos E.

sitio, conjunto	φ _N	λ _w	alineamiento	periodo	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					
																		error δ _E	error δ _w	fechas este	intervalos este	error intv. este
Holtún	16.9683	89.4254	eje central	PreM	98.38	0.90	0.08	-7.87	0.5	7.88	0.5	28-feb.	13-oct.	138.68	226.57	2.63	10-abr.	3-sep.	145.69	219.55	2.69	
			lateral norte		75.50	0.43	-0.05	13.84	1.5	-14.04	1.5	27-abr.	17-ago.	111.57	253.67	9.29	11-feb.	29-oct.	104.62	260.63	9.01	
			lateral sur		121.00	1.32	0.13	-29.19	1.5	29.38	1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Iberia (Ceibal)	16.4678	90.0487	eje central	PreM	93.96	0.13	0.47	-4.91	0.5	3.79	0.5	10-mar.	2-oct.	159.30	205.94	2.54	30-mar.	13-sep.	166.99	198.25	2.56	
			lateral norte		74.42	0.07	0.28	14.78	2.0	-14.99	2.0	30-abr.	14-ago.	105.67	259.58	12.84	8-feb.	1-nov.	98.81	266.43	12.44	
			lateral sur		112.68	0.20	0.45	-21.79	2.0	21.69	2.0	12-ene.	28-nov.	44.89	320.35	23.45	29-may.	17-jul.	48.99	316.25	24.22	
Ixchel	16.8844	89.1084	eje central	PreTa	114.94	1.21	0.78	-23.53	0.5	23.92	0.6	14-dic.	27-dic.	13.20	352.04	17.25	22-jun.	22-jun.	0.00	365.24	16.85	
			lateral norte		94.54	0.70	0.04	-4.26	2.0	4.20	2.0	10-mar.	4-oct.	157.32	207.92	10.18	31-mar.	12-sep.	165.04	200.20	10.30	
			lateral sur		137.18	1.04	0.09	-44.30	2.0	44.40	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ix Kol	16.5172	89.4092	eje central	CTa	90.32	1.08	1.93	-0.10	0.5	0.77	0.5	20-mar.	23-sep.	178.15	187.10	2.53	22-mar.	21-sep.	182.58	182.67	2.54	
			lateral norte		70.85	2.97	2.02	19.13	1.0	-17.80	1.0	16-may.	29-jul.	73.48	291.76	8.56	29-ene.	12-nov.	79.10	286.15	7.28	
			lateral sur		109.92	1.77	1.18	-18.62	1.0	19.31	1.0	26-ene.	15-nov.	72.99	292.25	7.74	17-may.	28-jul.	71.95	293.29	8.72	
Ikkún	16.5739	89.4100	eje central	CTa	96.55	2.87	1.25	-5.51	0.8	6.53	0.8	6-mar.	7-oct.	150.64	214.60	3.86	6-abr.	6-sep.	152.95	212.30	3.97	
			lateral norte		69.70	2.53	0.93	20.10	1.5	-19.26	1.5	21-may.	24-jul.	64.74	300.50	14.31	24-ene.	17-nov.	67.87	297.37	12.31	
			lateral sur		124.63	3.87	0.62	-31.69	1.5	33.07	1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ixtonón	16.5102	89.3963	eje central	CTa	99.56	1.92	1.72	-8.70	0.5	9.57	0.5	26-feb.	15-oct.	133.98	231.26	2.67	15-abr.	29-ago.	136.47	228.77	2.78	
			lateral norte		65.01	0.65	0.47	23.96	1.0	-23.89	1.0	22-jun.	22-jun.	0.00	365.24	26.00	21-dic.	21-dic.	0.00	365.24	26.00	
			lateral sur		135.31	1.28	0.97	-42.61	1.0	43.20	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Ixutz	16.4787	89.4741	eje central	CTa	101.40	1.72	6.87	-10.51	0.5	12.80	0.5	21-feb.	20-oct.	124.12	241.12	2.76	24-abr.	20-ago.	117.80	247.45	3.02	
			lateral norte		79.31	1.48	4.47	10.57	1.0	-8.98	1.0	18-abr.	26-ago.	130.82	234.42	5.69	25-feb.	16-oct.	132.46	232.78	5.36	
			lateral sur		125.02	3.10	2.82	-32.37	1.0	34.23	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
K'ax Ba	16.5169	89.3200	eje central	CTa	106.67	5.93	4.07	-14.17	0.5	17.07	0.5	10-feb.	31-oct.	103.04	262.20	3.04	8-may.	6-ago.	89.66	275.58	3.65	
			lateral norte		84.00	4.50	2.70	6.97	1.0	-5.05	1.0	8-abr.	5-sep.	150.59	214.65	5.33	8-mar.	6-oct.	153.04	212.20	5.13	
			lateral sur		130.00	6.40	2.28	-35.56	1.0	38.75	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kunal Sur (Naachtún)	17.7862	89.6882	eje central	PreTa	101.75	0.35	0.45	-11.22	1.0	11.17	1.0	19-feb.	22-oct.	120.59	244.65	5.57	19-abr.	25-ago.	127.46	237.78	5.74	
			lateral norte		85.68	0.22	0.52	4.02	2.0	-4.10	2.0	31-mar.	13-sep.	165.94	199.30	10.28	10-mar.	3-oct.	158.14	207.10	10.18	
			lateral sur		117.20	0.33	0.10	-25.85	2.0	25.65	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
La Felicidad (Ceibal)	16.5347	90.1029	eje central	PreM	93.54	0.83	0.07	-3.28	0.5	3.26	0.5	12-mar.	1-oct.	162.50	202.74	2.53	29-mar.	15-sep.	169.73	195.51	2.55	
			lateral norte		71.53	0.12	0.43	17.55	2.0	-17.70	2.0	10-may.	5-ago.	86.63	278.62	14.83	30-ene.	10-nov.	80.85	284.40	14.29	
			lateral sur		115.13	1.47	0.27	-23.67	2.0	23.95	2.0	16-dic.	25-dic.	9.11	356.13	46.00	23-jun.	23-jun.	0.00	365.24	46.00	
La Nueva Libertad (Ceibal)	16.5770	90.0863	eje central	PreM	82.33	0.28	0.50	7.28	0.5	-7.34	0.5	9-abr.	4-sep.	148.83	216.41	2.66	2-mar.	11-oct.	141.70	223.54	2.61	
			lateral norte		60.39	0.45	0.23	28.25	2.0	-28.35	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
			lateral sur		105.63	0.22	0.75	-15.06	2.0	15.06	2.0	8-feb.	1-nov.	98.38	266.86	12.48	1-may.	13-ago.	103.86	261.38	12.99	
Naachtún	17.7957	89.7297	eje central	PreTa	92.90	0.22	0.15	-2.85	0.5	2.65	0.5	13-mar.	30-sep.	164.46	200.78	2.53	27-mar.	16-sep.	172.98	192.26	2.55	
			lateral norte		79.05	0.02	0.28	10.26	1.0	-10.49	1.0	17-abr.	27-ago.	132.66	232.58	5.62	21-feb.	20-oct.	124.63	240.61	5.48	
			lateral sur		105.54	0.12	0.10	-14.91	1.0	14.65	1.0	8-feb.	1-nov.	98.96	266.28	6.22	30-abr.	14-ago.	106.48	258.76	6.41	

Tabla 3.1 (p.5 de 6). Datos sobre los alineamientos en los grupos E.

sitio, conjunto	Φ_N	λ_w	alineamiento	periodo	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				
Nakbé	17.6833	89.8292	eje central	PreM	100.60	0.00	-0.13	-10.26	1.0	9.87	1.0	22-feb.	126.13	239.11	5.45	16-abr.	134.76	230.48	5.56		
			lateral norte		75.64	0.10	-0.12	13.54	2.0	-13.89	2.0	26-abr.	113.47	251.77	12.25	11-feb.	105.52	259.72	11.96		
			lateral sur		124.81	0.07	-0.10	-33.12	2.0	32.70	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Nakum, Plaza Central	17.1772	89.4055	eje central	CTa	93.31	0.35	1.75	-3.21	0.3	3.59	0.3	12-mar.	162.43	202.82	1.27	30-mar.	168.28	196.96	1.29		
			lateral norte		77.78	0.17	0.47	11.56	1.0	-11.67	1.0	20-abr.	125.15	240.09	5.83	18-feb.	117.70	247.55	5.65		
			lateral sur		111.91	0.42	1.85	-20.90	1.0	21.36	1.0	16-ene.	53.03	312.21	10.11	27-may.	18-jul.	51.45	313.80	11.72	
Nakum, Plaza Norte	17.1810	89.4067	eje central	PreM	93.52	0.27	3.10	-3.43	0.5	4.21	0.5	12-mar.	161.73	203.51	2.53	31-mar.	164.88	200.36	2.57		
			lateral norte		61.00	0.92	0.58	27.76	2.0	-27.55	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
			lateral sur		136.00	0.43	3.38	-43.43	2.0	44.63	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
Naranjal	16.8759	89.2828	eje central	CTa	98.31	0.88	0.18	-7.81	0.5	7.85	0.5	28-feb.	138.68	226.56	2.64	10-abr.	145.88	219.36	2.70		
			lateral norte		67.54	0.62	0.00	21.49	1.0	-21.61	1.0	28-may.	17-jul.	49.91	315.33	12.05	13-ene.	28-nov.	45.37	319.88	11.62
			lateral sur		129.21	0.72	0.23	-37.12	1.0	37.12	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
Naranjo	17.1333	89.2610	eje central	PreTa	89.30	1.50	1.18	1.01	0.5	-0.43	0.5	23-mar.	181.30	183.95	2.53	19-mar.	24-sep.	176.70	188.54	2.52	
			lateral norte		55.00	1.13	0.42	33.50	1.0	-33.26	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
			lateral sur		122.77	1.75	0.92	-30.64	1.0	31.32	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
Nixtun-Ch'ich', Sector AA	16.9501	89.9387	eje central	PreM	94.12	0.33	1.18	-3.99	0.3	4.17	0.3	10-mar.	158.90	206.34	1.27	31-mar.	165.05	200.19	1.28		
			lateral norte		67.20	0.47	0.35	21.75	2.0	-21.81	2.0	29-may.	17-jul.	48.21	317.03	24.58	11-ene.	28-nov.	44.75	320.49	23.52
			lateral sur		120.95	0.53	3.33	-29.45	2.0	30.47	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
Nixtun-Ch'ich', Sector Y	16.9503	89.9417	eje central	PreM	94.00	0.37	1.60	-3.86	0.3	4.20	0.3	11-mar.	159.54	205.70	1.27	31-mar.	164.93	200.31	1.28		
			lateral norte		72.00	0.50	0.62	17.20	2.0	-17.14	2.0	9-may.	6-ago.	89.21	276.03	14.50	1-feb.	8-nov.	84.73	280.51	13.81
			lateral sur		116.33	0.47	3.72	-25.11	2.0	26.19	2.0	20-dic.	20-dic.	0.00	365.24	24.00	NA	NA	NA	NA	
Paxcamán	16.9203	89.7662	eje central	PreTa	94.66	0.63	0.40	-4.40	0.5	4.43	0.5	9-mar.	156.58	208.66	2.55	1-abr.	12-sep.	163.83	201.41	2.58	
			lateral norte		64.43	0.48	0.72	24.39	2.0	-24.30	2.0	22-jun.	22-jun.	0.00	365.24	36.00	21-dic.	21-dic.	0.00	365.24	36.00
			lateral sur		124.92	1.17	0.62	-32.92	2.0	33.26	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
Sacul 1, Plaza A	16.5405	89.2921	eje central	CTa	106.57	5.93	2.78	-14.08	0.5	16.60	0.5	11-feb.	103.62	261.62	3.03	7-may.	8-ago.	93.04	272.20	2.84	
			lateral norte		97.55	6.08	3.65	-5.50	1.0	8.21	1.0	6-mar.	7-oct.	150.73	214.51	5.15	11-abr.	2-sep.	143.92	221.33	5.43
			lateral sur		115.10	4.47	1.73	-22.59	1.0	24.43	1.0	6-ene.	5-dic.	32.18	333.06	16.03	22-jun.	22-jun.	0.00	365.24	18.00
Sacul 1, Plaza D	16.5397	89.2896	eje central	CTa	129.50	3.30	2.45	-36.41	1.0	38.33	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
			lateral norte		115.00	4.53	1.18	-22.48	2.0	24.15	2.0	7-ene.	4-dic.	34.01	331.23	30.42	22-jun.	22-jun.	0.00	365.24	40.00
			lateral sur		157.50	3.37	2.05	-60.30	2.0	63.38	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
San Juan (Caracol)	16.7688	89.1668	eje central	PreTa	105.72	0.80	-0.29	-14.92	1.0	14.77	1.0	8-feb.	1-nov.	98.92	266.32	6.22	30-abr.	14-ago.	105.70	259.54	6.44
			lateral norte		82.48	0.90	-0.25	7.34	2.0	-7.44	2.0	9-abr.	4-sep.	148.59	216.65	10.67	1-mar.	12-oct.	140.92	224.32	10.46
			lateral sur		125.47	0.92	-0.21	-33.56	2.0	33.47	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
Sisia'	17.3283	89.2613	eje central	PreTa	85.85	0.32	0.93	3.91	0.5	-3.80	0.5	31-mar.	13-sep.	166.55	198.70	2.57	11-mar.	2-oct.	159.65	205.59	2.54
			lateral norte		62.89	0.07	0.86	25.63	2.0	-25.64	2.0	22-jun.	22-jun.	0.00	365.24	24.80	21-dic.	21-dic.	0.00	365.24	7.60
			lateral sur		108.09	0.40	0.83	-17.27	2.0	17.37	2.0	31-ene.	9-nov.	83.50	281.74	13.96	9-may.	5-ago.	87.84	277.40	14.74

Tabla 3.1 (p.6 de 6). Datos sobre los alineamientos en los grupos E.

sitio_conjunto	φ _N	λ _w	alineamiento	periodo	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		
Suk Che'	16.5013	89.4234	eje central	CTa	91.56	1.42	2.78	-1.19	0.5	2.22	0.4	17-mar.	172.63	192.61	2.53	26-mar.	175.29	189.95	2.55
			lateral norte		73.00	0.60	1.43	16.32	1.0	-15.95	1.0	6-may.	95.00	270.24	6.99	5-feb.	91.86	273.58	6.54
Tikal, Mundo Perdido	17.2199	89.6272	lateral sur	PreM	113.19	1.20	3.28	-21.92	1.0	23.09	1.0	11-ene.	41.63	323.62	12.58	10-jun.	24.46	340.78	20.00
			eje central		93.99	-0.07	0.05	-4.00	0.4	3.67	0.4	10-mar.	158.85	206.40	1.78	30-mar.	167.64	197.60	1.79
Tot	17.2818	89.2981	lateral norte	PreTa	68.70	-0.18	-0.07	20.05	0.7	-20.50	0.7	20-may.	65.53	299.72	6.59	18-ene.	57.41	307.83	6.60
			lateral sur		118.01	-0.08	0.37	-26.87	1.0	26.61	1.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Uaxactún, Grupo D	17.3924	89.6321	eje central	PreTa	85.68	-0.18	0.39	3.89	0.5	-4.15	0.5	31-mar.	166.61	198.63	2.57	10-mar.	157.85	207.39	2.54
			lateral norte		63.46	0.26	0.45	25.17	2.0	-25.26	2.0	22-jun.	0.00	365.24	24.60	21-dic.	0.00	365.24	21.00
Uaxactún, Grupo E	17.3912	89.6298	lateral sur	PreTa	102.95	0.09	0.58	-12.50	2.0	12.40	2.0	15-feb.	113.36	251.88	11.49	23-abr.	120.30	244.95	11.86
			eje central		90.33	0.30	2.82	-0.37	0.5	1.08	0.5	20-mar.	176.98	188.26	2.52	23-mar.	180.93	184.31	2.53
Unidad AD16-3 (Ceibal)	16.4864	90.1085	lateral norte	PreM	108.34	0.47	2.38	-17.48	1.5	18.13	1.5	31-ene.	82.02	283.22	10.61	12-may.	82.10	283.14	11.66
			lateral sur		91.24	0.37	2.30	-1.22	1.0	1.79	1.0	17-mar.	172.71	192.53	5.04	25-mar.	177.36	187.88	5.07
Unidad A11-48 (Ceibal)	16.5207	90.0516	eje central	PreM	68.10	0.15	2.65	20.72	2.0	-20.06	2.0	24-may.	59.24	306.00	20.48	20-ene.	61.77	303.47	17.70
			lateral sur		114.35	0.52	1.77	-23.16	2.0	23.64	2.0	1-ene.	23.40	341.84	22.00	18-jun.	8.27	356.97	36.00
Uxul	17.8572	89.9800	lateral norte	CTe	92.50	0.08	-0.18	-2.52	0.5	2.17	0.5	14-mar.	166.31	198.93	2.52	26-mar.	175.25	189.99	2.53
			lateral sur		71.89	0.75	0.03	17.43	2.0	-17.49	2.0	10-may.	87.52	277.73	14.72	30-ene.	82.30	282.95	14.10
Xaman Witz	16.9298	89.1567	eje central	PreTa	114.24	0.10	-0.15	-23.32	2.0	22.95	2.0	10-dic.	20.92	344.32	48.63	7-jun.	30.30	334.95	38.23
			lateral norte		104.64	0.15	-0.23	-14.14	0.5	13.77	0.5	10-feb.	104.03	261.21	3.01	27-abr.	112.00	253.24	3.09
Yaxhá, Plaza C	17.0707	89.4000	lateral sur	PreTa	81.05	-0.05	0.72	8.40	2.0	-8.50	2.0	12-abr.	142.82	222.42	10.82	26-feb.	14.00	229.64	10.59
			eje central		131.63	0.12	-0.02	-39.71	2.0	39.34	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Yaxhá, Plaza F	17.0748	89.4041	lateral norte	PreTa	78.68	0.23	-0.10	10.68	2.0	-10.98	2.0	18-abr.	130.28	234.96	11.38	20-feb.	121.73	243.52	11.10
			lateral sur		112.23	0.50	0.10	-21.10	2.0	20.97	2.0	15-ene.	51.48	313.76	20.74	25-may.	20.00	308.88	21.50
Yaxnohc'ah	17.9267	89.7444	eje central	PreM	121.97	2.40	-0.21	-29.69	1.5	30.16	1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
			lateral norte		98.98	1.58	0.63	-8.21	0.5	8.64	0.5	27-feb.	136.88	228.36	2.64	12-abr.	141.60	223.65	2.72
Yaxnohc'ah	17.9267	89.7444	lateral sur	PreM	144.21	2.37	-0.11	-49.88	3.0	50.58	3.0	6-mar.	150.22	215.03	15.42	4-abr.	157.05	208.20	15.68
			eje central		96.23	1.40	-0.16	-5.65	3.0	5.74	3.0	7-oct.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Yaxnohc'ah	17.9267	89.7444	lateral sur	PreM	140.01	0.38	0.13	-47.13	2.0	46.91	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
			eje central		100.67	0.00	-0.08	-10.32	0.5	9.94	0.5	22-feb.	125.36	239.88	2.74	16-abr.	134.46	230.78	2.80
Yaxnohc'ah	17.9267	89.7444	lateral norte	PreM	79.20	-0.02	0.23	10.09	2.0	-10.36	2.0	16-abr.	133.61	231.63	11.23	21-feb.	125.14	240.10	10.96
			lateral sur		123.43	0.27	0.22	-31.70	2.0	31.51	2.0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tabla 3.2 (p. 1 de 3). Datos sobre las orientaciones de los edificios de varios tipos.

sitio	grupo estructura	ϕ_N	λ_w	periodo	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			
Actuncan	Grupo 1	17.1088	89.1376	PreTa	72.27	0.68	2.77	17.00	1.4	-16.13	1.4	8-may.	90.55	27.469	10.08	4-feb.	91.17	27.407	9.19	
Actuncan	Plaza C, Estr. 19 y 31	17.1074	89.1361	PreTa	85.31	0.81	3.19	4.60	0.7	-3.61	0.7	1-abr.	162.98	202.27	3.62	11-mar.	160.63	204.61	3.55	
Altar de los Reyes	Estructura 13	17.9919	89.4061	CTe	98.10	-0.07	-0.02	-7.90	0.70	7.52	0.70	28-feb.	138.33	226.92	3.69	9-abr.	147.68	217.56	3.75	
Altar de los Reyes	Grupo Sureste, Estr. 1	17.9851	89.4003	CTe	91.00	-0.17	-0.17	-1.18	0.70	0.72	0.70	17-mar.	172.74	192.50	3.54	22-mar.	182.35	182.89	3.54	
Cahal Pichik	Estructura Q	16.7910	89.0523	PreTa	115.79	3.19	0.53	-23.64	1.4	24.65	1.4	17-dic.	7.63	357.61	9.80	22-jun.	0.00	365.24	23.80	
Calabazal	grupo de patios	16.7585	89.3053	CTa	94.57	1.72	0.00	-3.97	0.70	4.21	0.70	10-mar.	158.56	206.68	3.57	31-mar.	165.06	200.18	3.62	
Calakmul	Chihk Nahb, Estr. 1	18.1088	89.8106	CTa	100.31	0.33	0.00	-9.84	0.70	9.62	0.70	23-feb.	127.80	237.45	3.81	15-abr.	136.21	229.03	3.90	
Calakmul	Estructura I	18.1032	89.8082	CTe	104.32	0.20	-0.15	-13.69	0.21	13.36	0.21	12-feb.	106.12	259.12	1.25	26-abr.	114.50	250.75	1.29	
Calakmul	Estructura II	18.1047	89.8106	PreTa	98.70	0.22	-0.20	-8.36	0.14	8.02	0.14	27-feb.	136.07	229.17	0.74	10-abr.	144.96	220.28	0.75	
Calakmul	Estructura III	18.1054	89.8091	CTe	105.68	0.27	-0.13	-14.96	0.70	14.66	0.70	8-feb.	98.37	266.88	4.37	30-abr.	106.34	258.90	4.51	
Calakmul	Estructura VII	18.1073	89.8100	CTa	99.18	0.25	-0.07	-8.81	0.84	8.52	0.84	26-feb.	16-oct.	133.39	231.85	4.49	12-abr.	142.23	223.01	4.58
Calakmul	Estructura VIII	18.1081	89.8125	CTe	99.60	0.25	-0.08	-9.20	0.70	8.91	0.70	25-feb.	16-oct.	131.40	233.84	3.76	13-abr.	140.14	225.10	3.84
Calakmul	Estructura XIV	18.1073	89.8119	CTa	100.18	0.28	-0.08	-9.74	0.70	9.47	0.70	23-feb.	18-oct.	128.34	236.90	3.80	14-abr.	137.04	228.20	3.89
Calakmul	Grupo Noreste, estr. norte	18.1089	89.8031	CTa	101.18	0.33	-0.03	-10.67	0.70	10.43	0.70	21-feb.	21-oct.	123.24	242.00	3.87	17-abr.	131.62	233.63	3.97
Caracol	Acropolis Central	16.7617	89.1191	CTa	102.30	1.00	-0.41	-11.58	1.4	11.46	1.4	18-feb.	23-oct.	118.15	247.09	7.89	20-abr.	125.74	239.50	8.14
Ceiba	grupo triádico	16.7874	89.1516	PreTa	120.49	0.52	0.62	-29.04	1.4	29.12	1.4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Ceibal	Estructura A-3	16.5136	90.0614	CTa	97.13	0.02	0.28	-6.98	0.42	6.77	0.42	3-mar.	11-oct.	142.95	222.30	2.20	7-abr.	151.67	213.58	2.23
Ceibal	Estructura C-79	16.5082	90.0589	CTa	99.22	0.13	0.45	-8.95	0.49	8.83	0.49	25-feb.	16-oct.	132.55	232.69	2.63	13-abr.	140.53	224.71	2.69
Cheyokohnah	Estructura 1-a	17.8808	89.8158	CTe	104.00	0.00	-0.13	-13.49	0.70	13.08	0.70	13-feb.	28-oct.	107.36	257.88	4.15	25-abr.	116.17	249.08	4.25
Curucutz	Plaza 7C-II	16.4840	89.4358	CTa	104.58	1.45	0.87	-13.64	0.70	14.11	0.70	12-feb.	29-oct.	106.23	259.01	4.18	28-abr.	109.70	255.54	4.43
El Gallinero	Estructura A-1	17.8254	89.4851	CTe-CTa	104.67	0.42	0.92	-13.97	0.70	14.11	0.70	11-feb.	30-oct.	104.48	260.76	4.22	28-abr.	109.82	255.42	4.41
El Gallinero	Estructuras A-2 y A-3	17.8254	89.4851	CTe-CTa	95.33	0.00	0.87	-5.25	0.70	5.22	0.70	7-mar.	6-oct.	152.09	213.15	3.59	3-abr.	159.86	205.38	3.65
El Gallinero	Estructura B-1	17.8276	89.4833	CTe-CTa	104.27	0.00	0.68	-13.74	0.70	13.65	0.70	12-feb.	29-oct.	105.83	259.42	4.18	27-abr.	112.72	252.52	4.34
El Gallinero	Estructura C-4	17.8278	89.4822	CTe-CTa	114.50	0.00	0.23	-23.44	0.70	23.16	0.70	13-dic.	28-dic.	14.76	350.48	14.34	10-jun.	23.92	341.33	16.74
El Gallinero	Estructura C-9	17.8269	89.4811	CTe-CTa	97.50	-0.30	0.50	-7.42	1.40	7.15	1.40	1-mar.	12-oct.	140.83	224.42	7.33	8-abr.	149.68	215.56	7.47
El Gallinero	Estructura D-1	17.8283	89.4811	CTe-CTa	104.12	-0.27	0.63	-13.70	0.70	13.49	0.70	12-feb.	29-oct.	106.07	259.17	4.18	26-abr.	113.71	251.53	4.31
El Mirador	Acropolis Sur	17.7507	89.9158	PreTa	97.63	1.82	-0.20	-6.80	0.70	7.02	0.70	3-mar.	10-oct.	144.25	220.99	3.64	8-abr.	150.29	214.95	3.72
El Mirador	Grupo Chicharras	17.7564	89.9169	PreTa	97.37	1.08	2.68	-6.80	0.70	7.76	0.70	3-mar.	10-oct.	144.27	220.97	3.64	10-abr.	146.37	218.87	3.76
El Mirador	Grupo Tecolote	17.7539	89.9183	PreTa	97.83	1.60	-0.20	-7.06	0.70	7.21	0.70	2-mar.	11-oct.	142.88	222.36	3.65	8-abr.	149.28	215.96	3.73

Tabla 3.2 (p. 2 de 3). Datos sobre las orientaciones de los edificios de varios tipos.

sitio	grupo estructura	ϕ_N	λ_w	periodo	A_e	H_e	H_w	δ_e	error δ_e	δ_w	error δ_w	fechas este	intervalos este	error intv. este	fechas oeste	intervalos oeste	error intv. oeste				
El Mirador	Grupo Tres Micos	17.7517	89.9153	PreTa	93.83	3.15	2.92	-2.75	0.70	4.47	0.70	13-mar.	30-sep.	164.96	200.28	3.54	1-abr.	12-sep.	163.66	201.58	3.61
El Mirador	pirámide El Tigre	17.7561	89.9211	PreTa	101.83	-0.10	-0.33	-11.47	0.70	10.96	0.70	18-feb.	22-oct.	119.19	246.05	3.92	19-abr.	25-ago.	128.66	236.58	4.00
El Mirador	pirámide Monos	17.7521	89.9218	PreTa	101.77	-0.03	-0.33	-11.38	0.70	10.90	0.70	19-feb.	22-oct.	119.68	245.57	3.91	19-abr.	26-ago.	129.02	236.22	3.99
La Blanca	Estructura 6I2, ala oeste	16.9109	89.4354	CTa	73.43	0.27	4.67	15.76	0.35	-14.43	0.49	4-may.	10-ago.	98.89	266.35	2.38	10-feb.	31-oct.	101.47	263.77	3.01
La Blanca	Estructura 6I2, ala sur	16.9109	89.4354	CTa	70.88	0.23	4.25	18.18	0.35	-16.98	0.49	12-may.	2-ago.	81.30	283.94	2.76	1-feb.	9-nov.	84.97	280.27	3.38
Naachtun	Estructura I	17.7942	89.7358	CTe	93.05	0.67	0.47	-2.83	0.49	2.90	0.49	13-mar.	30-sep.	164.40	200.84	2.48	28-mar.	16-sep.	171.78	193.46	2.50
Naachtun	Estructura XXXIX	17.7932	89.7261	CTa	94.87	-0.02	0.17	-4.81	0.35	4.52	0.35	8-mar.	5-oct.	154.20	211.04	1.80	1-abr.	12-sep.	163.44	201.80	1.82
Nakbé	Estructura 1	17.6817	89.8351	PreM	91.00	-0.05	-0.30	-1.14	1.40	0.67	1.40	18-mar.	26-sep.	173.29	191.95	7.05	22-mar.	21-sep.	182.42	182.82	7.06
Nakbé	Estructura 59	17.6828	89.8272	PreTa	97.00	0.03	-0.25	-6.82	1.40	6.40	1.40	3-mar.	10-oct.	144.14	221.10	7.27	6-abr.	7-sep.	153.56	211.68	7.38
Nakum	Estructura E	17.1762	89.4055	CTa	93.73	0.33	1.25	-3.61	0.42	3.83	0.42	11-mar.	2-oct.	160.35	204.89	2.14	30-mar.	13-sep.	167.05	198.20	2.17
Nakum	Estructura N	17.1753	89.4057	CTa	92.00	0.43	1.18	-1.92	0.35	2.15	0.35	16-mar.	28-sep.	168.93	196.31	1.77	26-mar.	18-sep.	175.65	189.60	1.79
Nakum	Estructura U	17.1760	89.4038	CTa	90.42	0.32	0.98	-0.45	1.05	0.57	1.05	19-mar.	24-sep.	176.38	188.86	5.32	22-mar.	22-sep.	181.57	183.67	5.33
Nakum	Estructura Y	17.1754	89.4052	CTa	95.17	0.30	1.12	-5.00	0.14	5.16	0.14	8-mar.	6-oct.	153.22	212.02	0.72	3-abr.	10-sep.	160.13	205.11	0.73
Naranjo	Estructura B-15	17.1334	89.2624	CTa	89.69	1.75	0.88	0.72	0.14	-0.16	0.14	22-mar.	21-sep.	182.31	182.93	0.71	20-mar.	23-sep.	177.88	187.36	0.71
Naranjo	Estr. B-18, entrada este	17.1333	89.2610	CTa	91.75	4.33	NA	-0.45	0.14	NA	0.14	19-mar.	24-sep.	176.40	188.84	0.71	NA	NA	NA	NA	NA
Naranjo	Estr. B-18, entrada oeste	17.1333	89.2610	CTa	89.48	NA	4.60	NA	0.14	0.81	0.14	NA	NA	NA	NA	NA	23-mar.	21-sep.	182.47	182.77	0.71
Nixun-Ch'ich'	eje principal del sitio	16.9498	89.9354	PreTa	94.12	0.28	0.77	-4.00	0.21	4.04	0.21	10-mar.	3-oct.	158.62	206.63	1.07	31-mar.	13-sep.	165.88	199.36	1.08
San Clemente	Estructuras XIV y XV	17.0160	89.5211	CTa	84.48	0.27	1.63	5.20	0.70	-4.89	0.70	3-abr.	10-sep.	159.91	205.33	3.65	8-mar.	5-oct.	153.84	211.40	3.59
San Clemente	Palacio, Estructura I	17.0174	89.5213	CTa	80.98	0.23	2.00	8.54	0.70	-8.11	0.70	12-abr.	1-sep.	142.16	223.08	3.82	28-feb.	14-oct.	137.09	228.15	3.71
San Clemente	Palacio, Estructuras III y VII	17.0170	89.5213	CTa	85.12	0.37	1.82	4.63	0.21	-4.23	0.21	1-abr.	11-sep.	162.88	202.36	1.09	10-mar.	4-oct.	157.24	208.00	1.07
Tikal	Acróp. Central, Estr. 5D-46	17.2212	89.6223	CTe	94.35	0.00	0.27	-4.32	0.70	4.08	0.70	9-mar.	4-oct.	156.85	208.40	3.57	31-mar.	13-sep.	165.72	199.53	3.61
Tikal	Acróp. Central, Estr. 5D-52	17.2210	89.6229	CTa	105.60	0.02	0.18	-15.05	0.35	14.78	0.35	8-feb.	2-nov.	97.64	267.60	2.20	30-abr.	14-ago.	105.38	259.86	2.27
Tikal	Acróp. Central, Estr. 5D-54	17.2212	89.6227	CTa	100.52	0.02	0.25	-10.20	0.70	9.96	0.70	22-feb.	19-oct.	125.85	239.40	3.83	16-abr.	28-ago.	134.26	230.98	3.93
Tikal	Acróp. Norte, Estr. 5D-22	17.2231	89.6234	CTe-CTa	100.22	0.00	0.05	-9.92	0.28	9.61	0.21	23-feb.	19-oct.	127.38	237.86	1.53	15-abr.	29-ago.	136.27	228.98	1.56
Tikal	Acróp. Norte, Estr. 5D-33	17.2226	89.6235	CTa	97.60	-0.02	0.15	-7.43	0.70	7.15	0.70	1-mar.	12-oct.	140.69	224.55	3.67	8-abr.	5-sep.	149.66	215.58	3.74
Tikal	Complejo O	17.2253	89.6233	CTa	97.00	0.07	1.15	-6.83	0.70	6.92	0.70	3-mar.	10-oct.	143.84	221.40	3.65	7-abr.	5-sep.	150.90	214.35	3.73
Tikal	Complejo P	17.2296	89.6226	CTa	91.00	-0.08	0.08	-1.15	0.70	0.82	0.70	18-mar.	26-sep.	172.85	192.39	3.54	23-mar.	21-sep.	182.41	182.83	3.55
Tikal	Complejo Q	17.2252	89.6194	CTa	96.85	0.08	2.63	-6.68	0.70	7.25	0.70	3-mar.	10-oct.	144.61	220.63	3.64	8-abr.	4-sep.	149.13	216.11	3.74
Tikal	Estructura 5C-13	17.2220	89.6276	CTa	101.35	-0.03	0.12	-11.01	0.70	10.71	0.70	20-feb.	22-oct.	121.35	243.89	3.90	18-abr.	26-ago.	130.04	235.20	4.00

Tabla 3.2 (p. 3 de 3). Datos sobre las orientaciones de los edificios de varios tipos.

sitio	grupo_estructura	ϕ_N	λ_W	periodo	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		
Tikal	Grupo H, Estr. 3D-40	172291	89.6216	CTa	93.82	0.00	0.22	-3.81	0.14	3.56	0.14	11-mar.	159.37	205.88	0.71	30-mar.	168.45	196.80	0.72
Tikal	Grupo H, Estr. 3D-43	172297	89.6218	CTa	97.70	0.03	0.13	-7.51	0.14	7.24	0.14	1-mar.	140.26	224.98	0.74	8-abr.	149.18	216.07	0.75
Tikal	Mundo Perdido, Estr. 5C-49	172206	89.6281	CTe-CTa	93.50	-0.03	0.03	-3.52	0.49	3.19	0.49	2-oct.	160.92	204.32	2.49	29-mar.	170.31	194.93	2.51
Tikal	Templo II	172222	89.6241	CTa	100.68	-0.03	0.23	-10.37	0.21	10.11	0.21	21-feb.	124.89	240.35	1.15	16-abr.	133.42	231.83	1.18
Tikal	Templo III	172220	89.6260	CTa	103.65	-0.05	0.08	-13.21	0.35	12.89	0.35	13-feb.	108.78	256.47	2.06	24-abr.	117.23	248.01	2.12
Tikal	Templo IV	172237	89.6299	CTa	101.79	-0.08	0.07	-11.45	0.35	11.11	0.35	18-feb.	118.90	246.34	1.97	19-abr.	127.73	237.51	2.02
Tikal	Templo V	172197	89.6237	CTa	101.61	-0.05	0.00	-11.27	0.35	10.92	0.35	19-feb.	119.93	245.31	1.96	19-abr.	128.85	236.39	2.01
Tikal	Templo VI	172145	89.6145	CTa	98.26	0.15	1.28	-8.00	0.21	8.17	0.28	28-feb.	137.66	227.58	1.11	11-abr.	144.18	221.06	1.52
Topoxté	Estructura C	170621	89.4244	Pos	98.97	0.82	1.17	-8.46	0.49	8.81	0.49	15-oct.	135.09	230.15	2.62	13-abr.	140.49	224.75	2.70
Tzikintzakán	Estructura 1	170309	89.2433	CTa	82.65	0.27	0.65	6.96	0.35	6.96	0.35	8-abr.	150.68	214.56	1.86	3-mar.	143.12	222.13	1.83
Uaxactún	Estructura A-5	173952	89.6389	CTa	95.08	0.22	2.83	-4.94	0.70	5.62	0.70	8-mar.	153.58	211.66	3.59	4-abr.	157.72	207.52	3.67
Uaxactún	Estructura A-18	173953	89.6379	CTe	85.42	0.20	2.95	4.27	0.35	3.55	0.35	31-mar.	164.76	200.48	1.81	11-mar.	160.77	204.47	1.78
Yaxhá	Acóp. Norte, Estr. 137 y 144	170759	89.4022	PreTa	98.27	0.45	0.35	-7.91	0.28	7.86	0.28	28-feb.	138.46	226.78	1.47	10-abr.	145.80	219.44	1.51
Yaxhá	eje principal del sitio	170748	89.4041	PreTa	97.33	0.38	0.35	-7.04	0.70	6.97	0.70	2-mar.	143.02	222.22	3.65	8-abr.	150.59	214.65	3.72
Yaxhá	Estructura 216	170716	89.3981	CTa	96.99	0.42	0.20	-6.70	0.21	6.59	0.21	3-mar.	144.51	220.73	1.09	7-abr.	152.65	212.60	1.11
Yaxhá	Grupo Maler, Estr. 1 y 4	170793	89.4033	CTa	92.58	0.45	0.50	-2.48	0.70	2.48	0.70	14-mar.	166.09	199.15	3.55	27-mar.	173.96	191.28	3.58
Yaxhá	Plaza A	170726	89.3981	CTa	99.00	0.50	0.32	-8.59	0.70	8.55	0.70	26-feb.	134.55	230.70	3.73	12-abr.	142.10	223.14	3.82
Yaxnohcah	Estructura A-1	179302	89.7413	PreTa	103.83	-0.17	-0.17	-13.39	0.70	12.91	0.70	13-feb.	108.18	257.06	4.13	24-abr.	117.26	247.98	4.22
Yaxnohcah	Estructura C-1	179247	89.7480	PreTa	104.58	-0.03	-0.13	-14.05	0.70	13.63	0.70	11-feb.	104.24	261.00	4.22	27-abr.	112.85	252.40	4.32
Yaxnohcah	Estructura E-1	179223	89.7380	PreTa	103.50	-0.07	-0.12	-13.03	0.70	12.61	0.70	14-feb.	110.26	254.98	4.08	24-abr.	119.03	246.21	4.18
Yaxnohcah	Estructura E-6	179198	89.7371	PreTa	103.17	-0.10	-0.15	-12.73	0.70	12.28	0.70	15-feb.	112.03	253.22	4.05	23-abr.	120.98	244.26	4.14

Azimuts

La figura 3.1 presenta la distribución de frecuencias de los azimuts que corresponden a los alineamientos medidos en los complejos de tipo Grupo E y a los ejes de simetría este-oeste de estructuras de otros tipos. Los valores azimutales en la escala horizontal 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 94° incluye los azimuts mayores de 93° y menores de o iguales a 95°.

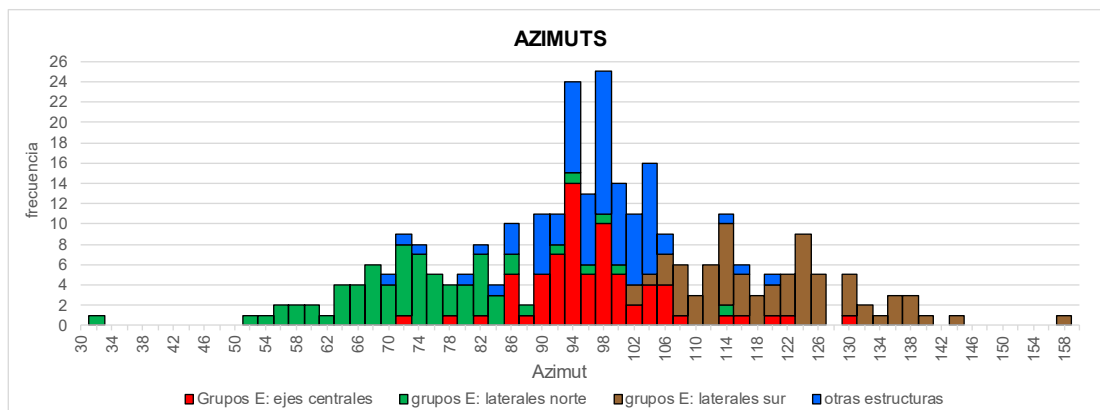


Figura 3.1. Distribución de frecuencias de los azimuts de los alineamientos incorporados en los grupos E y estructuras de otros tipos.

Como se observa en la figura 3.1, los azimuts de los ejes centrales de los grupos E y de otros tipos de edificios manifiestan distribuciones similares. En cambio, los azimuts de las líneas que en los grupos E conectan la pirámide oeste con los extremos de la plataforma este (laterales norte y sur) se encuentran, en su mayoría, fuera del rango de los azimuts que corresponden a estructuras de otros tipos. Éste es un primer indicio de que los ejes centrales de los grupos E fueron trazados a partir de criterios astronómicos, pero no así los alineamientos laterales.

Los azimuts de los ejes centrales de los grupos E y de otros edificios manifiestan la predominante desviación en el sentido de las manecillas del reloj respecto a los rumbos cardinales, es decir, al sur del oriente o al norte del poniente, tendencia que prevalece también en otras partes del área mesoamericana y que es atribuible a una combinación de consideraciones astronómicas con el simbolismo relacionado con los rumbos del mundo o partes del universo. A consecuencia de las desviaciones al sur del oriente, las fechas registradas por las orientaciones solares en los horizontes oriente y poniente caen principalmente en la estación seca y lluviosa, respectivamente, lo cual es congruente con las evidencias de que la estación seca estaba conceptualmente relacionada con la parte oriental y la temporada de lluvias con la parte occidental del universo. Particularmente reveladores son el simbolismo y las asociaciones direccionales del Sol, la Luna y Venus; el Sol, presidiendo el este, estaba relacionado con el calor, el fuego y la sequía, mientras que la Luna y Venus, en particular su manifestación vespertina, estaban vinculados con el oeste y con el agua, el maíz y la fertilidad (Šprajc 2001: 88-91; 2004; 2018a: 205, 228, 236).

No obstante, la zona que abarca las partes oriente de Petén y poniente de Belice se caracteriza por las orientaciones desviadas en sentido antihorario respecto de los rumbos cardinales, es decir, al norte del este o al sur del oeste. Aparte de los sitios incluidos en el presente estudio y mostrados en la figura 1.2, otros en la misma zona presentan la misma peculiaridad (por ejemplo, Xunantunich, Baking Pot, Buenavista del Cayo, El Pilar, Pacbitun). Se trata de una tradición regional, notada ya por Drápela (2014: 98) y explicable en términos de relaciones políticas que comenzaron a establecerse

en el Preclásico y continuaron en periodos posteriores, como lo sugieren los datos de otros tipos, incluidos los textos jeroglíficos (Taschek y Ball 1999: 231s; Helmke y Awe 2012).

Declinaciones

Considerando que la coordenada celeste que permite identificar los eventos astronómicos posiblemente relacionados con un alineamiento es la declinación, es aún más ilustrativa la distribución de las declinaciones que corresponden a los azimuts. Respecto de los grupos E, generalmente se ha supuesto que, para el observador sobre la pirámide oeste, el montículo central sobre la plataforma este y los extremos norte y sur de la plataforma marcaban las direcciones astronómicamente significativas. Sin embargo, la direccionalidad poniente de estos alineamientos no se puede descartar, considerando que las orientaciones en el área maya y en Mesoamérica en general eran astronómicamente funcionales hacia el oriente o el poniente o, a veces, en ambas direcciones. También se ha demostrado que la ubicación del acceso o de la fachada principal no necesariamente indica la dirección astronómicamente funcional, sino que probablemente fue condicionada por las creencias y rituales asociados con una estructura particular y por el simbolismo de las partes del mundo (Šprajc 2001: 69-71; 2018a: 220; Sánchez y Šprajc 2015: 51-88). La disposición consistente de los grupos E, con una pirámide en el lado oeste y una plataforma en el este, puede explicarse en los mismos términos, más que como indicativa de la direccionalidad de las alineaciones.

Las alturas de los edificios que componen los grupos E obstruyen la vista hacia el horizonte natural a lo largo de varios alineamientos; ante todo se trata de los alineamientos laterales en dirección oeste, ya que la pirámide oeste es generalmente más alta que la plataforma este. Sin embargo, como ya fue mencionado (capítulo 2), todas las declinaciones fueron calculadas para las alturas del horizonte natural (las pocas excepciones se advierten en el capítulo 5), tanto porque mayormente desconocemos las alturas originales de los edificios –por lo que las declinaciones correspondientes no se pueden establecer de manera confiable– como por la probabilidad de que en etapas tempranas de cada grupo E el horizonte natural hubiese sido visible. En Caracol, por ejemplo, las primeras etapas del grupo E son del Preclásico Tardío, pero la pirámide oeste (Estructura A2) alcanzó su altura actual apenas en el Clásico Tardío (Chase y Chase 1995: 95; 2006: 49s). No es imposible que algún edificio, más alto que el horizonte natural, haya servido como marcador de un evento astronómico, pero tal práctica observacional no pudo ser común, porque los alineamientos de este tipo habrían sido de baja precisión: debido a las distancias relativamente cortas en los grupos E, la fecha de salida o puesta del Sol correspondiente, o cualquier otro fenómeno celeste, hubiera dependido de la posición exacta del observador e incluso de su altura. Además, como lo demuestran los patrones de distribución, las orientaciones en la arquitectura mesoamericana corresponden, por regla general, a los fenómenos astronómicos en el horizonte natural (Šprajc 2001: 25; Sánchez y Šprajc 2015).

Las gráficas en la figura 3.2, elaboradas con el método conocido como estimación de la densidad del núcleo (KDE; v. capítulo 2), presentan las distribuciones de frecuencias relativas de las declinaciones que corresponden a los alineamientos en los grupos E y a las orientaciones de edificios de otros tipos en los horizontes este y oeste (y que designaremos de manera abreviada como declinaciones este y oeste). Podemos observar que la distribución de las declinaciones señaladas por los ejes centrales de los grupos E es similar a la que corresponde a estructuras de otros tipos; más aún, en ambos casos algunas concentraciones presentan picos casi idénticos, sugiriendo una explicación astronómica. En cambio, las declinaciones marcadas por alineaciones laterales se

extienden en un ángulo mucho más amplio y su distribución no presenta un patrón para el que pueda proponerse una explicación astronómica convincente. Sin embargo, dos concentraciones son relativamente prominentes y merecen cierta atención.

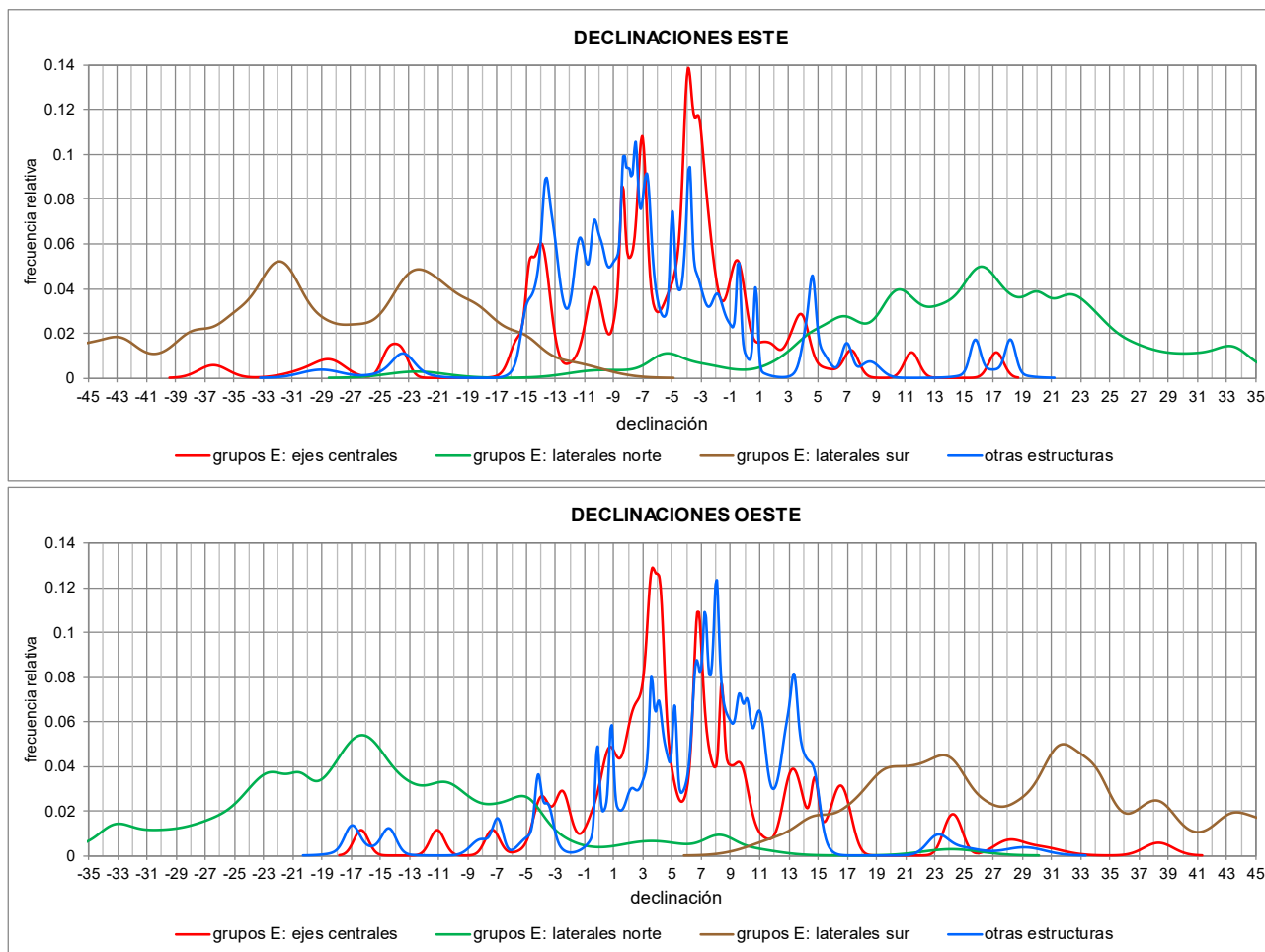


Figura 3.2. Distribución de frecuencias relativas (KDE) de las declinaciones señaladas por los alineamientos plasmados en los grupos E y edificios de otros tipos.

En la curva que muestra la distribución de las declinaciones este marcadas por los alineamientos laterales sur, el pico en el valor de aproximadamente -22.5° podría referirse a las salidas del Sol en el solsticio de diciembre. También se observa la concentración cerca de -32° , que sólo podría relacionarse con alguna estrella o asterismo. Entre las estrellas relativamente brillantes, Shaula (λ Scorpii) o Kaus Australis (ϵ Sagittarii) son las posibles candidatas. Dadas sus magnitudes (1.6 y 1.8, respectivamente), su ángulo de extinción (la altura mínima sobre el horizonte matemático en la que puede verse una estrella) en una atmósfera húmeda cerca del nivel del mar es de aproximadamente 4° (Schaefer 1986: S33ss, fig. 3). Reemplazando las alturas del horizonte con este ángulo, las declinaciones de los alineamientos en cuestión cambiarían y el pico en la curva se movería a aproximadamente -31° . Tanto Shaula como Kaus Australis tuvieron esta declinación alrededor del año 400 a. C. (Hawkins y Rosenthal 1967). Varios edificios en la costa noreste de la península de Yucatán parecen haber sido orientados hacia un asterismo en esa parte del cielo, como lo sugieren tanto los patrones de orientación como algunas evidencias contextuales (Sánchez *et al.* 2016: 39-43).

Sin embargo, considerando que no se conocen edificios orientados en esa dirección en las tierras bajas mayas centrales, y en ausencia de datos independientes que indiquen lo contrario, un motivo estelar para las alineaciones laterales en los grupos E resulta cuestionable.

Al no haber evidencias que sugieran una importancia predominante del extremo sur de la plataforma oriental, resulta difícil explicar por qué sólo el alineamiento lateral sur habría sido astronómicamente funcional. Y si suponemos que ambas líneas laterales tuvieron algún significado astronómico (y que la falta de un patrón distintivo en su distribución se debe a la baja precisión de los datos), tal conjetura es difícil de conciliar con el diseño de los grupos E. Como se muestra a continuación, sus ejes centrales fueron claramente establecidos a partir de criterios astronómicos, pero en su mayoría están desviados al sur del este; si también los extremos de la plataforma este hubieran sido destinados para marcar ciertos fenómenos astronómicos, difícilmente habrían sido tan simétricos a los ejes centrales como lo son en la mayoría de los casos. Las declinaciones que corresponden a muchos alineamientos laterales se encuentran más allá de los valores que alcanza el Sol (de -23.5° a 23.5° aproximadamente), pero –debido a la predominante desviación de los ejes centrales al sur del este– no en la misma proporción: el 57 % de los laterales sur, pero sólo el 14 % de los laterales norte se encuentran fuera del rango de declinaciones solares. Aquí hay que advertir que las líneas laterales en el Grupo E de Uaxactún, popularmente relacionadas con los ortos solares en los solsticios, no pudieron ser observacionalmente funcionales, ya que la Estructura E-7-sub y los templos en la plataforma este son de épocas diferentes (v. detalles en el capítulo 5).

En resumen, la posibilidad de que algunos alineamientos laterales en los grupos E estuvieran basados en criterios astronómicos no se puede descartar. Sin embargo, al no existir un patrón evidente en la distribución de las declinaciones que corresponden a las líneas laterales, así como por la ausencia de datos independientes que sugieran su importancia (v. *infra*), su intencionalidad astronómicamente motivada es, en general, poco probable. Por lo tanto, los alineamientos laterales quedaron excluidos de los análisis que se presentan a continuación.

En contraste, la distribución de las declinaciones señaladas por los ejes centrales de los grupos E es explicable de manera convincente en términos astronómicos. Sólo tres de estos alineamientos se encuentran fuera del ángulo de desplazamiento del Sol por el horizonte. Mientras que la Plaza D de Sacul 1 no parece haber sido orientada astronómicamente, los grupos E de Chumuk y Xaman Witz podrían haber marcado los extremos mayores de la Luna (tabla 3.1). Las orientaciones lunares no son infrecuentes en el área maya, siendo particularmente comunes en la costa nororiental de la península de Yucatán, conocida por el culto a la diosa Ixchel, asociada con la Luna (Sánchez *et al.* 2016; Šprajc 2016; Šprajc y Sánchez 2017). Las orientaciones hacia los extremos lunares no se habían reportado en las tierras bajas centrales, pero la correspondencia de los grupos E de Chumuk y Xaman Witz con estos fenómenos bien puede ser intencional, considerando que ambos sitios están ubicados en la zona al norte de Caracol, donde una mujer con atavíos de la diosa Ixchel fue enterrada en la Acrópolis Noreste alrededor del año 150 d. C. (Brown 2003; Chase y Chase 2006: 46) y la superficie superior del Altar 25, probablemente del Clásico Terminal, presenta un glifo lunar con una figura femenina interpretada como diosa lunar (Helmke 2019: 38s, fig. 154). Además, también la orientación del complejo triádico en el conjunto periférico de Ceiba, conectado con el epicentro de Caracol con una calzada (A. S. Z. Chase 2016; Chase *et al.* 2014), puede relacionarse con los extremos lunares mayores (tabla 3.2).

Para entender las características de estos fenómenos, cabe aclarar que la Luna, si la observamos en los momentos de su salida o puesta, cada mes recorre una parte del horizonte delimitada por sus posiciones extremas norte y sur, que varían en un ciclo de 18.6 años, abarcando ángulos distintos. Las variaciones se deben a que la órbita de la Luna está inclinada respecto a la de

la Tierra (eclíptica) por el ángulo de 5.145° y que los nodos lunares, es decir, las intersecciones de ambas órbitas proyectadas sobre la esfera celeste, se mueven gradualmente a lo largo de la eclíptica, completando todo el círculo en 18.6 años. Por ello, las declinaciones extremas de la Luna difieren de las alcanzadas por el Sol en los solsticios por hasta $\pm 5.145^\circ$. Considerando un valor aproximado de $\pm 23.5^\circ$ para la oblicuidad de la eclíptica (inclinación del ecuador de la Tierra a la eclíptica), las declinaciones extremas de la Luna en un ciclo de 18.6 años varían entre aproximadamente $\pm 28.5^\circ$ y $\pm 18.5^\circ$. Los momentos en que la Luna alcanza sus máximas y mínimas distancias del ecuador celeste se conocen como sus paradas mayores y menores, respectivamente, ocurriendo en intervalos de 18.6 años. En consecuencia, al alcanzar su parada mayor, la Luna en su desplazamiento por el horizonte llega a sus extremos mayores, es decir, a los puntos más alejados al norte y al sur; en los meses y años siguientes los extremos van disminuyendo hasta que, después de 9.3 años, puedan observarse los extremos menores.

Los detalles del movimiento aparente de la Luna, que es bastante complicado, se presentan en varias publicaciones (Aparicio *et al.* 2000: 32ss; González-García 2015; Morrison 1980; Ruggles 1999: 36s, 60s; Šprajc 2016; Thom 1971: 15ss). Aquí tan sólo mencionemos que, al calcular las declinaciones lunares correspondientes a los alineamientos, hay que tomar en cuenta el paralaje. Las declinaciones lunares que corresponden al eje central del grupo E de Chumuk en los horizontes este y oeste son -27.99° y 28.30° , respectivamente. Durante el Preclásico Tardío, al que probablemente datan las estructuras referidas arriba, la oblicuidad de la eclíptica era de $23.7^\circ \pm 0.04^\circ$, por lo que la Luna en sus paradas mayores alcanzaba las declinaciones de aproximadamente $\pm 28.85^\circ$. Considerando que, por diversas variables, los extremos en el horizonte no coinciden exactamente con los momentos en los que la Luna alcanza sus declinaciones extremas, los alineamientos hacia los extremos pueden tener errores de hasta $\pm 0.5^\circ$ con respecto al valor exacto de la declinación de la Luna en su parada mayor o menor (Šprajc 2016), por lo que es prudente aumentar los errores estimados, asignados a las declinaciones (tabla 3.1), por este valor. Por consiguiente, el eje central del grupo E de Chumuk pudo estar alineado al extremo mayor sur de la Luna en el horizonte oriente o a su extremo mayor norte en el horizonte poniente, o tal vez a ambos. Cabe mencionar que las estructuras este y oeste del grupo que conforman el alineamiento tienen alturas similares. Las declinaciones lunares señaladas por el eje central del grupo E de Xaman Witz en los horizontes este y oeste son -29.35° y 30.49° . La declinación este manifiesta mejor correspondencia con los extremos mayores sur en el horizonte oriente; sin embargo, en vista de que la línea del horizonte en esta dirección se ubica a menos de 600 m de distancia y que el montículo central sobre la plataforma este es más alto que la pirámide oeste, parece más probable que el alineamiento se refiriera a los extremos mayores norte en el horizonte oeste. Es de notar que la estructura central sobre la plataforma oriente está muy dañada, por lo que el eje central no se puede establecer de manera confiable.

La orientación del grupo triádico de Ceiba corresponde a las declinaciones lunares de -28.72° y 29.43° en los horizontes este y oeste, respectivamente. Considerando los errores estimados, la orientación podría referirse a los extremos lunares en uno u otro horizonte. Sin embargo, resulta significativo que el asentamiento de Ceiba incluye un grupo E cuyo eje central puede relacionarse con las posiciones del Sol en los solsticios (tabla 3.1). Las asociaciones de las orientaciones solsticiales y lunares son comunes a lo largo de la costa noreste de la península de Yucatán, sugiriendo que se observaban los extremos de la Luna llena (Šprajc 2016; Šprajc y Sánchez 2017; Sánchez *et al.* 2016). Éstos siempre ocurren cerca de los solsticios, pero se observa un interesante contraste: la Luna llena llega a sus extremos norte cerca del solsticio de diciembre, cuando el Sol sale y se pone en su punto más alejado hacia el sur, mientras que cerca del solsticio de junio, 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 en los momentos cercanos a la puesta del Sol y se pone al amanecer– que las posiciones extremas del Sol y de la Luna llena se observan casi simultáneamente en los lados diametralmente opuestos del horizonte. En el caso de Ceiba, varias circunstancias sugieren que el eje central del grupo E fue destinado para registrar los ortos solares en el solsticio de diciembre: la declinación este correspondiente al eje es más cercana a la declinación solsticial del Sol que la oeste, la pirámide oeste es más alta que el montículo central sobre la plataforma este y la línea del horizonte oeste se encuentra mucho más cerca (a poco más de 700 m) que la del horizonte este. Si el alineamiento solsticial, por lo tanto, era funcional hacia el oriente, es probable que el grupo triádico fuera orientado hacia los extremos norte de la Luna llena en el horizonte poniente.

Las demás declinaciones señaladas por los ejes centrales de los grupos E y por orientaciones de edificios de otros tipos se encuentran dentro del rango de las declinaciones solares, por lo que pueden relacionarse con las salidas y puestas del Sol en ciertas fechas.

Fechas e intervalos

Como ya fue mencionado, las fechas registradas por las orientaciones solares en el área maya, así como en otras regiones mesoamericanas, tienden a estar separadas por intervalos que son múltiplos de 13 o de 20 días, tendencia que se observa también en los datos analizados aquí. La figura 3.3 presenta las distribuciones de frecuencias relativas de las fechas de salida (fechas este) y puesta del Sol (fechas oeste) señaladas por los ejes centrales de los grupos E y otros edificios en las tierras bajas centrales; las distribuciones de los intervalos que separan las fechas marcadas en los horizontes oriente y poniente (intervalos este y oeste) se muestran en la figura 3.4.

En relación con los grupos E cabe reiterar que, contrario a la opinión común, no necesariamente todos eran astronómicamente funcionales hacia el oriente. Aunque la pirámide oeste es frecuentemente más alta que el edificio central en la plataforma este, en muchos casos este último es más alto que la estructura en el lado opuesto de la plaza, o ambos tienen aproximadamente la misma altura (Chase y Chase 2017: tabla 2.1). Además, hay que considerar que muchas versiones actualmente visibles de los grupos E son resultado de remodelaciones tardías, generalmente fechadas para el periodo Clásico; en algunos casos hay indicios de que las últimas etapas de estos grupos, con las pirámides oeste muy elevadas, ya no eran astronómicamente funcionales (p. ej., en Ceibal y Naranjo, v. capítulo 5), pero las fases anteriores bien pudieron tener la visibilidad hacia el horizonte poniente desde las plataformas este. Además, no podemos tener la certeza de que siempre fuera observacionalmente funcional precisamente la línea que conectaba la pirámide oeste y el edificio central en la plataforma este. El alineamiento relevante podría haber sido incorporado en cualquiera de las dos estructuras. Esto es particularmente probable en los casos en que la pirámide oeste es notablemente más alta que la estructura opuesta, la cual, para el observador en la pirámide, habría sido un marcador poco exacto de las posiciones del Sol, visibles en el horizonte natural muy por encima de la estructura. Por otra parte, en el sureste de Petén, la plataforma este a veces aparece sola, sin su contraparte oeste (Chase y Chase 2017: 59s; Chocón 2013: 522). También en el área de Ceibal, las investigaciones arqueológicas revelaron la existencia de las llamadas “plataformas aladas”, análogas a las plataformas orientales en los grupos E de tipo Cenote; aunque parecen haberse erigido ante todo durante el Preclásico Tardío, mientras que los primeros grupos E son más tempranos (Inomata *et al.* 2018), no es imposible que, en varios casos, un conjunto de tipo Grupo E haya resultado de la adición secundaria de la pirámide oeste a la plataforma alada ya existente y orientada

astronómicamente. De ser así, recordemos que algunas orientaciones en la arquitectura maya eran astronómicamente funcionales hacia el este, otras hacia el oeste y algunas en ambas direcciones (Sánchez y Šprajc 2015). A la luz de estos datos es muy probable que varios grupos E, o los edificios integrados, registraran eventos astronómicos en el horizonte oeste.

En la mayoría de los grupos E sólo fue posible medir el eje que conecta las cimas de la pirámide occidental y la estructura central en la plataforma oriental, porque el estado actual de estos edificios imposibilita determinar sus orientaciones. No obstante, donde estas estructuras se encuentran suficientemente bien conservadas, sus orientaciones regularmente coinciden con los ejes centrales (es decir, los edificios están orientados uno hacia el otro, enfatizando la importancia del alineamiento que componen) y los análisis de los datos indican que estos últimos eran, en general, observacionalmente funcionales. Esto significa que, para el observador parado sobre una estructura, la opuesta pudo servir como marcador, facilitando las observaciones.

Las figuras 3.3 y 3.4 muestran que las distribuciones de las fechas e intervalos que corresponden a los grupos E y estructuras de otros tipos son similares. Recuérdese que cada alineamiento solar (salvo el solsticial) corresponde a dos fechas de salida y dos fechas de puesta del Sol y que cada par de fechas divide el año en dos intervalos complementarios cuya suma es igual a la duración del año trópico. En conformidad con los resultados de los estudios anteriores en el área maya y en otras regiones mesoamericanas, los picos en las figuras 3.3 y 3.4 reflejan claramente el propósito de registrar, tanto en el horizonte oriente como en el poniente, las fechas separadas por intervalos calendáricamente significativos (múltiplos de 13 y de 20 días). Las fechas y los intervalos señalados por las agrupaciones más evidentes de alineamientos se discuten a continuación. Los referentes más probables de las alineaciones particulares, propuestos con base en los resultados de los análisis y los datos listados en las tablas 3.1 y 3.2, se presentan en el capítulo 5, pero hay que advertir que, debido a los errores estimados para los alineamientos individuales, en algunos casos las fechas intencionadas no se pueden determinar de manera confiable.

El pico más prominente en la curva que presenta la distribución de las fechas este señaladas por los grupos E corresponde a los días 11 de marzo y 2 de octubre (declinaciones cerca de -4° : figura 3.2), separados por un intervalo de 160 ($= 8 \times 20$) días; en consecuencia, este intervalo es marcado casi exactamente por el pico más alto en la curva de los intervalos este. También muchos edificios de otros tipos están orientados hacia los ortos solares en estas fechas, tanto en nuestra área de estudio como en otras partes de las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 7).

Las orientaciones hacia las salidas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre corresponden a sus puestas alrededor del 31 de marzo y el 12 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 ($= 10 \times 20$) días (declinaciones alrededor de 4°). Algunas de estas alineaciones podrían haber sido funcionales hacia el oriente y otras hacia el poniente. Más aún, algunas, debido a las alturas apropiadas del horizonte, parecen haber sido funcionales en ambas direcciones, por ejemplo, en Nixtun-Ch'ich' y Hatzcap Ceel (v. capítulo 5). Es precisamente este hecho el que puede explicar la importancia ampliamente difundida de este grupo de orientaciones.

Algunos de los alineamientos que están desviados de los rumbos cardinales en sentido antihorario (al norte del este/al sur del oeste), comunes en la zona fronteriza entre el oriente del Petén y el oeste de Belice (figura 1.2), señalan los mismos pares de fechas, pero en horizontes opuestos. Por ejemplo, la orientación del grupo E de Guacamayo corresponde a las puestas solares el 11 de marzo y el 2 de octubre, mientras que los grupos E de T'ot y Sisia' podrían haber marcado los ortos del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre o tal vez sus ocasos el 11 de marzo y el 2 de octubre. La orientación de la Estructura A-18 de Uaxactún pudo haber sido funcional en ambas direcciones, registrando las salidas y las puestas del Sol en los mismos pares de fechas (tablas 3.1 y 3.2).

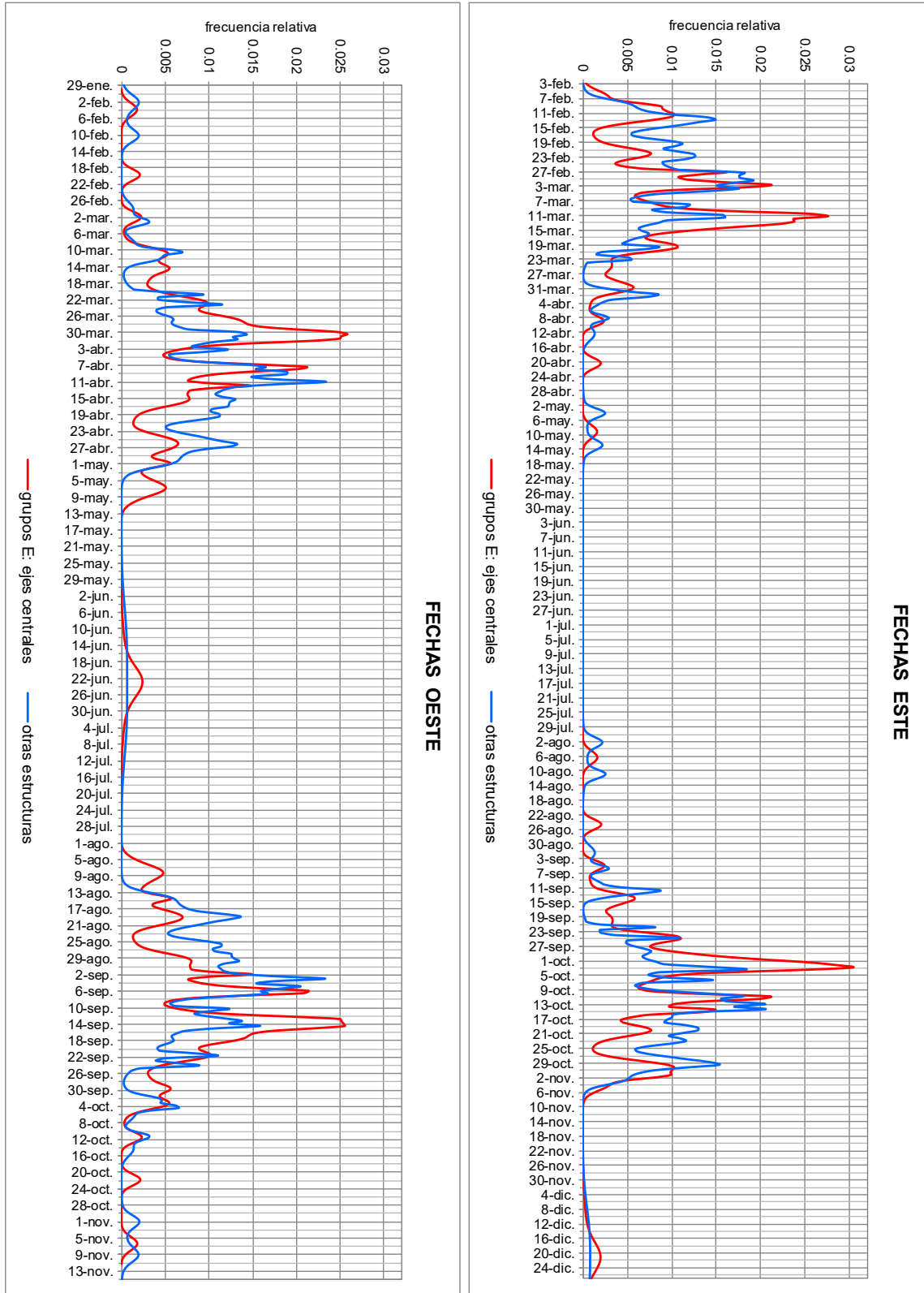


Figura 3.3. Distribución de frecuencias relativas (KDE) de las fechas registradas por los ejes centrales de los grupos E y estructuras de otros tipos en los horizontes este y oeste.

La importancia de los intervalos de 160 y 200 días está adicionalmente atestiguada en los alineamientos que señalan otras fechas. Los grupos E norte y oeste de Cival tienen orientaciones casi idénticas, que probablemente marcaban las puestas del Sol en las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por 200 días, mientras que varios edificios registraban las mismas fechas en el horizonte oriente (p. ej., la Estructura I y el grupo E en la Plaza Norte de Naachtún, el Grupo Maler de Yaxhá y el grupo E de Curucuitz). El grupo E de Guacamayo pudo haber sido funcional en ambas direcciones, marcando las puestas el 11 de marzo y el 2 de octubre y las salidas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre; cada uno de estos pares de fechas delimita un intervalo de 160 días. Los ortos solares el 3 de abril y el 10 de septiembre también corresponden a las orientaciones de las Estructuras XIV y XV (pirámides gemelas) de San Clemente (las Estructuras III y VII del Palacio de este sitio tienen casi la misma orientación), mientras que el Edificio Y de Nakum, el más alto del sitio, está orientado hacia las puestas del Sol en estas fechas (v. capítulo 5 y tablas 3.1 y 3.2).

Mientras que un grupo de orientaciones marcaba el intervalo de 200 días en el horizonte poniente, un pico cercano en la figura 3.4 (gráfico inferior) sugiere que en algunos casos el propósito era lograr el intervalo de 169 (= 13×13) días, delimitado por las puestas del Sol el 29 de marzo y el 14 de septiembre. Sin embargo, debido a los posibles errores de los datos, las fechas intencionadas no se pueden determinar en cada caso particular.

Otro grupo de orientaciones materializado en los conjuntos de tipo Grupo E y otros edificios corresponde a las salidas del Sol en las fechas 2 de marzo y 10 de octubre (declinaciones cerca de -7°) y sus puestas alrededor del 7 de abril y el 6 de septiembre (declinaciones alrededor de 7°). Puesto que los intervalos que separan el segundo par de fechas (151 y 214 días) no parecen significativos, estas orientaciones debieron haber sido funcionales hacia el oriente, marcando los ortos solares separados por 143 (= 11×13) días y registrados por varias orientaciones en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc *et al.* 2009). Hay que advertir que, durante el Preclásico, las fechas gregorianas que delimitaban el periodo de 143 días eran 2 de marzo y 10 de octubre, pero posteriormente cambiaron a 3 de marzo y 11 de octubre (*cf.* datos para la Estructura A-3 de Ceibal en la tabla 3.2). Desde luego, el cambio de fechas en nuestro calendario, debido a las variaciones seculares mencionadas en el capítulo 2, no tiene relevancia alguna; evidentemente, lo importante en los tiempos prehispánicos era mantener el intervalo de 143 días entre las fechas señaladas.

La importancia del intervalo de 143 días en las tierras bajas centrales se manifiesta también en el pico en la curva que muestra la distribución de los intervalos oeste registrados por los grupos E (los intervalos este correspondientes al mismo grupo de orientaciones se concentran alrededor de 136/229 días); las fechas de puesta del Sol que delimitan este intervalo son 11 de abril y 1 de septiembre, aunque los ocasos el 2 de marzo y el 10 de octubre, probablemente marcados por el grupo E de La Nueva Libertad (grupo periférico de Ceibal), desviado al norte del este, también contribuyen a este pico. En vista de los posibles errores de los datos, algunas estructuras tal vez señalaban las fechas 11 de abril y 2 de septiembre, con un intervalo intermedio de 221 (= 17×13) días (*cf.* Sánchez y Šprajc 2015: tabla 7).

Un grupo de alineamientos incorporados en los grupos E y otros edificios corresponde a los ortos del Sol alrededor del 20 de marzo y el 25 de septiembre y a sus ocasos por el 23 de marzo y el 21 de septiembre, con los intervalos intermedios de 176/189 y 182/183 días, respectivamente. Mientras que el primer par de fechas no tiene ningún significado aparente, las fechas 23 de marzo y 21 de septiembre (± 1 día) –que caen dos días después/antes del equinoccio de marzo/septiembre– son las que dividen cada mitad del año delimitada por los solsticios en dos periodos iguales y suelen designarse como los días de cuarto del año (declinaciones cerca de 1°). Muchas orientaciones previamente estudiadas en el área maya y en otras partes de Mesoamérica marcan estas fechas,

mayormente en el horizonte poniente (Šprajc 2001; 2018a; Šprajc y Sánchez 2013; 2015; Sánchez y Šprajc 2015: 80, tablas 7 y 11). En cambio, el grupo E de Naranjo y probablemente el grupo E principal de Cival, ambos desviados en sentido antihorario de los rumbos cardinales, señalaban estas fechas en el horizonte oriente. La importancia de estos días en Naranjo está adicionalmente atestiguada en la orientación de la Estructura B-15 en la Acrópolis Central, orientada hacia las salidas del Sol, y en el eje de simetría de la entrada poniente de la Estructura B-18, que corresponde a las puestas del Sol en las mismas fechas (v. capítulo 5 y tablas 3.1 y 3.2).

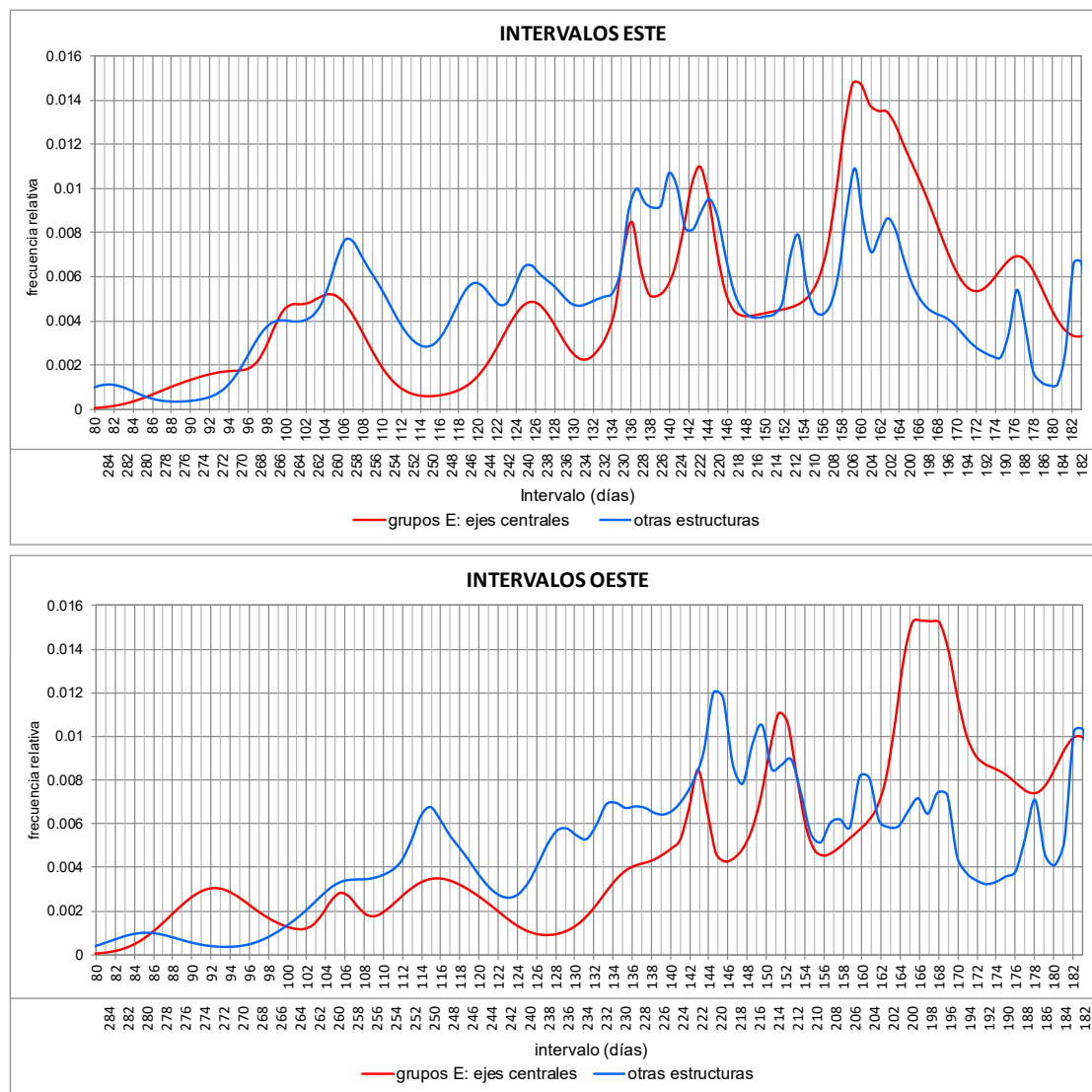


Figura 3.4. Distribución de frecuencias relativas (KDE) de los intervalos que separan las fechas registradas en los horizontes este y oeste.

Estos datos refuerzan los argumentos expuestos con anterioridad sobre la inexistencia de orientaciones equinociales en Mesoamérica. Mientras que los días de cuarto del año eran evidentemente importantes, no se ha encontrado ningún alineamiento que pueda relacionarse de manera contundente con las posiciones del Sol en los equinoccios. Tratándose de un concepto occidental y relativamente abstracto, resulta improbable que haya sido conocido en Mesoamérica (Šprajc 2018a; Šprajc y Sánchez 2013). Una discusión más amplia al respecto se presenta en el capítulo 4.

Los demás picos en las figuras 3.3 y 3.4 son menos prominentes, pero también sugieren la importancia de los intervalos calendáricamente significativos. Algunos alineamientos seguramente registraban los ortos solares el 12 de febrero y el 30 de octubre. Las orientaciones de este grupo son las más ampliamente difundidas en las tierras bajas mayas, indudablemente porque uno de los dos intervalos que separan las fechas señaladas es de 260 días, equivalente a la duración del ciclo calendárico ritual (grupo 1 de orientaciones solares: Sánchez y Šprajc 2015: 77ss, tablas 7 y 8), lo que significa que los fenómenos separados por este intervalo ocurrían en la misma fecha de este ciclo. Algunos alineamientos parecen haber marcado las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, que también delimitan un intervalo de 260 días, y otros las salidas el 22 de febrero y el 20 de octubre, separadas por 240 (= 12×20) días; de nuevo, se trata de fechas comúnmente registradas en el área maya y en otras partes de Mesoamérica (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2018a).

Como se verá en el capítulo 5, donde se presentan comentarios más pormenorizados sobre los sitios particulares, las fechas registradas por los alineamientos incorporados en los edificios de un mismo sitio a veces pueden integrarse en un solo calendario observacional, compuesto predominantemente por múltiplos de 20 o de 13 días. Tales esquemas observacionales se han podido reconstruir para muchos sitios arqueológicos de Mesoamérica (Šprajc 2001; 2018a; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016; Sánchez y Šprajc 2015).

Datos contextuales

A la luz de los análisis presentados, los ejes centrales de la mayoría de los grupos E fueron diseñados a partir de criterios astronómicos, mientras que las líneas laterales, a pesar de algunas posibles excepciones, no tenían ningún significado astronómico. Tal conclusión es apoyada por evidencias contextuales que se discuten a continuación y que indican la importancia de los ejes centrales y la falta de atención prestada a las alineaciones laterales.

Es significativo que las orientaciones de los grupos E, indicadas por sus ejes centrales, están materializadas también en estructuras de otros tipos, frecuentemente en un mismo sitio. Como veremos en el capítulo 5, el grupo E en la Plaza Norte de Naachtún comparte su orientación con la Estructura I. En Ceibal, la orientación del grupo E en la Plaza Central, además de haber sido conservada durante muchos siglos desde sus etapas tempranas del Preclásico Medio, fue reproducida por algunos edificios aledaños, de manera más evidente por la Estructura A-3 del Clásico Tardío. En Naranjo, la orientación del grupo E en la Plaza Central, cuyos inicios se remontan al Preclásico Tardío, fue materializada durante el Clásico en la Estructura B-15, la más imponente de la Acrópolis Central, y probablemente en otros edificios. Más aún, en Cival, Naachtún, Nixtun-Ch'ich' y Yaxhá, diversos edificios no sólo reproducen las orientaciones de los grupos E, sino que además están alineados a lo largo de sus ejes centrales. En contraste, no se han detectado estructuras situadas a lo largo de las líneas laterales de estos conjuntos.

Durante las excavaciones en varios complejos de tipo Grupo E se han encontrado ofrendas y entierros precisamente a lo largo de sus ejes centrales, por ejemplo, en Tikal (Laporte y Fialko 1995; Chinchilla *et al.* 2015), Caracol (Chase y Chase 1995: 95), Ceibal (Inomata y Triadan 2015; Inomata *et al.* 2017), Nakum (Žračka *et al.* 2017), Cival (Estrada-Belli 2011: 80), Calakmul (Vázquez Campa 2014) y Naachtún (Nondédéo *et al.* en prensa), pero no a lo largo de los alineamientos laterales. Entre las ofrendas localizadas a lo largo del eje normativo del grupo E en Mundo Perdido de Tikal, incluso se encontraron piezas cerámicas con diseños de posible connotación astronómica (Laporte y Fialko 1995: 52s, fig. 16).

Además, las excavaciones en algunos grupos E han revelado que el eje central fue conservado durante varias etapas constructivas, pero no así los alineamientos laterales, ya que la plataforma este cambió de dimensiones o incluso de posición, resultando en la alteración de los alineamientos laterales. En Tikal, el eje normativo este-oeste de Mundo Perdido no cambió durante todas sus etapas constructivas, desde el Preclásico Medio, pero la longitud de la plataforma este aumentaba a través del tiempo (Laporte y Fialko 1995). Suponiendo una función astronómica del conjunto, este hecho sugiere que el propósito fue registrar siempre el mismo evento a lo largo del eje central, pero no a lo largo de las líneas visuales que conectaban la pirámide oeste con los extremos de la plataforma este. En Ceibal, la versión actualmente visible del grupo E en la Plaza Central, con las Estructuras A-9, A-10 y A-12 en la plataforma este y la estructura piramidal A-20, es del periodo Clásico, pero sus etapas más tempranas datan de la fase Real 1 del Preclásico Medio (aprox. 950 a. C.). El eje central del complejo fue conservado a lo largo de toda su historia, mientras que la plataforma este cambiaba de posición. En vista de que las plataformas Xa'an y Saqpusin, fechadas para las fases Real 1 y Real 3 del Preclásico Medio, respectivamente, tenían aproximadamente la misma longitud, pero no la posición (Inomata y Triadan 2015; Inomata *et al.* 2013; 2017: 220s), es evidente que, observando desde las subestructuras contemporáneas de la Estructura A-20, que mantenían la misma posición, los extremos de la plataforma oriental eran visibles, en distintas etapas constructivas, en direcciones diferentes. También el eje central del grupo E de Caracol fue conservado desde el Preclásico Tardío al Clásico Tardío, pero las dimensiones de las versiones consecutivas de la plataforma este variaban (Chase y Chase 1995).

4 Discusión de las hipótesis anteriores

Poco después de que el Grupo E de Uaxactún, el primer complejo arquitectónico de este tipo explorado arqueológicamente, fuera interpretado como un observatorio solsticial y equinoccial (Ricketson 1928a; 1928b), esta opinión fue ampliamente aceptada y el mismo uso fue atribuido a otros conjuntos similares descubiertos posteriormente en otros sitios. Resulta sorprendente que, pese a la diversidad de sus orientaciones, notada ya por Ruppert (1940), seguimos leyendo, incluso en la literatura académica más reciente, que estos conjuntos sirvieron para observar los ortos solares en los equinoccios y solsticios (p. ej.: Bassie-Sweet 2008: 254; Demarest 2004: 201; Freidel *et al.* 2017; Harrison 1999: 56; Mathews y Garber 2004: 55; Rice 2007: 147, 155; Rice y Pugh 2017: 12). Por otra parte, algunos investigadores, al observar que los alineamientos en la mayoría de los grupos E no pueden relacionarse con estos fenómenos, interpretaron los conjuntos de este tipo como representaciones simbólicas de los eventos celestes (Awe *et al.* 2017; Aimers y Rice 2006; Fialko 1987; 1988; Guderjan 2006), pero no trataron de averiguar si los alineamientos corresponden a otros eventos astronómicos.

Los solsticios y los equinoccios se mencionan a menudo en tándem, como si fueran los únicos momentos posiblemente significativos del año trópico. La idea ha de deberse a los conceptos occidentales acríticamente proyectados al pasado prehispánico. En realidad, los solsticios, marcados por los extremos fácilmente perceptibles de la trayectoria anual del Sol a lo largo del horizonte, parecen haber sido las referencias más elementales para orientarse en el año de las estaciones. En cambio, los equinoccios no son directamente observables. El equinoccio tiene un significado preciso en el marco de la astronomía geométrica griega que subyace a la tradición científica occidental, en la que el equinoccio se define como el momento en que el Sol cruza el ecuador celeste, teniendo la declinación de 0°. Sin embargo, el ecuador celeste es un constructo geométrico basado en un sistema específico de coordenadas celestes, por lo que, sin evidencias al respecto, no es permisible asumir que conceptos idénticos se hayan desarrollado de forma independiente en las sociedades antiguas no relacionadas con la tradición occidental (Ruggles 1997; 2017; Munro y Malville 2010). Aunque ya pasaron años desde que Ruggles (1997; 1999: 148s, 150s) publicara las advertencias de esta índole, recomendando que el término “equinoccio” fuera eliminado del vocabulario arqueoastronómico, tanto los arqueólogos como los arqueoastrónomos en innumerables estudios siguen incluyendo los equinoccios entre los referentes más significativos de los alineamientos (Ruggles 2017: 132), práctica que sigue siendo común también en relación con Mesoamérica. Los registros epigráficos y las supervivencias de conceptos prehispánicos documentadas etnográficamente no ofrecen ninguna evidencia de que los mayas y otros mesoamericanos estuvieran conscientes de los equinoccios, y las declinaciones correspondientes a las orientaciones arquitectónicas no manifiestan agrupaciones centradas en 0°. En cambio, el objetivo más probable de los alineamientos casi equinociales fueron los llamados días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre; dos días después/antes del equinoccio vernal/otoñal), que subdividen cada mitad del año delimitada por los solsticios en dos partes iguales (Šprajc 2018a; Šprajc y Sánchez 2013; 2018). La misma conclusión, como fue mostrado en el capítulo 3, aplica a los conjuntos de tipo Grupo E. Contrario a la idea muy popular, ni siquiera el Grupo E de Uaxactún puede relacionarse con los equinoccios: de acuerdo con la argumentación presentada en el capítulo 5, los alineamientos

supuestamente equinocciales y solsticiales conectan edificios de diferentes periodos y, por lo tanto, no pudieron ser observacionalmente funcionales.

Poco después de las primeras descripciones del Grupo E de Uaxactún, Ruppert (1940: 230) advirtió que otros conjuntos de este tipo tienen orientaciones diferentes y sugirió que sus funciones eran más ceremoniales que observacionales. Vilma Fialko (1987; 1988) los interpretó como imitaciones alegóricas del prototipo astronómicamente funcional en Uaxactún, denominándolos Complejos de Conmemoración Astronómica. Aunque pronto resultó evidente que muchos grupos E eran más tempranos que el supuesto arquetipo en Uaxactún, se seguía argumentando que su propósito inicial era registrar los solsticios y equinoccios, pero que esta función observacional fue posteriormente abandonada y reemplazada por un uso predominantemente ritual (Aimers y Rice 2006; Guderjan 2006). También se sugirió que las columnas de piedra o los postes de madera colocados en la plataforma este podrían haber servido como marcadores de los equinoccios o solsticios (Aimers y Rice 2006: 80; Rice 2007: 155), pero no hay evidencias específicas que apoyen esta hipótesis. Todas estas conjeturas comparten el prejuicio de que los únicos momentos potencialmente significativos del año trópico eran los equinoccios y los solsticios.

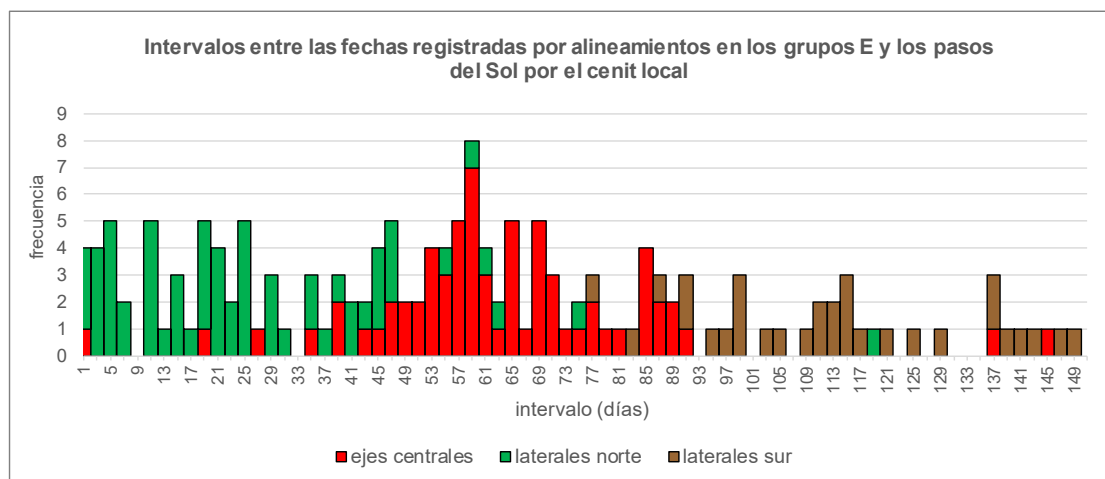


Figura 4.1. Distribución de frecuencias de los intervalos que separan las fechas registradas por los alineamientos en los grupos E en el horizonte este y las fechas más cercanas de los pasos del Sol por el cenit local.

Después de que Aveni y Hartung (1989) habían interpretado la mayoría de los grupos E como copias no funcionales del prototipo en Uaxactún (desconociendo en este entonces los antecedentes mucho más tempranos), Aveni *et al.* (2003) presentaron otro análisis, proponiendo que tanto los ejes centrales como las alineaciones laterales permitían el uso de esquemas observacionales compuestos por intervalos calendáricamente significativos. Al analizar las fechas de salida del Sol, observaron que tres pares de fechas registrados con frecuencia (19 de febrero/22 de octubre, 11 de marzo/2 de octubre, 31 de marzo/12 de septiembre) están separados de los días del paso cenital del Sol en la latitud de 17.5° N (10 de mayo/3 de agosto) –la latitud media de los sitios incluidos en su estudio– por múltiplos de 20 días (80, 60 y 40 días, respectivamente). Aunque en varios casos sus datos sobre los alineamientos (a menudo basados en mapas inexactos de los sitios) no concuerdan con los que resultaron de mis mediciones, la muestra de datos analizados aquí corrobora la frecuencia de estas fechas (figura 3.3). Sin embargo, su importancia difícilmente puede relacionarse con las fechas del paso del Sol por el cenit en la región central de la península de Yucatán, porque las mismas fechas también corresponden a diversas orientaciones en otras partes de las tierras bajas mayas y en otras

regiones mesoamericanas (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2001; 2018a; Šprajc *et al.* 2016). Más bien, la importancia de estos pares de fechas puede explicarse con el hecho de que delimitan múltiplos de 20 días (120 días del 22 de octubre al 19 de febrero; 160 días del 2 de octubre al 11 de marzo, 200 días del 12 de septiembre al 31 de marzo). Como se muestra en la figura 4.1, los intervalos que conectan las fechas de salida del Sol registradas por los alineamientos en los grupos E con las fechas del paso cenital más cercanas –determinadas para las latitudes específicas de los sitios correspondientes– exhiben una distribución dispersa, sin concentraciones notables alrededor de los múltiplos calendáricamente significativos.

Aveni *et al.* (2003: 163) también sugirieron que la práctica de registrar las fechas relacionadas con los pasos cenitales del Sol reemplazó un esquema observacional anterior basado en los solsticios, porque las alineaciones a las posiciones solsticiales del Sol tienden a ocurrir en grupos E tempranos, y considerando la prioridad cronológica de orientaciones solsticiales en otras partes de Mesoamérica. La hipótesis se basa en algunas alineaciones, mayormente laterales. Sin embargo, si sólo consideramos los ejes centrales, que fueron claramente basados en criterios astronómicos, sólo dos de ellos en nuestra muestra de datos pueden relacionarse con los solsticios (en Ceiba e Ixchel), mientras que varios grupos E con etapas constructivas fechadas de manera confiable al Preclásico Medio tienen orientaciones diferentes, incluyendo el de Ceibal, el ejemplo más antiguo conocido hasta ahora en las tierras bajas centrales. Si bien las orientaciones solsticiales, en efecto, parecen ser las más tempranas en algunas regiones mesoamericanas, en las tierras bajas mayas rara vez están incorporadas en la arquitectura preclásica (Šprajc 2018a: 231s; Sánchez y Šprajc 2015). Por lo tanto, las evidencias actualmente disponibles no corroboran la prioridad cronológica de alineamientos solsticiales en las tierras bajas mayas.

Desde que Marquina y Ruiz (1932) propusieron que varios edificios mesoamericanos fueron orientados hacia las posiciones del Sol en el horizonte en los días de su paso por el cenit, la idea ha sido muy popular. También se ha propuesto que varias orientaciones registraban las fechas del tránsito del Sol por el nadir (o anticenit). Ambas hipótesis también se han aplicado a los grupos E (Aimers y Rice 2006: 80; Estrada-Belli 2017). El paso del Sol por el nadir no es observable; el día de este evento sólo podría haberse determinado de manera indirecta, empleando diferentes procedimientos con diversos grados de precisión, pero no hay evidencias convincentes de que los mesoamericanos hayan intentado lograr este objetivo (Sánchez y Šprajc 2015: 55s). Por otro lado, diversos tipos de datos señalan la importancia de los tránsitos cenitales del Sol, los cuales probablemente fueron observados mediante dispositivos que permitían el paso de los rayos solares al mediodía. Sin embargo, un análisis basado en un gran número de orientaciones no reveló una correspondencia significativa con las posiciones del Sol en el horizonte en las fechas de su paso por el nadir y el cenit (Šprajc 2018c), y la misma conclusión aplica a los grupos E. La fecha del tránsito solar por el cenit o el nadir se puede definir como el día en que la diferencia entre los valores absolutos de la declinación del Sol y la latitud geográfica local llega a ser más cercana a 0°. La figura 4.2 muestra las correlaciones entre las declinaciones marcadas por las alineaciones en los grupos E en ambos horizontes y las latitudes en las que se localizan. Las líneas diagonales (discontinuas) conectan los puntos con valores absolutos equivalentes, por lo que podríamos suponer que los alineamientos correspondientes a las pocas declinaciones colocadas en o (considerando sus posibles errores) cerca de esta línea en el gráfico superior/inferior registraban las fechas de paso anicenital/cenital del Sol. Sin embargo, considerando la falta de una concentración notable y la dispersión general de las declinaciones, tal suposición es difícil de sostener.

Se ha notado que los ejes centrales de algunos grupos E apuntan en la dirección donde salían las tres estrellas del cinturón de Orión (Aveni *et al.* 2003: 173; Reese-Taylor 2017: 503; Kováč *et al.*

2019). La intencionalidad de tales correspondencias es poco probable, ya que la declinación de estas estrellas cambió de 8° a 4° aproximadamente durante el periodo Preclásico (1000 a. C. - 300 d. C.), cuando se construyeron la mayoría de los grupos E, mientras que las declinaciones marcadas por sus ejes centrales, en lugar de reflejar estos cambios precesionales, exhiben pronunciadas concentraciones alrededor de ciertos valores (figura 3.2), para las que las posiciones del Sol en ciertas fechas representan la única explicación concebible.

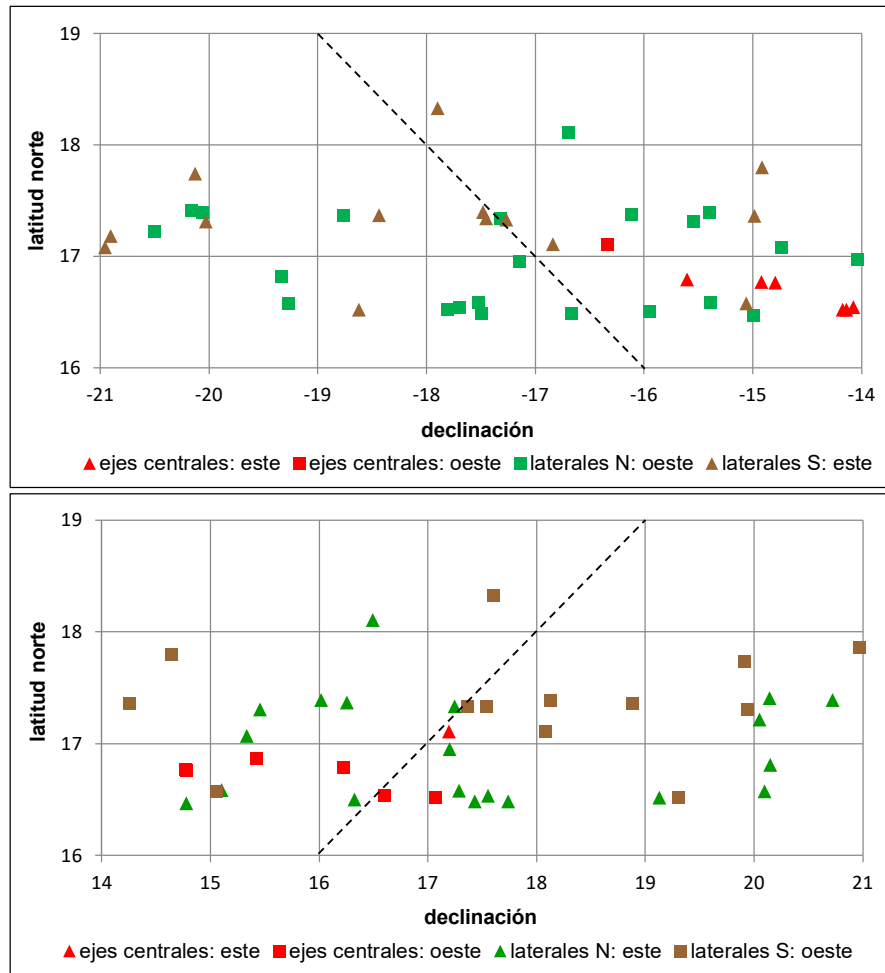


Figura 4.2. Correlaciones entre las declinaciones negativas (arriba) y positivas (abajo) marcadas por los alineamientos en los grupos E y las latitudes geográficas de los sitios correspondientes (dado el rango de latitudes de los grupos E incluidos en el análisis, sólo se muestra un rango limitado de las declinaciones).

Mientras que algunas interpretaciones se basan, en mayor o menor medida, en las que se acaban de resumir (p. ej.: Estrada-Belli 2017; May 2014; Milbrath 2017a; 2017b; Reese-Taylor 2017), otras son menos específicas, proponiendo que los grupos E servían no sólo para señalar las posiciones del Sol en el horizonte, sino también para seguir el movimiento de otros cuerpos celestes dentro de la franja zodiacal (Aylesworth 2004; 2015; Drápela 2014; Kováč *et al.* 2019). Si bien es obvio que, observando desde la pirámide oeste, varios objetos celestes hubieran salido por encima de la plataforma este (en muchos casos no sólo aquellos dentro de la franja zodiacal), resulta difícil imaginar la utilidad o el significado que habrían tenido tales avistamientos. Además, las especulaciones de este tipo podrían aplicarse a cualquier edificio alargado con otro enfrente. La idea de que los grupos E eran más “teatros” o “planetarios” que dispositivos observacionalmente funcionales (Kováč *et al.* 2019: 19) es irreconciliable con la distribución evidentemente no aleatoria de sus ejes centrales, particularmente con el hecho de que éstos consecuentemente señalan las

posiciones del Sol en determinadas fechas. Parece curioso que estas propuestas, aunque sugieren que los grupos E no incorporan alineamientos precisos, asocian específicamente estos complejos con los ciclos celestes y calendáricos. Tales interpretaciones, aplicables a cualquier edificio o conjunto arquitectónico, evidentemente reflejan la noción profundamente arraigada, pero infundada, de que las observaciones astronómicas o los rituales de inspiración astronómica estaban asociados exclusiva o predominantemente con los arreglos de tipo Grupo E.

5 Comentarios sobre los sitios y alineamientos particulares

En este capítulo se discuten los detalles sobre cada sitio, relevantes en el contexto de esta investigación, y los más probables referentes astronómicos de los alineamientos. Para los detalles numéricos correspondientes, consúltense las tablas 3.1 y 3.2; aquí sólo se mencionan algunos datos que podrían ser de interés, pero que no están incluidos en las tablas citadas, por ejemplo, las orientaciones de las plataformas este de los grupos E, donde no son perpendiculares a sus ejes centrales este-oeste, y los datos sobre algunos alineamientos posiblemente funcionales en términos astronómicos, pero no incluidos en los análisis.

Respecto a las fechas y los intervalos propuestos a continuación como los referentes más probables de los alineamientos, cabe hacer algunas precisiones. Las propuestas se basan en los resultados de los análisis (capítulo 3) cotejados con los datos derivados de las mediciones (tablas 3.1 y 3.2). Recordemos que los picos en las curvas obtenidas con el método KDE, presentando las distribuciones de los datos analizados (figuras 3.2, 3.3 y 3.4), corresponden con bastante fidelidad a los valores intencionados, ya que los errores asignados a los valores similares tienden a anularse (v. capítulo 2). Por lo tanto, los resultados de estos análisis (así como de los realizados con anterioridad para el área maya) sirven como una base sólida para determinar las fechas y los intervalos que los alineamientos registraban con particular frecuencia, pero también permiten sugerir el referente astronómico más probable de cada alineamiento: las fechas que propongo son las que, según los resultados de los análisis, eran frecuentemente registradas y a la vez las más cercanas a las calculadas con base en los datos de las mediciones. Considerando que los datos que contribuyen a un pico en la gráfica que presenta su distribución no son idénticos (debido a los posibles errores de los alineamientos respecto al valor intencionado), resulta comprensible que las fechas y los intervalos que, según argumento, fueron registrados por los alineamientos particulares no siempre coinciden con los datos en las tablas 3.1 y 3.2, pero están dentro de los márgenes de error indicados (los posibles errores de las fechas no aparecen en las tablas, pero pueden derivarse de los errores de los intervalos; el error de la fecha equivale aproximadamente a la mitad del error del intervalo). Como se verá a continuación, para las orientaciones de la mayoría de los grupos E y los edificios de otros tipos puede ofrecerse una explicación astronómica que es congruente con los resultados de los análisis y, al mismo tiempo, conciliable con los datos de medición concretos.

Actuncan, Cayo, Belice

El grupo E de este sitio, fechado para el Preclásico Tardío y Terminal (Simova *et al.* 2018; LeCount *et al.* 2017) y desviado al norte del este, es de tipo Cenote. La pirámide oeste (Estructura 23) es más alta que el edificio central sobre la plataforma este (Estructura 27). La plataforma este (Estructura 26), cuyo eje longitudinal tiene el azimut de $156.3^\circ \pm 1^\circ$, no es perpendicular al eje central este-oeste del conjunto. Si éste era astronómicamente funcional –como lo sugiere también la orientación similar del Grupo 1, ubicado al poniente del grupo E–, posiblemente marcaba las salidas (o tal vez las puestas) del Sol separadas por 91 ($= 7 \times 13$) días. Las estructuras en la Plaza C parecen haber señalado

los ocasos solares en las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, separadas por 160 días y registradas por varios grupos E en el horizonte oriente (v. capítulo 3).

Altar de los Reyes, Campeche, México

Para los detalles sobre este sitio y las orientaciones de sus estructuras, v. Šprajc y Flores (2008: 25-31), García López (2008), Šprajc (2008) y Sánchez y Šprajc (2015: 115).

Anonal (Ceibal), Petén, Guatemala

V. infra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

Arenal, Cayo, Belice

El sitio, denominado también Las Ruinas de Arenal, fue ocupado desde el Preclásico Medio, mientras que las etapas constructivas del Grupo A, con su grupo E de tipo Cenote, van desde el Preclásico Tardío hasta el Clásico Terminal (Chase *et al.* 2014; Taschek y Ball 1999). El eje central del conjunto, desviado al norte del este, parece haber marcado las salidas del Sol el 21 de abril y el 24 de agosto, con un intervalo intermedio de 240 días, o sus puestas el 19 de febrero y el 22 de octubre, separadas por 120 días; esta última opción parece más probable, ya que la Estructura 1 (la central sobre la plataforma este) es unos 3 m más alta que la Estructura 9 (pirámide oeste).

Balakbal, Campeche, México

Para los detalles sobre este sitio, v. Ruppert y Denison (1943: 65-68, lám. 69), Šprajc y Flores (2008: 32-34) y García López (2008). El eje central del grupo E, que es de tipo Cenote, probablemente marcaba las salidas del Sol el 22 de febrero y el 20 de octubre, separadas por un intervalo de 240 días (Šprajc 2008; Sánchez y Šprajc 2015: 115) y registradas por un gran número de estructuras en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: 79s, tablas 7 y 9).

Cahal Pichik (Caracol), Cayo, Belice

V. infra: "Caracol, Cayo, Belice, grupos periféricos".

Calabazal, Petén, Guatemala

El sitio, que al parecer floreció en el Preclásico Tardío y el Clásico Terminal (Laporte 1998: 147s; Quintana 2013: 112ss), se compone de la plaza principal con un conjunto de tipo Grupo E y un grupo

de patios inmediatamente al sur. El eje central del grupo E, de tipo Cenote, parece haber sido astronómicamente funcional hacia el oeste, marcando las fechas 13 de abril y 31 de agosto, separadas por 140 días y registradas por varios edificios en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: 80, tablas 7 y 10). La direccionalidad poniente del alineamiento se ve apoyada por el hecho de que el montículo central de la plataforma este es ligeramente más alto que la pirámide oeste y que el horizonte oeste está mucho más lejos que el horizonte este (figuras 5.1 y 5.2). A partir de las fotos aéreas, May (2014: 223) determinó para el eje del conjunto un azimut muy parecido al nuestro (99°), pero su interpretación, relacionada con las fechas este, es difícilmente conciliable con los patrones de orientación conocidos en el área maya.



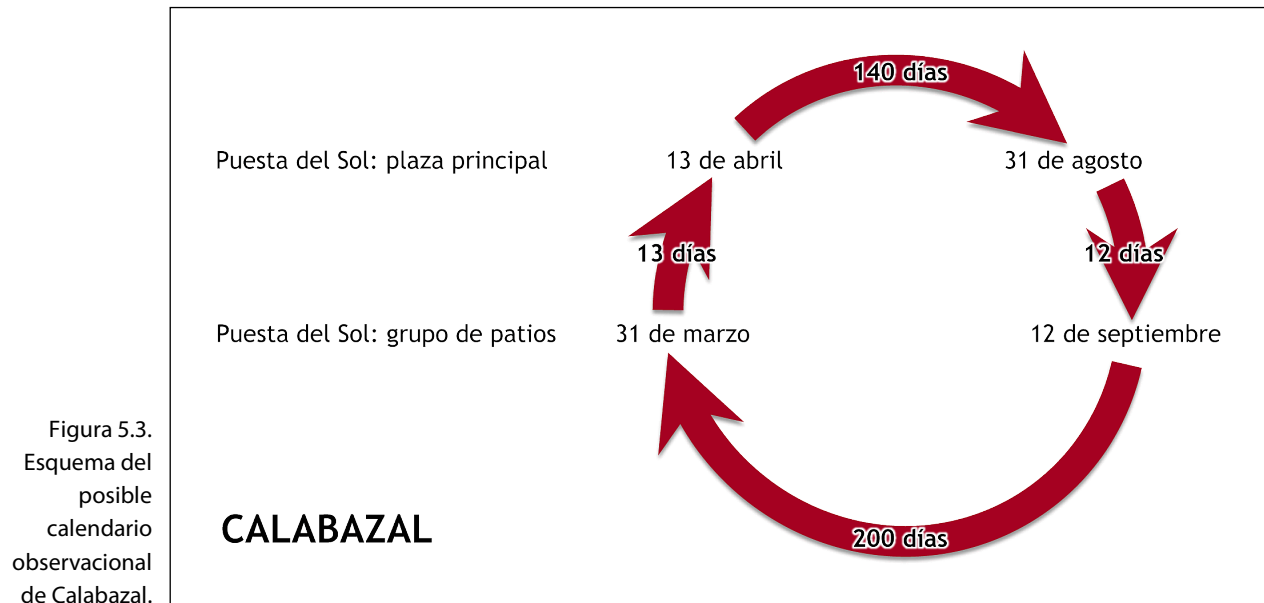
Figura 5.1. Calabazal, plaza principal, vista desde el montículo oeste del grupo E hacia el este.



Figura 5.2. Calabazal, plaza principal, vista desde el montículo central de la plataforma este del grupo E hacia el oeste.

El grupo de patios al sur de la plaza principal al parecer registraba las puestas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días y frecuentemente señaladas en el área estudiada (v. capítulo 3). Las fechas marcadas por los dos conjuntos del sitio pudieron ser incorporadas en un solo calendario observacional, en el que predominaban los múltiplos de 13 y de 20 días (figura 5.3). Nótese que la suma de todos los intervalos en éste y en otros esquemas observacionales que se han reconstruido es 365 días, mientras que la duración del año trópico es casi

un cuarto del día más larga, por lo que resulta obvio que el observador hubiera notado, cada cuatro años aproximadamente, el incremento de 1 día en uno de los intervalos.



Calakmul, Campeche, México

El significado de las orientaciones en Calakmul fue discutido por Sánchez y Šprajc (2015: 119-126). No obstante, las mediciones en campo realizadas en 2019 arrojaron datos más precisos y completos sobre los alineamientos incorporados en el complejo de tipo Grupo E, conformado por las Estructuras IV y VI, que delimitan la Plaza Principal por sus lados este y oeste, respectivamente.

La última versión de la Estructura IV-b, la central sobre la plataforma este, es del Clásico Tardío, pero sus etapas tempranas son del Preclásico Tardío. También la Estructura VI es tardía, pero sus inicios son preclásicos (Delvendahl 2008: 31, 90; Enríquez y Rodríguez 2006: 409; Vázquez Campa 2014: 176). Los datos en la tabla 3.1 corresponden a los alineamientos que se midieron en la versión tardía del conjunto, desde el centro de la entrada principal al edificio sobre la Estructura VI hacia el centro de la Estructura IV-b y los bordes exteriores de las Estructuras IV-a y IV-c, que ocupan los extremos norte y sur de la plataforma este, respectivamente. La versión actualmente visible del conjunto corresponde a la variante Uaxactún, pero no del todo típica, ya que la Estructura VI es un amplio basamento cuadrangular, con restos de un edificio alargado superior, y su orientación es diferente de la que manifiesta la Estructura IV-b sobre la plataforma este. Además, ninguna de las dos orientaciones concuerda con el eje central del conjunto, pero ambas parecen haber sido astronómicamente funcionales, ya que corresponden a fechas e intervalos significativos (Sánchez y Šprajc 2015: 120s, tabla 1).

Es probable que, observando desde el centro de la parte alta de la Estructura VI durante las primeras etapas constructivas del grupo, el horizonte oriente natural fuera visible por encima de la Estructura IV-b y que el eje central fuera igual al actual, ya que corresponde a los ortos solares el 2 de marzo y el 10 de octubre, separados por 143 (= 11 × 13) días y marcados por varios grupos E preclásicos (v. capítulo 3). Al crecer la Estructura IV-b, obstruyendo la vista al horizonte natural, el conjunto probablemente perdió su función astronómica. En todo caso, las fechas en que el Sol salía

sobre la Estructura IV-b no se pueden reconstruir, porque desconocemos su altura original. Los alineamientos laterales no parecen astronómicamente significativos.

Anteriormente propusimos que la Estructura II, la pirámide más grande de Calakmul, que ya en el Preclásico Tardío alcanzó una altura no muy diferente de la actual (Delvendahl 2008: 31, 84), fue orientada hacia las puestas del Sol el 10 de abril y el 2 de septiembre, separadas por 220 (= 11×20) días (Sánchez y Šprajc 2015: 119). El error asignado a esta orientación (tabla 3.2) es pequeño, porque el azimut fue medido en campo a lo largo de un paramento largo de la estructura superior. No obstante, considerando la posibilidad de algún error en el proceso de restauración de los restos de este edificio, podemos suponer que la orientación original, en realidad, registraba las puestas del Sol el 11 de abril y el 1 de septiembre, separadas por 143 días. La idea es probable sobre todo a la luz de la importancia, indicada por los datos analizados en el presente estudio, de estas fechas y del intervalo de 143 días durante el Preclásico (v. capítulo 3). De ser así, estas fechas y las que corresponden al grupo E (2 de marzo y 10 de octubre) podrían haber sido integradas en un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 13 días e idéntico al reconstruido para Yaxhá (figura 5.19). Además, las puestas del Sol el 11 de abril y el 1 de septiembre parecen haber sido marcadas también por la Estructura VI del grupo E y la Estructura VII, en el costado norte de la Plaza Principal de Calakmul (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 1); ambos edificios tienen subestructuras del Preclásico Tardío (Delvendahl 2008: 31).

Las Estructuras IV-a y IV-c tienen orientaciones muy similares a la de la Estructura IV-b, pero las entradas a las dos crujías de la Estructura IV-c no están alineadas paralelamente a sus muros norte y sur; la línea que conecta los puntos centrales entre los dos pares de jambas tiene el azimut de aproximadamente 114° , posiblemente relacionado con los solsticios (Aveni *et al.* 2003: 173; Aveni y Dowd 2017: 88). Como ya fue argumentado (Sánchez y Šprajc 2015: 121), otras interpretaciones anteriores del uso astronómico del grupo E de Calakmul se basan en datos erróneos o dependen de los puntos de observación elegidos de manera arbitraria.

Caledonia, Cayo, Belice

El sitio, situado a 14 km al noreste de Caracol, fue ocupado a partir del Preclásico Tardío (Chase *et al.* 2014; Rand 2016) y cuenta con un grupo E de tipo Cenote. Su eje central probablemente registraba los ortos solares el 11 de febrero y el 29 de octubre, separados por 260 días (en épocas más tardías las fechas marcadas por este grupo de orientaciones, el más común en las tierras bajas mayas, tendían a ser 12 de febrero y 30 de octubre: Sánchez y Šprajc 2015: 74ss, tablas 7 y 8). La pirámide oeste y el montículo central sobre la plataforma este tienen alturas similares.

Caracol, Cayo, Belice

El grupo E en el núcleo de este sitio es de tipo Cenote y forma parte del Grupo A. Sus primeras versiones datan del Preclásico Tardío, pero los alineamientos fueron determinados para la versión actual del conjunto, que es del Clásico Tardío (Chase y Chase 1995; 2006). A lo largo de su eje central este-oeste fueron encontradas varias ofrendas preclásicas (Chase y Chase 1995: 95; Arlen F. Chase, com. personal, mayo de 2020), por lo que es probable que fuera conservado desde las etapas iniciales del conjunto, mientras que las dimensiones de la plataforma este cambiaron a lo largo de sus etapas constructivas (Chase y Chase 1995: fig. 60). El eje central probablemente registraba las salidas del Sol

el 9 de febrero y el 1 de noviembre, separadas por 100 días; si en la etapa inicial del conjunto el horizonte poniente natural era visible desde el edificio central sobre la plataforma este, el mismo eje marcaba también las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, con un intervalo intermedio de 260 días. Las orientaciones que corresponden a estos pares de fechas se han documentado en otras partes de Mesoamérica, incluyendo el área maya (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016), pero el grupo E de Caracol –si es que su eje central preclásico fue idéntico al actual– sería uno de los ejemplos más tempranos.

Durante el Clásico Tardío fue construida al oriente del grupo E la Acrópolis Central (Chase y Chase 1987: 34; D. Z. Chase y A. F. Chase 1996). Su edificio central, A37, erigido a lo largo del eje de simetría del grupo E, pudo facilitar las observaciones de los ortos solares desde la pirámide oeste (Estructura A2), que en ese periodo alcanzó su altura actual, ligeramente rebasando la de la Estructura A37. La orientación de la Acrópolis Central, con su acceso en el lado poniente, no se puede establecer con precisión, pero es probable que registrara las puestas del Sol el 20 de abril y el 23 de agosto, separadas por un intervalo de 240 días.

Caracol, Cayo, Belice, grupos periféricos

Con base en las imágenes LiDAR fueron determinados los alineamientos para varias estructuras y conjuntos arquitectónicos que formaban parte del área conurbada de Caracol. Los grupos E en estos distritos de Caracol fueron construidos a más tardar en el Preclásico Tardío (Chase y Chase 2017: 49).

Del núcleo de Caracol conduce hacia el noreste un *sacbé* de casi 8 km de largo a Cahal Pichik (A. S. Z. Chase 2016; Chase y Chase 1995: 92; Chase *et al.* 2014; Morris y Ford 2005; Thompson 1931). El eje central del grupo E de este sitio, de tipo Cenote, posiblemente marcaba las salidas del Sol el 9 de febrero y el 1 de noviembre, separadas por 100 días y registradas también por el grupo E de Caracol (*v. supra*). El montículo central de la plataforma este del grupo E es unos metros más bajo que la pirámide oeste. La acrópolis norte (Estructura Q) está orientada solsticialmente; debido a que el azimut intencionado no se puede establecer con precisión, no es posible determinar si registraba los ortos del Sol en el solsticio de diciembre o sus ocasos en el solsticio de junio.

La calzada que conduce del núcleo de Caracol hacia el noreste y pasa por Cahal Pichik continúa hasta Hatzcap Ceel (A. S. Z. Chase 2016; Chase y Chase 1995; Chase *et al.* 2014; Morris y Ford 2005; Thompson 1931). El grupo E que forma parte de este conjunto de edificios es de tipo Cenote. Su eje central corresponde casi exactamente a los ortos solares el 11 de marzo y el 2 de octubre, separados por 160 días, así como a las puestas el 31 de marzo y el 12 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 días. Es muy probable que el alineamiento fuera observacionalmente funcional en ambas direcciones, considerando que los dos pares de fechas corresponden a los ejes centrales de varios grupos E (*v. capítulo 3*) y que la pirámide oeste (Estructura A) y el montículo central sobre la plataforma este (Estructura F) tienen alturas similares. Más aún, si recordamos que muchos edificios mesoamericanos fueron orientados astronómicamente y, a la vez, hacia las prominencias en el horizonte (Broda 1993; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2001; 2018a: 218s; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016; Tichy 1991), no parece fortuito que el eje central del grupo E de Hatzcap Ceel, prolongado hacia el poniente, pase por la cumbre de una elevación a 500 m de distancia; resulta altamente probable, por lo tanto, que el lugar para la construcción del conjunto fuera elegido con base en criterios tanto astronómicos como topográficos.

El grupo E en Cohune, ubicado a 6 km al norte del epicentro de Caracol (A. S. Z. Chase 2016; Chase *et al.* 2011; 2014), es de tipo Cenote. Por haber sido extensamente saqueado (Chase y Chase

2017: 50), su eje central no se puede establecer de manera confiable y su referente astronómico no es evidente.

Una calzada que conduce de Caracol hacia el noroeste pasa por el conjunto Ceiba (A. S. Z Chase 2016; Chase y Chase 2017: fig. 2.5; Chase *et al.* 2011; 2014), que cuenta con un grupo E de tipo Cenote, orientado solsticialmente. Su eje central posiblemente registraba las salidas del Sol en el solsticio de diciembre, pues la pirámide oeste es unos metros más alta que el montículo central sobre la plataforma este. La orientación de la estructura que parece ser una acrópolis triádica, ubicada al sur del grupo E, puede relacionarse con los extremos mayores de la Luna. Es probable que señalara los extremos lunares norte en el horizonte poniente, considerando que la orientación solsticial del grupo E parece haber sido funcional hacia el oriente. La asociación de las orientaciones que corresponden a los solsticios y extremos lunares, común en otras partes del área maya (Šprajc 2016; Sánchez *et al.* 2016), sugiere que se observaban los extremos de la Luna llena, visibles cerca de los solsticios en direcciones opuestas (v. detalles en el capítulo 3: Declinaciones).

Del *sacbé* que conecta el epicentro de Caracol con Ceiba se bifurca otra calzada hacia el sur, conduciendo al distrito de San Juan (A. S. Z. Chase 2016). En el grupo E de este sitio, de tipo Cenote, el montículo central sobre la plataforma este es ligeramente más alto que la pirámide oeste, pero ésta se encuentra muy saqueada. El eje central pudo haber registrado las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, separadas por un intervalo de 260 días, o sus salidas el 9 de febrero y el 1 de noviembre, separadas por 100 días. Recuérdese que la orientación del grupo E en el núcleo de Caracol corresponde a ambos pares de fechas (v. *supra*).

Ceiba (Caracol), Cayo, Belice

V. supra: "Caracol, Cayo, Belice, grupos periféricos".

Ceibal, Petén, Guatemala

Un conjunto de tipo Grupo E, variante Cenote, forma parte de la Plaza Central y se compone de la estructura piramidal A-20 y la plataforma oriente con la Estructura A-10 en su centro. La primera versión del complejo fue construida cerca del año 950 a. C., durante la fase Real 1, y la última durante el Clásico Tardío (Inomata *et al.* 2013; 2017). El azimut del eje central del conjunto, medido en campo, corresponde a la línea que conecta las cúspides de las Estructuras A-20 y A-10. El posible error no rebasa medio grado, como se ha podido comprobar al verificar el alineamiento en el modelo digital de elevaciones basado en los datos LiDAR y amablemente proporcionado por Takeshi Inomata, director del *Proyecto Arqueológico Ceibal-Petexbatún*. Aunque el azimut de este eje es válido para la última versión del complejo, datada para el Clásico, los datos arqueológicos indican que el alineamiento no ha cambiado perceptiblemente desde su primera fase, ya que diversos rasgos tempranos descubiertos en el curso de las excavaciones fueron localizados a lo largo de esta línea (etapas tempranas de la Estructura A-20, varias ofrendas, Monumento 1). Además, las primeras plataformas este, llamadas Xa'an y Saqpusin y construidas en el Preclásico Medio, se ubican bajo el piso de la plaza tardía, a varios metros al poniente de la plataforma oriental tardía, pero son paralelas a ella y perpendiculares al eje referido (Inomata y Triadan 2015; Inomata *et al.* 2013; 2017: 220s, fig.

1).⁶ El hecho de que el conjunto durante su larga historia conservó el mismo eje central y que la pirámide oeste permanecía en el mismo lugar, mientras que la plataforma este cambiaba de posición, refleja la importancia del alineamiento central, explicable en términos astronómicos, y la poca atención prestada a los alineamientos laterales, ya que éstos tenían en distintas etapas constructivas azimuts diferentes.

Durante el Preclásico, cuando el horizonte natural oriente era visible desde la Estructura A-20, el eje central del grupo E marcaba las salidas del Sol el 2 de marzo y el 10 de octubre, separadas por un intervalo de 143 (= 11 × 13) días y registradas por varios grupos E en la región (v. capítulo 3). En el Clásico Terminal, la Estructura A-10, la central sobre la versión tardía de la plataforma este, llegó a ser más alta que la Estructura A-20, bloqueando la vista al horizonte desde esta última. Tanto esta modificación como otros datos sugieren que el conjunto durante el Clásico perdió su función observacional. Al notar un marcado decremento demográfico en Ceibal durante el Clásico Temprano, relacionado con las escasas evidencias de la actividad ritual en la Plaza Central, Inomata *et al.* (2017: 228) comentan que en este periodo ocurrió un cambio mayor en la naturaleza del conjunto. También observan que la última versión de la Estructura A-20 –en contraste con la anterior, cuyo frente era paralelo a la plataforma este, orientada con el azimut de aproximadamente 7.4° y, por lo tanto, perpendicular al eje este-oeste del conjunto–, ya no mantuvo esta orientación, por lo que sugieren que, para el Clásico Tardío, el conjunto había perdido su significado y simbolismo originales. En efecto, los azimuts de los escalones expuestos en la base de la etapa tardía de la pirámide son de aproximadamente 4°. Es posible que este cambio refleje la intención de registrar otras fechas, es decir, que el uso observacional fuera transferido del eje central a la nueva orientación de la pirámide. Por ser imposible determinarla con suficiente precisión, la hipótesis no se puede verificar, pero es obvio que la versión tardía del conjunto ya no tenía su significado original. Es por ello que los datos sobre los alineamientos laterales en la versión final del complejo no se han incluido en los análisis y en la tabla 3.1 (lateral norte: A = 69°11' ± 1°; lateral sur: A = 119°20' ± 1°).

Aunque, en vista de los argumentos expuestos, el grupo E durante el Clásico ya no sirvió para fines observacionales, la orientación originalmente plasmada en este complejo arquitectónico fue evidentemente importante para los habitantes de Ceibal también en los siglos que siguieron el periodo Preclásico, ya que la Estructura A-24, cuya última versión es del Clásico Tardío-Terminal, tiene una orientación muy similar; además, a juzgar por los planos de la Operación 200B, amablemente proporcionados por Takeshi Inomata (septiembre de 2019), tal orientación la manifiestan las subestructuras Saq', Kaaxkut y Kelko, indicando que estaba presente al menos desde la fase Escoba-Mamom 2 (600 - 450 a. C.) (Triadan *et al.* 2017: 237ss). Aún más indicativa es la Estructura A-3, erigida en el Clásico Terminal, pero también con etapas más tempranas (Smith 1968; Triadan 2012: 155). La orientación de este edificio es prácticamente idéntica a la del grupo E en la Plaza Central, pero pudo medirse con mayor precisión.⁷ Si bien esta estructura fue fuertemente reconstruida (Smith 1968), es razonable suponer que había suficientes elementos conservados en los que se basó la disposición

⁶ En los mapas publicados en las obras citadas, las plataformas Xa'an y Saqpusin no son exactamente paralelas a la plataforma este tardía. Esta discrepancia se debe a las inexactitudes del mapa esquematizado de Ceibal que fue elaborado hace varias décadas por el proyecto de la Universidad de Harvard y que el *Proyecto Arqueológico Ceibal-Petexbatún* ha usado para mostrar la localización de sus operaciones de excavación.

⁷ Recuérdese que, como ya fue advertido en el capítulo 3, las fechas que delimitaban el intervalo de 143 días tendían a ser 2 de marzo y 10 de octubre en el Preclásico y 3 de marzo y 11 de octubre en el Clásico, cuando fue erigida la Estructura A-3 (tablas 3.1 y 3.2). El cambio se debió a las variaciones en los elementos orbitales, mencionadas en el capítulo 2.

de los muros reconstruidos. Estos datos refuerzan la intencionalidad astronómicamente motivada del eje central del grupo E. No sobra recordar, además, que las orientaciones hacia los ortos solares el 2 de marzo y el 10 de octubre caracterizan los grupos E preclásicos y edificios contemporáneos de otros tipos en varios sitios (v. capítulo 3; Sánchez y Šprajc 2015). Pero es digno de notar que el grupo E de Ceibal representa el caso más temprano conocido al momento de este grupo de alineamientos.

Llama la atención el hecho de que, en los sitios mesoamericanos más o menos contemporáneos con la fase Real 1 en Ceibal, todas las orientaciones determinadas de manera confiable y conocidas al momento se relacionan con los solsticios y los días de cuarto del año (San Lorenzo, Laguna de los Cerros, Chiapa de Corzo y varios sitios a lo largo de la costa del Pacífico, los altares en la pirámide de Cuiculco: Aveni y Hartung 2000; Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2015). Los solsticios, fácilmente perceptibles por los extremos del desplazamiento anual del Sol por el horizonte, y los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre), que subdividen las dos mitades del año delimitadas por los solsticios, representan momentos naturalmente significativos del año trópico, por lo que no es de extrañar que hayan figurado como las referencias más elementales para ubicarse en el año de las estaciones (Šprajc 2018a: 205, 231). Según los datos disponibles por el momento, es en Ceibal donde por primera vez aparece una orientación diferente. Sin embargo, una reminiscencia de la importancia anterior de los solsticios podría estar materializada en el Escondite 118, datado para la fase Real 1: la ofrenda, una de las más tempranas en Ceibal, consistió en 12 hachas de piedra verde, colocadas paralelamente en la dirección desviada unos 20° al sur del eje central del grupo E, es decir, aproximadamente en la dirección solsticial (Aoyama *et al.* 2017: 706; Inomata y Triadan 2015: 63). Por otra parte, parece significativo que 11 de estas hachas fueron depositadas en un mismo nivel (una, la más pequeña, estaba en un nivel más alto y tal vez no formaba parte del depósito original), en lo que quizá podamos ver una alusión a las 11 trecenas (143 días) que separaban las fechas marcadas por el eje normativo del conjunto.

En Ceibal también se midió la orientación de la Estructura C-79, construida en el Clásico Terminal, pero con etapas más tempranas (Smith 1968). El edificio de planta circular, con un recinto rectangular en su parte superior y con la escalinata de acceso del lado poniente, probablemente fue orientado hacia las puestas del Sol el 13 de abril y el 31 de agosto, separadas por 140 días y registradas por varias orientaciones en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015: 80, tabla 7).

Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos

Con base en los datos LiDAR para el área de Ceibal se determinaron los alineamientos incorporados en los siguientes grupos E: Anonal, El Cruce, El Edén, El Rodeo, Iberia, La Felicidad, La Nueva Libertad, Unidad AD16-3 y Unidad AI11-48. Los materiales obtenidos mediante los sondeos y las recolecciones de superficie indican que estos grupos, todos de tipo Cenote, fueron construidos durante el Preclásico Medio, aunque fueron sujetos a remodelaciones posteriores (Inomata *et al.* 2018: 16ss, fig. 8).

La orientación del conjunto de Anonal es aproximadamente cardinal, pero el azimut determinado para el eje central es poco confiable, ya que la estructura oeste es un montículo bajo de forma bastante irregular. En vista de que el montículo central sobre la plataforma este es cerca de 10 m más alto que el montículo oeste y que la línea del horizonte poniente se encuentra considerablemente más lejos que la del horizonte oriente, es probable que el eje central del conjunto fuera observacionalmente funcional hacia el poniente, marcando los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre).

El eje central del grupo de El Edén probablemente marcaba –así como el grupo E de Ceibal– las salidas del Sol el 2 de marzo y el 10 de octubre, con un intervalo intermedio de 143 días. El montículo central de la plataforma este es 2 m más alto que el montículo oeste, pero ambos están dañados por saqueo, por lo que es posible que el horizonte natural este fuera visible desde el montículo oeste.

Los ejes centrales de los grupos El Cruce, Iberia y La Felicidad parecen haber señalado las salidas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre, separadas por un intervalo de 160 días. En las formas actuales de estos grupos, el montículo oeste es unos metros más bajo que el central en la plataforma este, por lo que también es posible que fueran astronómicamente funcionales hacia el poniente, marcando las fechas 31 de marzo y 12 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días, o 29 de marzo y 14 de septiembre, que delimitan un intervalo de 169 (= 13 × 13) días.

En el grupo E de La Nueva Libertad, la estructura oeste es unos 3 m más baja que la central en la plataforma este. El conjunto, desviado de los rumbos cardinales en sentido antihorario, probablemente fue orientado hacia las puestas del Sol en las fechas 2 de marzo y 10 de octubre, señaladas por los grupos E de Ceibal y El Edén en el horizonte oriente (*v. supra*).

Los grupos El Rodeo y Unidad AD16-3 tal vez fueron orientados hacia los ortos solares el 14 de marzo y el 30 de septiembre, separados por un intervalo de 200 días. No obstante, en ambos casos el montículo central sobre la plataforma este es unos 3 m más alto que el montículo oeste; quizá ambos grupos registraran las puestas del Sol en los días de cuarto del año. Es de notar que, debido a las deformaciones de los montículos de Unidad AD16-3, ocasionadas por saqueos, los alineamientos determinados son poco confiables.

El eje central de Unidad AI11-48 podría relacionarse con los ortos solares el 11/12 de febrero y el 29/30 de octubre, separados por 260 días; no obstante, el montículo oeste es unos 10 m más bajo que el central en la plataforma este.

Cenote, Petén, Guatemala

El grupo E de este sitio, epónimo del tipo Cenote de estos conjuntos, se compone de las Estructuras C5 (pirámide oeste) y C1 (plataforma este). Sus últimas versiones datan de finales del Preclásico Tardío o inicios del Clásico Temprano, pero tienen etapas anteriores (Chase 1983). El eje longitudinal de la plataforma este, con el azimut de cerca de 7.5°, es casi perpendicular al eje central del grupo, que posiblemente señalaba los ortos solares en las fechas 2 de marzo y 10 de octubre, separadas por 143 (= 11 × 13) días.

Chanchich, Petén, Guatemala

El sitio, ubicado a 6 km al noreste de Cival, incluye un grupo E de tipo Cenote. Sus varias etapas constructivas son del Preclásico Tardío (Fialko 2005b; Estrada-Belli 2015: 16s; 2017: 295). El eje central probablemente registraba las fechas 11 de marzo y 2 de octubre en el horizonte oriente, con un intervalo intermedio de 160 días, o tal vez las puestas del Sol el 29 de marzo y el 14 de septiembre, separadas por 169 (= 13 × 13) días. La pirámide oeste y el montículo central sobre la plataforma este tienen alturas similares. La acrópolis triádica al norte del grupo E parece tener la misma orientación.

Cheyokolnah, Campeche, México

La Estructura 1-a, la principal de este sitio (v. detalles en: Šprajc y Flores 2008: 81-89; García López 2008), probablemente registraba las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre, separadas por 260 días y señaladas por el grupo de orientaciones más difundido en las tierras bajas mayas (Šprajc 2008; Sánchez y Šprajc 2015: 129).

Chicaanticaanal, Campeche, México

Para los detalles sobre este sitio, v. Šprajc y Flores (2008: 89-91). El eje central del grupo E, de tipo Cenote, probablemente registraba las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre, separadas por 260 días (Šprajc 2008; Sánchez y Šprajc 2015: 129).

Chumuk, Cayo, Belice

El sitio no ha sido objeto de exploraciones arqueológicas (Arlen Chase, com. personal, septiembre de 2020). Situado a 22 km al norte de Caracol, cuenta con un grupo E, aparentemente de tipo Cenote, en el que la pirámide oeste y la parte elevada en el centro de la plataforma este –al parecer los restos de la estructura central– tienen alturas similares. El eje central parece haber sido alineado a los extremos mayores de la Luna, pero la direccionalidad intencionada no se puede establecer (v. capítulo 3: Declinaciones).

Cival, Petén, Guatemala

El sitio cuenta con varios grupos E de tipo Cenote. El principal en el centro tiene varias etapas constructivas. La plataforma este en su primera versión parece datar del siglo 9 a. C. y su última remodelación de los finales del Preclásico Tardío. A lo largo del eje central del grupo fueron encontradas varias ofrendas, recalcando su importancia (Estrada-Belli 2011: 74ss; 2017: 296ss). La plataforma oriental, cuyo eje longitudinal tiene el azimut de 179.4° aproximadamente, no es exactamente perpendicular al eje central este-oeste del conjunto. Su orientación es parecida a la que manifiestan otros edificios en el núcleo del sitio, sugiriendo que el azimut del eje central del grupo E en sus primeras etapas constructivas era ligeramente más grande del que aparece en la tabla 3.1 (correspondiendo a la línea que conecta la cumbre de la última versión de la pirámide oeste con el montículo central de la plataforma este). De ser así, este eje, ligeramente desviado al norte del este, probablemente marcaba los ortos solares en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre). No obstante, el alineamiento ya no pudo ser funcional cuando la acrópolis triádica (Grupo 1), construida durante el Preclásico Tardío inmediatamente al oriente, alcanzó su altura actual, rebasando por varios metros la altura de la pirámide oeste del grupo E e impidiendo la vista hacia el horizonte oriente. También en este periodo fue erigida, al poniente del grupo E, la Estructura 20 (Estrada-Belli 2011: 75s; 2017: 303s), pero el horizonte oriente tampoco pudo verse desde este edificio piramidal, varios metros más bajo que el edificio central del conjunto triádico.

Otros grupos E de Cival parecen haber sido construidos en el Preclásico Tardío (Estrada-Belli 2017: 303). El grupo E este se localiza al sureste del grupo triádico y en un nivel más bajo, por lo que no pudo ser astronómicamente funcional hacia el oeste. La orientación de la plataforma este es similar a la que manifiestan otros edificios en el núcleo del sitio; el azimut de su eje longitudinal es aproximadamente 179.1°, pero no es perpendicular al eje central este-oeste del grupo, que muy probablemente registraba las salidas del Sol en las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, separadas por 160 días y señaladas por varios grupos E (v. capítulo 3). Los grupos E norte y oeste (este último denominado Oeste Lejano por Estrada-Belli, 2017) tienen orientaciones prácticamente idénticas, que parecen haber sido funcionales hacia el poniente. Sus ejes centrales corresponden a las puestas del Sol el 14 de marzo y el 30 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días y visibles en el horizonte natural. Aunque la pirámide oeste es en ambos grupos más alta que el montículo central sobre la plataforma este, es probable que el observador parado sobre éste último hubiera visto el horizonte natural por encima de la pirámide; además, el grupo E oeste se ubica al poniente de varias estructuras y en un nivel más bajo, por lo que no pudo ser funcional hacia el oriente. Cabe mencionar que las puestas del Sol en las mismas dos fechas probablemente pudieron observarse desde la cúspide del edificio central de la acrópolis triádica (Grupo 1) por encima de la Estructura 20, ya que la declinación correspondiente a este alineamiento ($A = 267.336^\circ \pm 0.5^\circ$, $H_w = 1.4^\circ$) es $-2.23^\circ \pm 0.5^\circ$, casi igual a las registradas por los grupos E norte y oeste (tabla 3.1).

Los alineamientos discutidos aquí se establecieron con base en las imágenes basadas en los datos LiDAR y amablemente proporcionadas por Francisco Estrada-Belli. Es por ello que los datos correspondientes en varios casos discrepan de los determinados anteriormente (Estrada-Belli 2017). Estrada-Belli (*ibid.*) menciona cinco grupos E en Cival, considerando que también la Estructura 20 y la plataforma este del grupo E principal conformaban un conjunto de este tipo. Por tratarse de una conformación atípica (entre ambas estructuras se sitúa la Estructura 9, que es la pirámide oeste del grupo E propiamente dicho), los datos para este arreglo no se han incluido en los análisis y en la tabla 3.1. Según Estrada-Belli (2017: 299s, fig. 9.4), las líneas laterales de esta conformación son paralelas a las que conectaban la Estructura 9 con los extremos de la versión temprana de la plataforma este. Por ser imposible determinar estas líneas en los datos LiDAR, y al desconocer los detalles de la secuencia constructiva del conjunto, los datos para los alineamientos laterales en la tabla 3.1 corresponden a las líneas que conectan la Estructura 9 con los extremos de la versión final de la plataforma este, visible en la actualidad.

Cival Noreste, Petén, Guatemala

A 1.7 km al noreste del núcleo de Cival se ubica un grupo E que denominé Cival Noreste y cuyo eje central parece haber señalado las salidas del Sol el 14 de marzo y el 30 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días. Las fechas valen para el horizonte natural, pero cabe notar que, en la versión actual del conjunto, el horizonte no hubiera sido visible desde la pirámide oeste, porque el montículo central sobre la plataforma este es más alto.

Cival Suroeste, Petén, Guatemala

Con este nombre fue designado el grupo E ubicado a 800 m al noreste de Sisia' (v. *infra*) y a 2.8 km al sursuroeste de Cival, con el que está conectado con una calzada (Francisco Estrada-Belli, com.

personal, septiembre de 2020). Se trata de un arreglo atípico, ya que el montículo central sobre la plataforma este no está desplazado hacia el este. El eje central del grupo corresponde a las puestas del Sol en los días de cuarto del año. El montículo piramidal oeste es considerablemente más bajo que el central sobre la plataforma este, apoyando la direccionalidad poniente del alineamiento.

Cohune (Caracol), Cayo, Belice

V. supra: "Caracol, Cayo, Belice, grupos periféricos".

Curucuitz, Petén, Guatemala

El sitio floreció del Preclásico Medio al Clásico Tardío, teniendo ocupaciones fuertes en el Preclásico Tardío y el Clásico Tardío (Laporte *et al.* 1989a; Pinto y Acevedo 1988). El Grupo 7C-III consta de un conjunto de tipo Grupo E, variante Cenote. El eje central del grupo probablemente registraba las salidas del Sol en las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 días; las orientaciones de varios grupos E y de otros edificios corresponden a estas fechas (v. capítulo 3). El conjunto de la Plaza 7C-II parece haber marcado los ortos solares el 12 de febrero y el 30 de octubre, separados por 260 días y registrados por numerosas orientaciones en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015: 74ss, tablas 7 y 8).

El Cruce (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

El Edén (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

El Gallinero, Campeche, México

Para los detalles sobre este sitio y las orientaciones de sus edificios, v. Šprajc y Flores (2008: 38-40), García López (2008), Šprajc (2008) y Sánchez y Šprajc (2015: 153).

El Hospital (Naachtún), Petén, Guatemala

V. infra: "Naachtún, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

El Mirador, Petén, Guatemala

Para los detalles sobre este sitio y las orientaciones de sus edificios, v. Šprajc y Morales-Aguilar (2007), Šprajc *et al.* (2009) y Sánchez y Šprajc (2015: 154s).

El Rodeo (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: “Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos”.

El Saraguaté (Naachtún), Petén, Guatemala

V. infra: “Naachtún, Petén, Guatemala, grupos periféricos”.

El Tigre, Campeche, México

Para los detalles sobre este sitio y las orientaciones de sus edificios, v. Sánchez y Šprajc (2015: 156s). Las Estructuras 2 y 3 componen un grupo E atípico, ya que la plataforma este (Estructura 3) sostiene cinco montículos y no es simétrica al eje principal del conjunto, que conecta la Estructura 2 con el montículo mayor sobre la Estructura 3 y, prolongado hacia el oriente, pasa por la Estructura 4. Observando desde la cúspide de esta última, el Sol se ponía sobre la Estructura 2 en los días 11 de abril y 1 de septiembre, separados por 143 (= 11 × 13) días (figura 5.4).

El Zacatal, Campeche, México

Para los detalles sobre este sitio, v. Šprajc y Flores (2010) y Šprajc *et al.* (2014). Las Estructuras 2 (pirámide oeste) y 3 (plataforma este) componen un grupo E de tipo Cenote, siendo la primera más alta que la segunda. El eje central corresponde a los ortos solares el 2 de marzo y el 10 de octubre, separados por 143 días y marcados por diversos grupos E en el área estudiada (v. capítulo 3).

Guacamayo, Cayo, Belice

El sitio, ubicado a 7 km al sureste de Actuncan, no ha sido explorado arqueológicamente (Arlen Chase, com. personal, septiembre de 2020). Las estructuras, incluyendo un grupo E de tipo Cenote, están desviadas de los rumbos cardinales en sentido antihorario. El montículo oeste del grupo E está alargado en dirección norte-sur y prácticamente paralelo a la plataforma este, cuyo eje longitudinal tiene el azimut de $178.2^\circ \pm 0.5^\circ$. Las dos estructuras no son perpendiculares al eje central este-oeste, pero los montículos alargados que delimitan la plaza del grupo por los lados norte y sur son casi exactamente paralelos a este eje, al parecer recalando su importancia. El eje central está dirigido hacia las salidas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre; no obstante, la altura de la estructura oeste

rebasa la del montículo central sobre la plataforma este por tan sólo medio metro, por lo que el alineamiento también pudo haber sido funcional hacia el poniente, registrando las puestas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre. Ambos pares de fechas, cada uno delimitando un intervalo de 160 días, corresponden a diversas orientaciones en el área estudiada (v. capítulo 3).



Figura 5.4. El Tigre, vista desde la parte alta de la Estructura 4 hacia el poniente, a lo largo de la línea visual que pasa por el montículo principal de la Estructura 3 y la Estructura 2 al fondo.

Hatzcap Ceel (Caracol), Cayo, Belice

V. supra: "Caracol, Cayo, Belice, grupos periféricos".

Holmul, Petén, Guatemala

En la Plaza Este del sitio se localiza un grupo E de tipo Cenote, cuya última versión es del Clásico Tardío, pero sus inicios datan del Preclásico Tardío (Estrada-Belli 2011: 73). La pirámide oeste es más alta que el montículo central sobre la plataforma este. El eje central, aunque su referente astronómico no se puede establecer de manera convincente, tal vez marcaba los ortos solares el 14 de marzo y el 30 de septiembre, separados por 200 días, ya que las mismas fechas eran registradas por los alineamientos en Cival (*v. supra*) y probablemente también por el Grupo III de Holmul, fechado para el Clásico Tardío (Estrada-Belli 2005), pero en este caso en el horizonte poniente ($A = 86.76^\circ \pm 1^\circ$; $H_E = 0.19^\circ$; $H_W = 0.46^\circ$; $\delta_E = 2.99^\circ \pm 1^\circ$; $\delta_W = -3.10^\circ \pm 1^\circ$). La acrópolis inmediatamente al noroeste del

grupo E está desviada ligeramente al norte del este y posiblemente señalaba las salidas del Sol en los días de cuarto del año.

Holtún, Petén, Guatemala

Las etapas constructivas de los edificios de la Plaza B del Grupo F, que conforman un grupo E de tipo Cenote, corresponden a los periodos Preclásico Medio y Tardío (Callaghan *et al.* 2017; Cardona *et al.* 2017: 535ss). La pirámide oeste es más alta que el montículo central sobre la plataforma este. El eje central del conjunto probablemente señalaba las fechas 1 de marzo y 12 de octubre en el horizonte oriente, separadas por 140 días y registradas por varias orientaciones en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015: tabla 7).

Iberia (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

Ixchel, Cayo, Belice

El sitio, situado a 14 km al norte de Caracol (Chase *et al.* 2014; Iannone *et al.* 2014; Webster *et al.* 2007), incluye un grupo E de tipo Cenote, cuyo eje central corresponde a las posiciones solsticiales del Sol. Probablemente marcaba los ortos solares en el solsticio de diciembre, considerando que la pirámide oeste es más alta que el montículo central sobre la plataforma este y que una construcción inmediatamente al noroeste obstruye la vista hacia el horizonte natural en esa dirección.

Ix Kol, Petén, Guatemala

El sector central del sitio se localiza sobre un cerro y consiste en un complejo de tipo Grupo E, variante Cenote, construido en el Clásico Tardío (Laporte *et al.* 1989b: 35, fig. 2). La declinación que corresponde al eje central del conjunto en el horizonte oriente es casi equinoccial, pero es mucho más probable que el grupo registrara los días de cuarto del año en el horizonte poniente. La direccionalidad poniente del conjunto se ve apoyada no sólo por la ausencia de orientaciones equinocciales, tanto en el área maya como en Mesoamérica en general (v. capítulos 3 y 4), sino también por el hecho de que el montículo central de la plataforma este es más alto que la pirámide oeste, lo cual es una característica bastante común de los grupos E en el oriente de Petén (Chase y Chase 2017: tabla 2.1).

Ixkún, Petén, Guatemala

Las últimas remodelaciones del grupo E en la Plaza A, de tipo Cenote, son del Clásico Tardío, pero las etapas anteriores han de remontarse al Preclásico Tardío (Laporte y Mejía 2005; Chase y Chase 2017:

58). La plataforma este (Estructura 6), cuya estructura central es más baja que la pirámide oeste, es perpendicular al eje central del grupo, pero las fechas de salida y puesta del Sol correspondientes no parecen significativas. Es posible que el conjunto no fuera orientado a partir de criterios astronómicos.

Ixtontón, Petén, Guatemala

La Plaza Este del sitio consiste en un grupo E de tipo Cenote. Su primera etapa es del Preclásico Tardío. La segunda versión de la pirámide oeste se construyó a principios del Clásico Tardío, alcanzando 10.5 m de altura y siendo más alta que la plataforma este. Las últimas remodelaciones se realizaron hacia finales del Clásico, cuando la pirámide y la estructura central de la plataforma este alcanzaron las alturas de 11.3 y 13.6 m, respectivamente, sobre el nivel de la plaza (Laporte 1993; Laporte y Torres 1988). Las fechas de salida y puesta del Sol que corresponden al eje central no parecen significativas, sugiriendo que el grupo, al menos en su última versión, no era astronómicamente funcional.

Ixtutz, Petén, Guatemala

El grupo E en la Plaza A, compuesto por las Estructuras 2 (pirámide oeste) y la plataforma este, sobre la que se ubican las Estructuras 9, 10 y 11, es de tipo Uaxactún y parece datar del Clásico Tardío, aunque también se encontraron materiales del Clásico Temprano y Preclásico Tardío (Laporte y Escobedo 1992). La Estructura 2 es más alta que la Estructura 10, la central sobre la plataforma este. El eje central del grupo, prolongado hacia el poniente, pasa por la elevación cercana en la que se ubica el Grupo C (v. mapas en: Graham y von Euw 1980; Laporte y Escobedo 1992: fig. 3), por lo que la altura del horizonte en esta dirección no se puede establecer con precisión. En vista de la cercanía del horizonte oeste, es probable que el alineamiento central fuera funcional hacia el este, marcando las fechas 22 de febrero y 20 de octubre, separadas por 240 días y comúnmente registradas en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015: 79s, tablas 7 y 9).

K'ax Ba, Petén, Guatemala

El Grupo B del sitio (llamado también Caxeba) consiste en un conjunto de tipo Grupo E, variante Cenote, cuya versión actual parece datar del Clásico Tardío (Suasnávar *et al.* 1993). Su eje central (determinado en las imágenes de Google Earth, ya que el propietario del terreno nos negó el acceso) muy probablemente marcaba las salidas del Sol el 12 de febrero y el 30 de octubre, separadas por 260 días y registradas por el mayor número de orientaciones en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: 74ss, tablas 7 y 8). Parece significativo que el eje central prolongado hacia el oriente pasa por un cerro a poco más de 2.8 km de distancia, que hubiera sido visible desde la pirámide oeste, ya que su altura es similar a la del montículo central de la plataforma este (Suasnávar *et al.* 1993: 77s; Chase y Chase 2017: tabla 2.1). Las orientaciones hacia las prominencias en el horizonte local se han detectado en diversas partes de Mesoamérica, incluyendo el área maya (Broda 1993; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2001; 2018a: 218s; Šprajc y Sánchez 2015; Šprajc *et al.* 2016; Tichy 1991).

Kunal Sur (Naachtún), Petén, Guatemala

V. infra: "Naachtún, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

La Blanca, Petén, Guatemala

Para los detalles sobre las orientaciones en este sitio, v. Sánchez y Šprajc (2015: 160s).

La Felicidad (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

La Nueva Libertad (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

Naachtún, Petén, Guatemala

El grupo E de este sitio forma parte de la Plaza Norte del Grupo A. Las Estructuras XX (pirámide oeste) y XXIII (plataforma este) que lo componen han sido fechadas a la transición del Preclásico Tardío al Clásico Temprano (Hiquet 2018: 46ss; Reese-Taylor y Rangel 2013: 121; Walker y Reese-Taylor 2012: 22ss). El conjunto, con tres edificios sobre la plataforma este, es de tipo Uaxactún. Los datos obtenidos con el escaneo LiDAR y facilitados por Philippe Nondédéo (figura 5.5) muestran que la planta de la Estructura XX no es tan irregular como en el plano de Ruppert y Denison (1943: lám. 66) y que los montículos alargados que delimitan la plaza por sus lados sur y norte (Estructuras XIX y XXI) no están tan notablemente desviados respecto del eje central de la plaza como en el plano citado. Estos errores permanecieron en los planos recientes (Morton 2007; 2013; Nondédéo *et al.* 2018: mapa 2) hasta que fueron corregidos a partir de los datos LiDAR (Morales-Aguilar y Castanet 2016: fig. 16).

El eje de simetría este-oeste de la Estructura XX parece coincidir con el eje central del grupo, que corresponde con bastante precisión a las salidas del Sol en las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por un intervalo 200 días y registradas por varios grupos E y otros edificios (v. capítulo 3). El eje central del conjunto era evidentemente importante, como lo atestiguan un altar y varios depósitos rituales, encontrados a lo largo de este alineamiento en la Estructura XXIII-b, la central sobre la plataforma este (Nondédéo *et al.* en prensa). Además, el eje central prolongado hacia el oriente pasa por dos montículos a unos 500 m de distancia y alineados a lo largo del mismo eje (figura 5.5). No es irrelevante que, debido a la altura de la Estructura XX, la Estructura XXIII-b, aunque ubicada a lo largo del eje central del grupo, quedaba muy por debajo del horizonte y hubiera sido un marcador poco exacto de los ortos solares en la fecha indicada por el alineamiento. Esta función la pudieron haber cumplido los dos edificios mencionados, cuya altura angular, observando desde la Estructura XX, era alrededor de 0°, ligeramente por debajo de la altura del horizonte natural al fondo. La intencionalidad de tal relación espacial entre estos edificios es muy probable, en vista de

casos análogos en otros sitios, por ejemplo, en Caracol, Cival (*v. supra*), Nixtun-Ch'ich', Yaxhá (*v. infra*), El Mirador, Calakmul y Uxmal (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Morales-Aguilar 2007; Šprajc *et al.* 2009), así como en el mismo Naachtún (*v. infra*).

Mejía (2014: 1053) comenta, acertadamente, que las líneas visuales desde la Estructura XX hacia los extremos de la Estructura XXIII no alcanzan las direcciones solsticiales, pero que la correspondencia sería mejor para el observador sobre el altar central de la Plaza Norte. A partir de los datos disponibles podemos estimar que en este caso el Sol en los solsticios hubiera aparecido por encima de las Estructuras XXIII-a y XXIII-c, pero al desconocer sus alturas originales resulta imposible determinar los puntos con los que se hubiera alineado el Sol. En todo caso, un dispositivo observacional de este tipo habría sido de precisión muy baja, ya que las fechas marcadas hubieran dependido del punto exacto de observación e incluso de la altura del observador.

La Estructura XXIII, orientada con un azimut de 4.7° aproximadamente, no es perpendicular al eje este-oeste de la Plaza Norte, cuyo azimut es 92.9°. Sobre ella se encuentran parcialmente conservadas las Estructuras XXIII-a, XXIII-b y XXIII-c. Según las mediciones en campo, la orientación de las Estructuras XXIII-a y XXIII-b (edificios norte y central) concuerda con la de la plataforma (los azimuts medios de sus muros norte-sur y este-oeste son 5.10° y 94.25°), mientras que la Estructura XXIII-c en el extremo sur está, con respecto a otras dos, ligeramente desviada en sentido antihorario, como también lo muestra el plano de Ruppert y Denison (1943: lám. 66); el promedio de los azimuts de sus muros este-oeste (aprox. 92.8°) es cercano al del eje central del conjunto. Los motivos que resultaron en esta desviación son enigmáticos, pero podríamos suponer que la Estructura XXIII-c fue agregada en la última etapa del conjunto y que la desviación que respecto de la perpendicular al eje normativo del complejo manifiestan la Estructura XXIII y los otros dos edificios sobre ella representa la supervivencia de una orientación diferente plasmada en alguna etapa anterior del grupo. Tal conjetura podría ser reforzada si en la Estructura XX se encontrara alguna subestructura con la cúspide desplazada hacia el norte de la actual. Aunque por el momento no tenemos esta información, algunos datos son al menos congruentes con la hipótesis.

En las imágenes derivadas de los datos LiDAR, las Estructuras XIX y XXI, en los costados sur y norte de la Plaza Norte, respectivamente, parecen ser perpendiculares a la plataforma este de la plaza, en tanto que las bases este y oeste de la Estructura XX son al parecer paralelas a ella; en cambio, las bases norte y sur de esta pirámide parecen ser paralelas al eje central actual. Como ya se mencionó, las Estructuras XXIII-a y XXIII-b comparten la misma orientación; el valor medio de los azimuts medidos a lo largo de sus muros este-oeste es 94.25°, que en el horizonte oriente, cuya altura para el observador en la Estructura XXIII-b es cerca de 1.67°, corresponde a la declinación de -3.63° y, por lo tanto, a los ortos solares el 11 de marzo y el 2 de octubre, separados por 160 días y muy frecuentemente registrados por los grupos E y otros edificios (*v. capítulo 3*).

Algunas orientaciones que en el horizonte oriente corresponden a las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, en el horizonte poniente tendían a marcar las fechas 31 de marzo y 12 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 días, por lo que es probable que al menos algunas de estas orientaciones fueran astronómicamente funcionales en ambas direcciones (*v. capítulo 3*). Tal suposición es aplicable también a las Estructuras XXIII-a y XXIII-b de Naachtún –o a una versión temprana del grupo E–, considerando que su orientación corresponde en el horizonte poniente, cuya altura es aproximadamente 0.42°, a la declinación de 4.03° y, por consiguiente, a las fechas 31 de marzo y 12 de septiembre. Al crecer la Estructura XX –suponiendo que las observaciones se hacían desde su cumbre–, las alturas de ambos horizontes disminuyeron, resultando en que el mismo alineamiento ya no correspondía a los ortos y ocasos solares en las mismas fechas. Debido a que la línea del horizonte oriente lo conforma el terreno elevado a escasos 400 m de distancia, su altura

angular disminuyó de manera particularmente notable; podemos calcular que el mismo alineamiento hubiera correspondido a las salidas del Sol el 10 de marzo y el 3 de octubre, separadas por intervalos de 158 y 207 días, mientras que el cambio en las fechas de puesta del Sol hubiese sido menos marcado. Es decir, si la orientación temprana hubiera sido destinada para registrar las puestas del Sol separadas por 200 días (tal posibilidad no se puede descartar, considerando que la subestructura de la Estructura XX tenía su acceso del lado poniente: Reese-Taylor y Rangel 2013: 121) y si los constructores, al ampliar la Estructura XX, hubiesen tenido el mismo propósito, sólo se habría requerido una pequeña corrección del azimut. Sin embargo, el hecho de que la escalinata de la versión final de la Estructura XX está en su lado oriente sugiere que se dio mayor importancia a los eventos en el horizonte oriente. Ahora bien, la corrección del alineamiento necesaria para que las salidas del Sol siguieran delimitando un intervalo de 160 días hubiera sido menor que la que al parecer se aplicó y con la que se logró el intervalo de 200 días. Es decir, si el eje central de la Plaza Norte es resultado de una corrección, indica que se atribuyó mayor importancia al intervalo de 200 días. No está de más subrayar que el escenario presentado es hipotético. Sin embargo, la importancia del intervalo de 200 días en Naachtún está atestiguada también en orientaciones de otros edificios.

La Estructura I (conjunto triádico) fue construida durante el Clásico Temprano (Hiquet 2018: 41ss). Exactamente paralela al alineamiento formado por las Estructuras I-a (este) y I-c (oeste) del grupo es la línea que conecta dos montículos localizados a unos 50 m al norte de la Estructura I (figura 5.5). Esta orientación fue seguramente destinada para registrar las mismas fechas en el horizonte oriente que la Plaza Norte: resulta significativo que el alineamiento formado por las Estructuras I-a y I-c, prolongado hacia el oriente, pasa por la Estructura XXXVIII (o 6O3), el templo piramidal más oriental del área monumental, erigido en el Clásico Tardío (Michelet y Nondédéo 2012) y localizado a 1100 m de distancia (figura 5.5). Según los datos LiDAR, el terreno natural sobre el que se construyó la Estructura XXXVIII formaba la línea del horizonte en esta dirección, ya que estaba a unos 13 m arriba del nivel del observador situado sobre alguno de los edificios de la Estructura I y tenía la altura angular de 0.67° , considerada en el cálculo de la declinación este y de las fechas correspondientes (tabla 3.2). Cuando se construyó la Estructura XXXVIII, su altura angular para el observador en la Estructura I debió ser cerca de 1.3° , pero la declinación y las fechas correspondientes siguieron casi las mismas, por lo que es probable que las observaciones desde la Estructura I pudieran realizarse todavía en el Clásico Tardío.⁸

Cabe señalar que parece haber existido un camino para procesiones rituales, que conducía desde la Estructura I a la Estructura XXXVIII y cuyo primer tramo coincidía con la calzada Balam (Morales-Aguilar 2014) y el resto fue marcado por diversos monumentos de piedra (Morton 2007; Walker y Reese-Taylor 2012: 8, 58ss, fig. 6). La Estructura XXXVIII tenía su escalinata del lado poniente (Ruppert y Denison 1943: 49; Michelet y Nondédéo 2012) y posiblemente estaba orientada hacia la Estructura I, como lo sugieren las orientaciones de algunos montículos alargados adyacentes (figura 5.5). Es probable, por lo tanto, que la Estructura XXXVIII fuera erigida deliberadamente a lo largo del eje de orientación de la Estructura I, localizada en el sector más temprano del sitio, que parece haberse vuelto “un lugar sagrado y funerario durante todo el periodo Clásico”, cuando la parte oriental del sitio, con la llamada Plaza Río Bec, “se volvió uno de los principales lugares público-ceremoniales del asentamiento” (Nondédéo *et al.* 2013: 125, 129).

⁸ Hay que advertir que es imposible determinar los datos para este alineamiento con toda precisión, ya que no sabemos cuál de los edificios de la Estructura I servía como punto de observación (pudo haber sido, por ejemplo, la Estructura I-b en el lado sur del conjunto) y tampoco podemos determinar el lugar exacto del edificio superior de la Estructura XXXVIII y su altura.



Figura 5.5. Visualización del modelo digital de elevaciones, basado en los datos LiDAR, del núcleo urbano de Naachtún, con los alineamientos discutidos en el texto (visualización: Žiga Kokalj).



Figura 5.6.
Naachtún,
Estructura
XXXIX, lado
oriente.

La Estructura XXXIX (o 6O4, en la Plaza Río Bec, figura 5.6), fechada al Clásico Tardío-Terminal (Walker y Reese-Taylor 2012: 58; Michelet y Nondédéo 2012; Nondédéo *et al.* 2013: 133ss), parece haber tenido el acceso del lado poniente (Nondédéo *et al.* 2013: 135), lo que concuerda con la direccionalidad más probable de su orientación, que al parecer marcaba las puestas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, nuevamente separadas por un intervalo de 200 días. Cabe notar que, según se desprende de la imagen LiDAR, la Estructura XXVIII (dos plataformas alargadas con planta en forma de T), al noroeste de la Estructura XXXIX, comparte con ésta la misma orientación (figura 5.5).

Naachtún, Petén, Guatemala, grupos periféricos

A partir de los datos LiDAR pudieron determinarse los alineamientos en tres grupos E, todos de tipo Cenote. El grupo E de Kunal Sur, ubicado a 4 km al sureste de Naachtún, podría fecharse para el Preclásico Medio o Tardío (Morales-Aguilar *et al.* 2018; Nondédéo *et al.* 2020). Tanto la pirámide oeste como la plataforma este están muy dañadas y el azimut del eje central no es muy confiable. No obstante, es interesante que, prolongado hacia el poniente, este eje parece pasar por la Estructura XXXVIII de Naachtún, a la que también está orientada la Estructura I de ese sitio (*v. supra*). La pirámide oeste del grupo E es considerablemente más alta que la plataforma este; el eje central corresponde a las salidas del Sol el 19 de febrero y el 22 de octubre, separadas por 120 días, pero las observaciones sólo hubieran sido posibles antes de construirse la pirámide que se eleva inmediatamente al oriente del grupo, obstruyendo la vista hacia el horizonte oriente natural.

El eje central del grupo E en el conjunto El Saraguaté, ubicado a 2.7 km al suroeste de Naachtún, corresponde a las puestas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre, separadas por 160 días. Las fechas valen para el horizonte natural. Desde el montículo central sobre la plataforma este, que es más baja que la pirámide oeste, estos eventos sólo pudiesen haberse observado si en alguna etapa anterior la pirámide era más baja.

En el grupo E del conjunto de estructuras El Hospital, situado a 8 km al suroeste de Naachtún (Nondédéo *et al.* 2020), la pirámide oeste es más alta que el montículo central sobre la plataforma este y el eje central corresponde a los ortos solares el 2 de marzo y el 10 de octubre, separados por 143 (= 11×13) días y registrados por diversos grupos E en el área estudiada (v. capítulo 3).

Nakbé, Petén, Guatemala

Para los detalles sobre este sitio y las orientaciones de sus edificios, v. Šprajc y Morales-Aguilar (2007) y Sánchez y Šprajc (2015: 168).

Nakum, Petén, Guatemala

Un conjunto de tipo Grupo E, variante Uaxactún, forma parte de la Plaza Central. La Estructura C (pirámide oeste) y las varias etapas constructivas de la Estructura A, que con los edificios laterales adosados funciona como la plataforma este, son del Clásico Tardío-Terminal (Aquino y Barrios 2010; Hermes y Calderón 2003; Noriega 1999; Žračka 2008: 33ss; Žračka y Hermes 2012). Al realizar las mediciones consideré que el eje central del grupo corresponde a la línea desde el punto central de la entrada al santuario superior de la Estructura C (foto en la portada) hasta el punto medio de la entrada central de la Estructura A. Con este eje ($A = 93.31^\circ \pm 0.3^\circ$) concuerda la orientación de la Estructura A (los azimuts de sus paramentos norte-sur y este-oeste son $3.5^\circ \pm 0.5^\circ$ y $93.5^\circ \pm 0.5^\circ$, respectivamente), mientras que el edificio superior de la Estructura C tiene una orientación diferente (los azimuts de sus muros norte-sur y este-oeste son $6.5^\circ \pm 0.5^\circ$ y $95.5^\circ \pm 1^\circ$, respectivamente). Las fechas que corresponden al eje central en la tabla 3.1 valen para el horizonte natural. Sin embargo, observando desde la entrada al santuario superior de la Estructura C a lo largo del eje central, la altura angular actual de la crestería de la Estructura A (originalmente no parece haber sido mucho mayor) es de aproximadamente 2.12° (tomando en cuenta la altura del observador en el santuario), rebasando la altura del horizonte natural oriente al fondo. La declinación correspondiente es -2.62° , alcanzada por el Sol en las fechas 14 de marzo y 30 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días. Es posible, por ende, que la disposición de ambos edificios obedeciera al deseo de formar un alineamiento observacionalmente funcional, si bien es justo advertir que tal funcionalidad no es apoyada por la orientación de la Estructura C, que no coincide con el eje central del complejo.

Dado que la Estructura A tiene varias etapas constructivas, no es imposible que, en alguna fase temprana del conjunto, la estructura central sobre la plataforma este quedara para el observador en la pirámide oeste por debajo del horizonte natural. Las fechas válidas para tal situación y para el azimut del eje central medido en la versión final del grupo (tabla 3.1) no permiten una propuesta convincente, pero si el azimut fuera cerca de 0.3° más grande, correspondería en el horizonte oriente a las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, separadas por un intervalo de 160 días. La existencia de tal alineamiento no se puede verificar, pero la idea no es inverosímil: cabe notar que, aunque la presencia de un grupo E anterior a su forma final es cuestionable (los sondeos en la Estructura C no han detectado subestructuras: Žračka y Hermes 2012: 172), las fechas mencionadas podrían haber sido registradas por la Estructura A, que en sus primeras etapas tenía la escalinata en el lado oriente (Žračka 2008: 33) y cuyo azimut medio este-oeste parece ser ligeramente más grande que el del eje central del conjunto (v. *supra*). Además, la hipótesis es congruente con la importancia del intervalo de 160 días, indicada por otras orientaciones en Nakum, discutidas más adelante.

Otro conjunto de tipo Grupo E forma parte de la Plaza Norte y es de tipo Cenote, pero el lugar de la pirámide oeste lo ocupa la Estructura 96, una plataforma baja de apenas 2 m de altura. Su orientación no se puede establecer, pero la plataforma este es perpendicular al eje central del grupo, medido desde el centro de la Estructura 96 al punto medio de la Estructura X, la central sobre la plataforma este. La forma actual del grupo, a la que corresponden los datos en la tabla 3.1, es del periodo Clásico, pero su primera versión data del Preclásico Medio (Žračka *et al.* 2017). Desde la etapa más temprana, el observador sobre la plataforma oeste, debido a su baja altura, probablemente no podía ver el horizonte natural este por encima de la primera etapa de la Estructura X (*ibid.*: fig. 3: C), por lo que es razonable suponer que el eje central del grupo era astronómicamente funcional hacia el poniente, marcando las fechas 31 de marzo y 12 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días. Un entierro del Preclásico Medio, encontrado en la Estructura X a lo largo de su eje central, recalca la importancia de este alineamiento (*ibid.*: 456s), que fue conservado durante el Clásico, cuando la Estructura X fue ampliada y remodelada y cuando varios individuos de alto estatus fueron enterrados en este edificio, con suntuosos ajuares funerarios que incluían vasijas cerámicas con representaciones del dios solar. Considerando que una de las tumbas excavadas probablemente albergaba a un rey y que los gobernantes mayas comúnmente personificaban al dios del Sol, Žračka *et al.* (2017: 469) sugieren que, durante el Clásico, el grupo E fue transformado en un santuario sepulcral destinado para la veneración de los ancestros:

The transformation of Pyramid X from an E-Group to an eastern shrine may be envisioned as a transformation from a place where the Sun was observed and worshipped and where other important ritual activities were conducted by Preclassic Maya (including those aimed at legitimizing the power of the earliest Maya kings) to a place where—due to the growing strength of the Maya elites—deceased and deified kings were worshipped as the Sun Deity during the Classic. (Žračka *et al.* 2017: 473)



Figura 5.7.
Nakum,
Estructura E,
vista hacia el
noroeste.

No obstante, no hay indicios de que la transformación referida conllevara el abandono de la función observacional del conjunto, ya que, según los datos arqueológicos, su eje central no fue

alterado perceptiblemente y corresponde a las puestas del Sol 31 de marzo y 12 de septiembre, registradas por varios grupos E (v. capítulo 3). La direccionalidad poniente del alineamiento es adicionalmente apoyada por el contexto arqueológico. Aunque Źrařka *et al.* (2017: 472) opinan que el simbolismo solar de los objetos excavados es recalcado con la posición de la Estructura X en el lado oriente de la plaza, hay que recordar que la deidad solar representada en las piezas cerámicas es el Dios Jaguar del Inframundo, asociado con el aspecto nocturno del Sol (*ibid.*: 463, 473). Así como los restos de animales marinos que acompañaban el posible entierro real pueden interpretarse como metáforas del mundo acuático y de la fertilidad (*ibid.*: 470), también el Sol Nocturno estaba relacionado con el agua, el maíz y la fertilidad y, además, con la Luna y Venus como estrella de la tarde, con los que compartía el mismo simbolismo, pero los tres astros dominaban el lado poniente del universo (Klein 1980; Milbrath 1999: 105ss, 130; Šprajc 1996a; 1996b: 187s; 2004; 2018b).

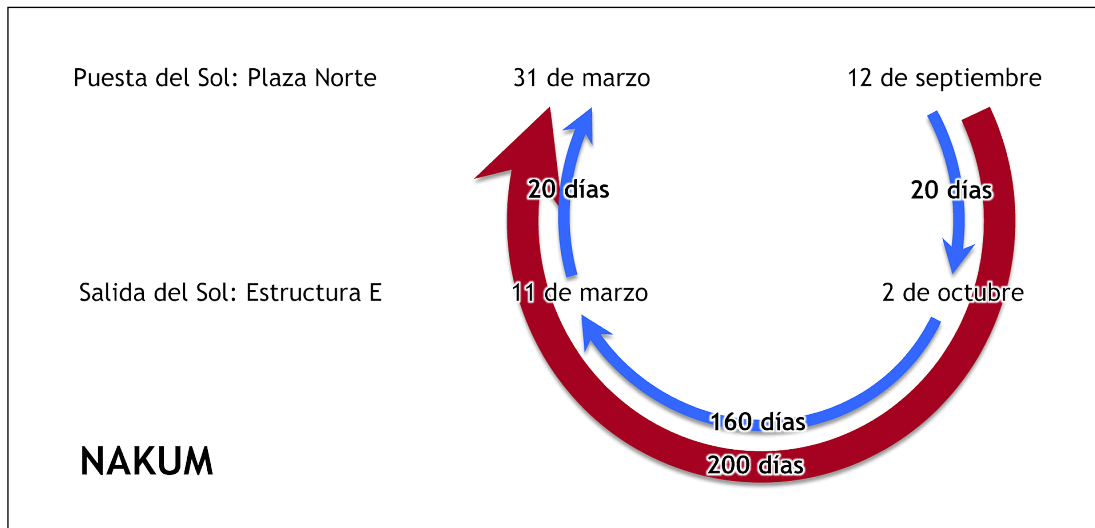


Figura 5.8. Esquema de un posible calendario observacional de Nakum.

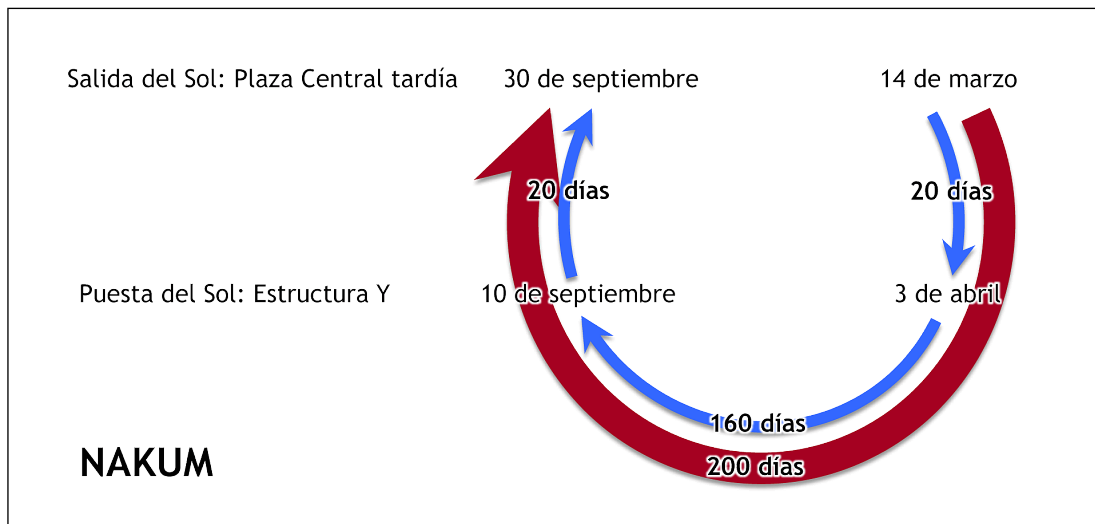


Figura 5.9. Esquema de otro posible calendario observacional de Nakum.

La Estructura E, situada sobre la Acrópolis (llamada Central o Sur en diferentes publicaciones), es un templo piramidal del Clásico Tardío, con etapas anteriores del Clásico Temprano (Hermes y Calderón 2003; Quintana 2014; Źrařka 2008: 34; Źrařka y Hermes 2012). Teniendo su entrada en el lado oriente (figura 5.7), marcaba las salidas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre, separadas por

160 días. Parece que, para el observador parado en estas fechas en la entrada al santuario superior, el Sol salía alineado con el borde norte del templo superior de la Estructura U, ya que, según el mapa de Nakum (Quintana y Wurster 2002), por allí pasa el eje de simetría de la Estructura E, prolongado hacia el oriente; debido a que el piso del edificio superior de la Estructura E se encuentra unos metros arriba del nivel de la plataforma superior de la Estructura U, el orto solar se habría visto sobre el horizonte natural al fondo. En la actualidad la vegetación obstruye la vista desde la Estructura E hacia el oriente, por lo que la hipótesis no se pudo verificar en campo.

La Estructura Y, la más alta de la Acrópolis, fue construida en el Clásico Terminal (Calderón *et al.* 2008: 491; Hermes y Calderón 2003; Žračka y Hermes 2012). Su orientación, medida a lo largo de su fachada norte, corresponde con precisión a las puestas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre, con un intervalo intermedio de 160 días.

La orientación de la Estructura N, del Clásico Tardío (Hermes y Calderón 2003; Noriega y Hermes 2000; Quintana 2014; Žračka y Hermes 2012), no parece haber sido astronómicamente funcional, tal vez porque el edificio se ubica en una parte baja de la Acrópolis.

La Estructura U, situada al oriente de la Acrópolis, es un templo piramidal del Clásico Tardío (Aquino y Barrios 2010: 79; Hermes y Calderón 2003: 312; Žračka 2008: 82s). Su santuario superior, mirando con su entrada hacia el poniente, tiene muros divergentes y su orientación no se puede establecer de manera confiable, pero posiblemente marcaba las puestas del Sol en los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre), que desde la entrada pudiesen haber sido visibles sobre el horizonte natural, por encima de la Acrópolis y al sur de la Estructura E.

Las fechas marcadas por algunas orientaciones en Nakum pueden incorporarse en un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 20 días (figura 5.8): el periodo de 200 días, del 12 de septiembre al 31 de marzo –fechas de puesta del Sol señaladas por la Plaza Norte–, es subdividido en periodos de 20 y 160 días por las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, marcadas por las salidas del Sol frente a la Estructura E y, posiblemente, a lo largo del eje central de alguna versión temprana de la Plaza Central (*v. supra*). Y si el eje central de la última versión de la Plaza Central era observacionalmente funcional, marcando las apariciones del Sol sobre la crestería de la Estructura A el 14 de marzo y el 30 de septiembre, como parece posible (*v. supra*), estas fechas y las registradas por la Estructura Y en el horizonte poniente podrían haberse integrado en otro esquema con los mismos intervalos (figura 5.9).

Naranjal, Petén, Guatemala

Un conjunto de tipo Grupo E, variante Cenote, forma parte del núcleo del sitio. Su forma actual es del Clásico Tardío, pero su primera etapa podría ser del Preclásico Tardío (Atlas Arqueológico de Guatemala 2008: 246s, 271). Laporte *et al.* (2006: 21s) atribuyen a la pirámide oeste y al edificio en la parte media de la plataforma este las alturas de 16 y 15 m, respectivamente, pero en la actualidad el montículo central de la plataforma, deformado a raíz de saqueos, no alcanza tal altura. La plataforma este, con el azimut aproximado de 9.6°, no es exactamente perpendicular al eje este-oeste del grupo (*cf.* plano en: Atlas Arqueológico de Guatemala 2008: 272), que posiblemente marcaba las salidas del Sol el 1 de marzo y el 12 de octubre, separadas por 140 días. Si la orientación actual de esta plataforma indica que el eje central de alguna etapa anterior del grupo era más perpendicular a ella, podría referirse a las puestas del Sol el 11 de abril y el 1 de septiembre, con un intervalo intermedio de 143 (= 11 × 13) días.

Naranja, Petén, Guatemala

Las Estructuras B-18 (Edificio de la Escalinata Jeroglífica) y B-20, que delimitan la Plaza Central por sus lados poniente y oriente, respectivamente, conforman un grupo E, que representa una versión poco común del tipo Cenote, ya que la plataforma este (Estructura B-20) sostiene un solo montículo en su centro, pero éste no está desplazado al oriente del eje longitudinal de la plataforma. Ambas construcciones, cuyas primeras versiones son del Preclásico Tardío, alcanzaron sus dimensiones actuales en el Clásico Tardío (Fialko 2005a; Gámez 2004). Según Quintana y Wurster (2004: 165), la Estructura B-20 “demuestra una orientación extraordinariamente exacta hacia el norte astronómico,” mientras que los resultados de mis mediciones en campo indican que está ligeramente desviada de los rumbos cardinales en sentido antihorario –como también lo sugieren los planos de Graham y von Euw (1975) y Fialko (2004: fig. 5)– y que, por lo tanto, su eje longitudinal es perpendicular al eje central este-oeste de la Plaza Central (figura 5.10). El azimut de este eje (89.3°: tabla 3.1) corresponde a la línea que conecta la entrada oriente del edificio superior de la Estructura B-18 y el centro del montículo central sobre la Estructura B-20. Prolongada hacia el oriente, esta línea pasa por la Estructura C-9 en el extremo oriente del núcleo urbano. Cuando la Estructura B-18 alcanzó su altura actual, durante el Clásico Tardío (Gámez 2004: 566), también ya había sido construida la monumental Estructura C-9 (durante el Clásico Temprano: Fialko 2005a; Tokovinine y Fialko 2007), que para el observador sobre la Estructura B-18 formaba la línea del horizonte artificial, cuya altura angular (calculada con base en las alturas de las Estructuras B-18 y C-9 y la distancia de casi 400 m que las separa, según el plano de Quintana y Wurster, 2004) era de aproximadamente 3.8°. La declinación de 1.7° y las fechas 25 de marzo y 19 de septiembre que corresponden a esta altura y al azimut del eje central no parecen significativas. Por lo tanto, parece que este eje durante el Clásico no era astronómicamente funcional hacia el oriente, pero tampoco hacia el poniente, ya que la Estructura B-18 bloqueaba la vista en esta dirección desde el edificio central de la plataforma este.

Sin embargo, la situación era diferente en el Preclásico Tardío. A partir del plano del sitio es posible calcular que, antes de haberse construido la versión clásica de la Estructura C-9 (sus etapas anteriores eran de modestas dimensiones: Fialko 2005a; Tokovinine y Fialko 2007), la altura del horizonte oriente, observando desde alguna de las etapas tempranas de la Estructura B-18 a lo largo del eje central, debió ser aproximadamente 1.5°, correspondiendo a la declinación de 1°, por lo que es probable que el alineamiento en esa época señalara los días de cuarto del año.

El azimut determinado para el eje central del grupo E es casi idéntico al que corresponde al eje de simetría de la entrada oeste del edificio superior de la Estructura B-18 (89.48°) y que pudo medirse con bastante precisión, por ser definido por dos pares de jambas.⁹ Prolongado hacia el poniente, este eje pasa por el talud sur de la Estructura B-15 en la Acrópolis Central. Considerando que ambos edificios son del Clásico Tardío (Fialko 2005a; 2009; Gámez 2004), la altura del horizonte poniente que corresponde a este alineamiento en la tabla 3.2 es la del horizonte artificial, formado

⁹ Los muros exteriores norte y sur del edificio superior de la Estructura B-18 son muy divergentes; sus azimuts son de 88.4° y 93.4° aproximadamente, en tanto que las fachadas oriente y poniente son prácticamente paralelas, desviadas de los rumbos cardinales unos 3° en sentido antihorario. Gámez (2004: 568) menciona que la primera etapa de la Estructura B-18 estaba desviada aproximadamente 6° al este del norte astronómico y que, a finales del Preclásico Tardío, fue reorientada hacia el norte verdadero. Si la nueva orientación fue conservada en las etapas siguientes, como es probable, no se trata de una orientación hacia el norte astronómico; por lo tanto, también resulta cuestionable el dato sobre la primera orientación, ya que no sabemos en qué parte de la subestructura fue determinado y con qué precisión.

por el contorno de la Estructura B-15.¹⁰ De acuerdo con estos datos, el Sol se ocultaba a lo largo del eje de simetría de la entrada poniente de la Estructura B-18 en los días de cuarto del año. Por ende, es probable que en el Clásico, al haberse abandonado el uso astronómico de la Plaza Central, que había registrado estos días en el horizonte oriente, la entrada poniente de la Estructura B-18 fuera orientada con el objetivo de marcar las mismas fechas, pero en dirección opuesta.

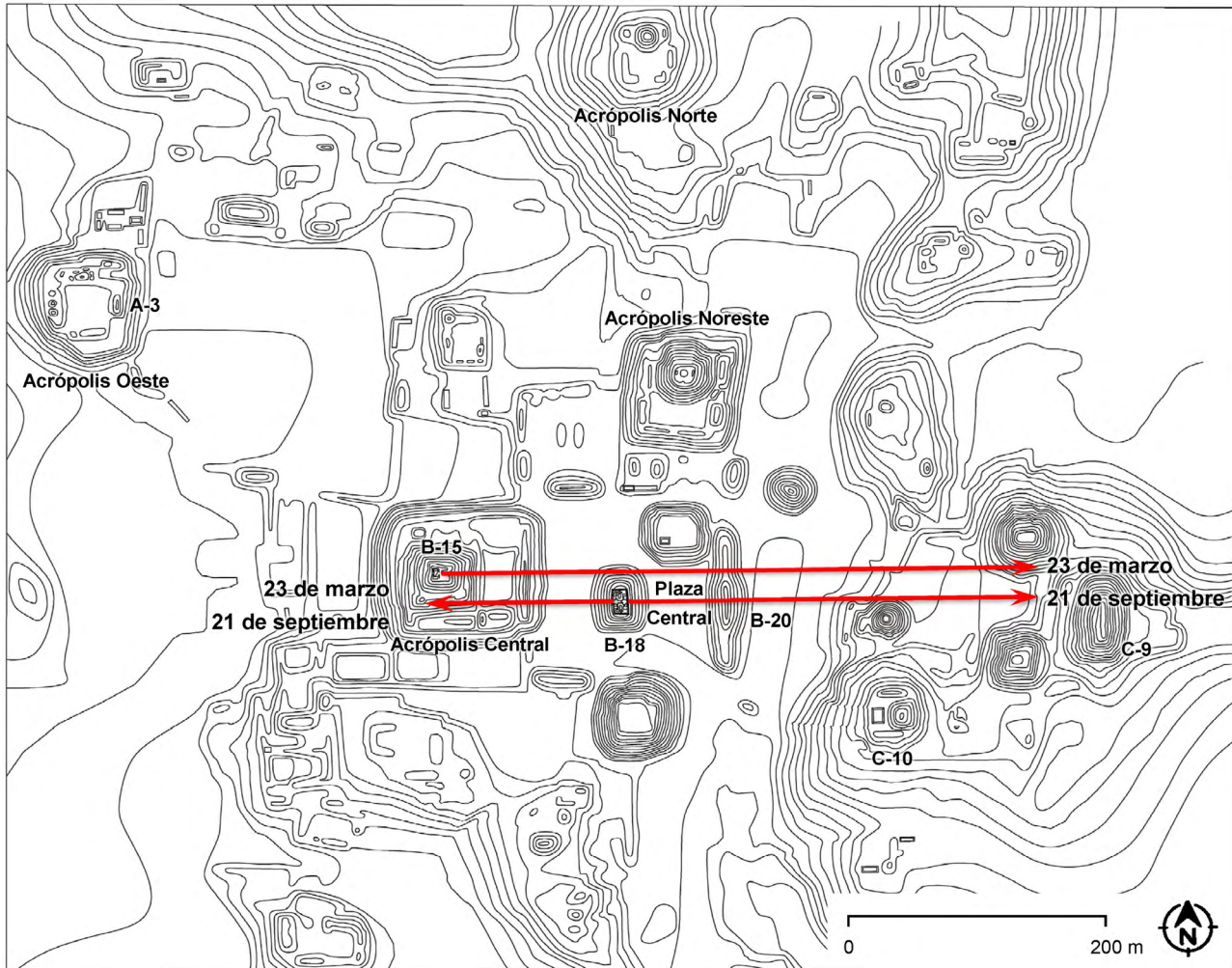


Figura 5.10. Plano del núcleo de Naranjo (redibujado de Quintana y Wurster, 2004), con los alineamientos discutidos en el texto (equidistancia de curvas de nivel: 2 m).

La idea de que, en el Clásico, el eje este-oeste de la Plaza Central ya no era astronómicamente funcional hacia el oriente se ve apoyada por el hecho de que el azimut del eje de simetría de la

¹⁰ Debido a la vegetación, actualmente la Estructura B-15 no es visible desde la Estructura B-18. La altura del horizonte artificial formado por la Estructura B-15 fue calculada a partir del plano de Quintana y Wurster (2004), en el cual, sin embargo, la relación espacial entre ambos edificios no es del todo exacta, como se ha verificado en las imágenes de Google Earth y localizando varios puntos con el sistema GPS. Por lo tanto, tampoco es correcta la posición del eje central de la entrada oeste de la Estructura B-18, indicada en la figura 5.10; en realidad, el punto en la Estructura B-15 por el que pasa esta línea y que fue considerado en el cálculo de su altura angular se ubica a varios metros hacia el norte, sobre el talud sur de la construcción más alta.

entrada oriente del edificio superior de la Estructura B-18 es 91.75° , es decir, notablemente diferente del que corresponde tanto a la entrada poniente de este edificio como al eje este-oeste de la Plaza Central. El eje de la entrada oriente no parece tener ningún significado astronómico. Prolongado hacia el oriente, este eje pasa por la parte alta de la Estructura C-9, cuya altura angular, calculada a partir de las curvas de nivel en el plano de Quintana y Wurster (2004), fue considerada en el cálculo de la declinación correspondiente (tabla 3.2). Cabe notar que este alineamiento conecta el punto central entre las jambas exteriores con el punto medio entre los muros interiores norte y sur, pero no es paralelo a estos muros, que son prácticamente paralelos al eje de la entrada poniente, y tampoco perpendicular a la fachada oriente del edificio. Podríamos especular que el motivo de esta desviación –que se debe a que la jamba exterior sur está notablemente desplazada hacia el sur– fue el de indicar que, con las últimas remodelaciones del edificio, el uso observacional del alineamiento hacia el oriente fue cancelado. No sobra añadir que también el emplazamiento de la escalinata jeroglífica en la fachada poniente de la Estructura B-18 en el Clásico Tardío (Tokovinine 2007) podría ser un indicio del cambio en la direccionalidad de la orientación.



Figura 5.11. Naranjo, Estructura B-15, entrada al santuario superior, vista hacia el poniente.

No obstante, los datos referidos no significan que se haya perdido, durante el Clásico, la importancia de los alineamientos que marcaban los días de cuarto del año en el horizonte oriente. La prueba más contundente la constituye la orientación de la Estructura B-15 de la Acrópolis Central. Se trata de un palacio real, cuya última versión es del Clásico Tardío, aunque las primeras construcciones de esta acrópolis datan del Preclásico (Fialko 2005a; 2006; 2009). El eje de simetría este-oeste del santuario superior, que mira con su acceso hacia el oriente, pudo medirse con precisión, ya que es definido por dos pares de jambas que en algunas partes conservan el recubrimiento de estuco (figura 5.11). Prolongado hacia el oriente, este eje pasa por la parte alta de la Estructura C-9, cuyo contorno forma el horizonte artificial (con la altura citada en la tabla 3.2), y corresponde a las salidas del Sol en los días de cuarto del año.¹¹

¹¹ Por las inexactitudes ya mencionadas (nota 10) en el plano de Quintana y Wurster (2004), la posición de esta línea en la figura 5.10 no es del todo correcta; en realidad pasa por la parte alta de la Estructura C-9.

A la luz de los datos analizados, que reflejan la importancia de los días de cuarto del año (23 de marzo y 21 de septiembre) durante la larga historia de Naranjo, es probable que también otros edificios y conjuntos arquitectónicos que manifiestan orientaciones parecidas a las que se acaban de discutir registraran las salidas del Sol en estas fechas. Ejemplos de ello son la Acrópolis Norte, la acrópolis triádica C-10 y la Estructura A-3 de la Acrópolis Oeste, construcciones predominantemente del periodo Clásico (Fialko 2005a; Aquino 2007). Por consiguiente, la afirmación de Quintana y Wurster (2004: 163) de que Naranjo está orientado “con exactitud hacia los puntos cardinales sin ninguna desviación visible” requiere una rectificación. Además, aparte de las mencionadas, el núcleo del sitio cuenta con orientaciones evidentemente diferentes, pero éstas, en vista del estado actual de los edificios, no se pueden determinar de manera confiable.

Nixtun-Ch'ich', Petén, Guatemala

El patrón urbano del sitio se destaca por un sistema cuadrangular, cuyos inicios parecen remontarse a la primera mitad del primer milenio a. C. (Rice 2019). Según Pugh y Rice (2017: 583) y Rice y Pugh (2017: 2), los edificios principales están alineados a lo largo del azimut de $94^{\circ}07'$, mientras que Pugh (2019: 975) proporciona para el mismo alineamiento el azimut de $94^{\circ}40'$. En los cálculos consideré el azimut de $94^{\circ}07'$, ya que aparece en dos publicaciones, concuerda mejor con el que se puede medir en las imágenes de Google Earth y es más cercano al promedio de los azimuts de las calles al norte y al sur del eje central del asentamiento (Pugh y Rice 2017: 584s). En el eje parece estar incorporado también el montículo ZZ1, ubicado en el extremo oriente de la península Candelaria que se extiende hacia el lago Petén Itzá (Rice y Pugh 2017: 12); las primeras fases de este montículo se remontan a la época cerca del año 1000 a. C. (Rice 2019) y es interesante que un diseño punteado encontrado sobre un piso fue interpretado como alusivo a observaciones astronómicas (Rice 2009).

Pugh (2019: 975) menciona tres grupos E a lo largo del eje principal este-oeste del sitio, de los que sólo consideré dos, en los sectores Y y AA, que son claramente discernibles en los planos publicados (figura 5.12). Uno se compone de las Estructuras Y1/2 (montículo oeste) e Y1/1 (plataforma este) y el otro de las Estructuras Z2 (montículo oeste) y AA1 (plataforma este). Ambos grupos parecen ser de tipo Cenote y probablemente fueron construidos en el Preclásico Medio, periodo al que se han fechado varias construcciones a lo largo del eje del sitio (Pugh y Rice 2017: 580; Rice y Pugh 2017: 2; Rice 2019). Al eje central del grupo en el Sector Y le asigné el azimut de 94° , que concuerda con el dato de Rice y Pugh (2017: 3); para el otro grupo E asumí que su eje central era idéntico al eje este-oeste del sitio. Los alineamientos laterales en cada grupo E fueron determinados a partir del plano publicado, importado a AutoCAD y debidamente rotado, para que el eje principal del sitio tuviera el azimut de $94^{\circ}07'$.

En la tabla 3.1, las alturas del horizonte que corresponden a los alineamientos incorporados en ambos grupos E son las del horizonte natural. En efecto, aunque se desconocen los detalles de la secuencia constructiva del sitio, Rice y Pugh (2017: 13) suponen que la vista hacia el oriente desde el grupo E en el Sector Y no estaba bloqueada en el Preclásico Medio, es decir, que en la época de su uso todavía no existía el montículo piramidal Z1, que es considerablemente más alto que el punto de observación en la Estructura Y1/2 (figura 5.12). Sin embargo, en relación con el grupo E en el Sector AA, al oriente del cual se eleva el monumental grupo triádico BB1, fechado para el Preclásico Tardío (Pugh 2019: 992), Pugh y Rice (2017: 583) comentan que la combinación de los grupos E y conjuntos triádicos representa un patrón distintivo en varios sitios de las tierras bajas, con lo que sugieren que la vista hacia el horizonte natural desde el grupo E estaba obstruida. Si bien podemos

suponer, también en este caso, la prioridad cronológica del grupo E, resulta evidente que los dos grupos E no pudieron mantener la misma función observacional durante épocas prolongadas: al construirse edificios más altos a lo largo de sus ejes centrales, la vista hacia el horizonte natural quedó obstruida y el Sol a lo largo de estos alineamientos aparecía por encima de estos edificios y en otras fechas. Si pese a ello el mismo eje este-oeste del asentamiento fue conservado durante toda su larga historia, es obvio que era importante y que su objetivo fue marcar las mismas fechas en el horizonte natural, pero las observaciones tuvieron que realizarse desde los edificios más altos.

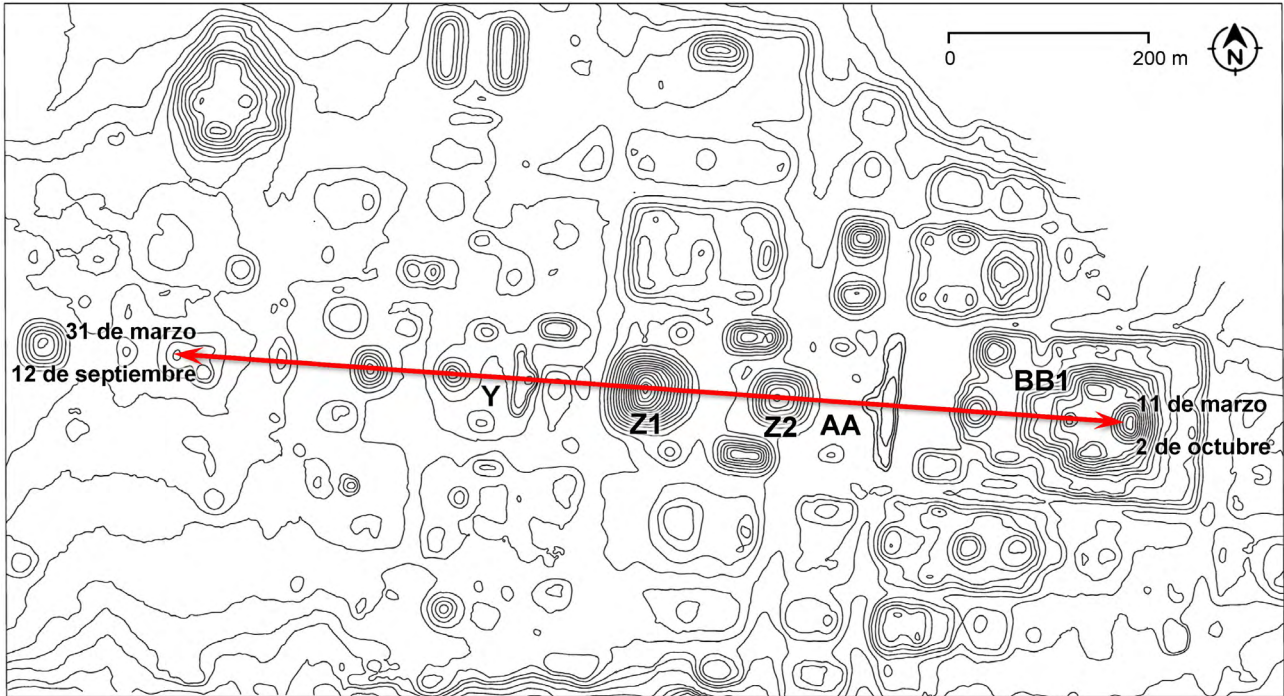


Figura 5.12. Mapa del núcleo de Nixtun-Ch'ich' (redibujado de Rice y Pugh, 2017: fig. 2), con el eje principal del sitio (equidistancia de curvas de nivel: 1.5 m).

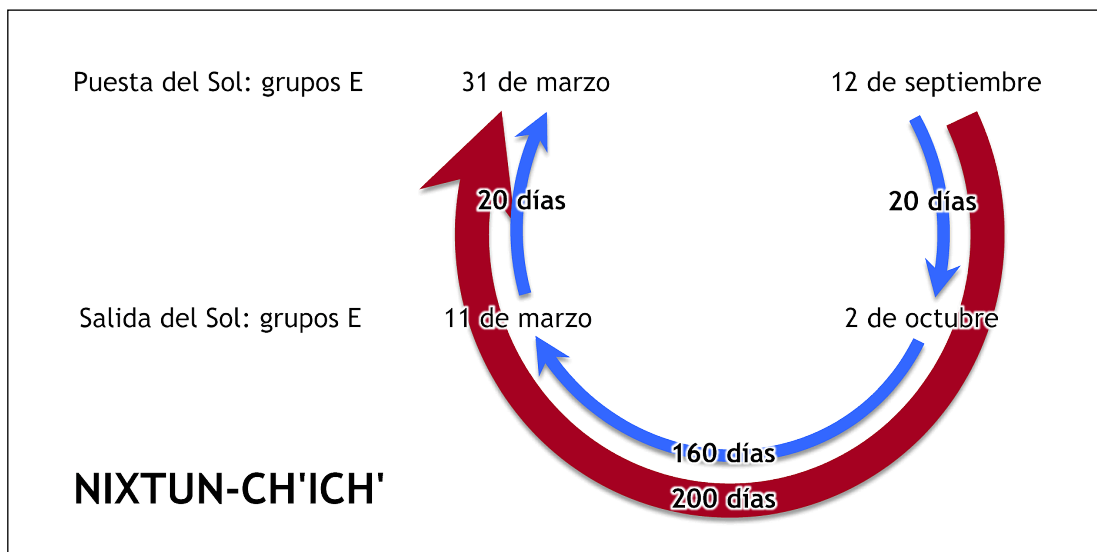


Figura 5.13. Esquema del posible calendario observacional de Nixtun-Ch'ich'.

El eje central del grupo E en el Sector Y, al que asigné el azimut de 94.0° (Rice y Pugh 2017: 3), corresponde a las salidas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre, separadas por 160 días, y a sus puestas el 31 de marzo y el 12 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 días. Es probable, por lo tanto, que este azimut fuera compartido por los ejes centrales de ambos grupos E y que el alineamiento fuera funcional en ambas direcciones. Aunque en ambos conjuntos el montículo oeste es más alto que el central en la plataforma este, las observaciones de los ocasos del Sol pudieron haberse realizado desde el montículo oeste (Z2) del grupo E en el Sector AA, que es más alto que el del Sector Y (figura 5.12). Las cuatro fechas podrían haberse incorporado en un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 20 días (figura 5.13).

Si el eje central de los grupos E era observacionalmente funcional en ambas direcciones, tal hecho explicaría su importancia y permanencia en el patrón urbano a través del tiempo. Sin embargo, al construirse las Estructuras Z1 y BB1, los grupos E ya no pudieron ser observacionalmente funcionales. Las observaciones pudieron haberse realizado desde la Estructura BB1, que es la más alta del sitio y cuya orientación coincide con el eje principal del patrón urbano. Hay que considerar, empero, que las alturas del horizonte observables desde los grupos E y la Estructura BB1 son, debido a la considerablemente mayor altura de esta última (más de 20 m), diferentes, particularmente las del horizonte poniente, que se ubica a menos de 3 km de distancia. Si el eje principal del sitio tenía el azimut de $94^\circ 07'$, las fechas que señalaba en el horizonte poniente separaban un intervalo de 200 días, mientras que las fechas registradas en el horizonte oriente delimitaban un intervalo que no era exactamente 160 días (tabla 3.2). Es decir, un mismo alineamiento, observando en la Estructura BB1, no pudo registrar los dos pares de fechas con la misma precisión en ambas direcciones. Los datos presentados permiten suponer que, inicialmente, los grupos E fueron alineados con el azimut de 94° , pero al crecer el asentamiento los constructores optaron por aumentar ligeramente el azimut del eje principal, para hacerlo observacionalmente preciso en dirección poniente. Tal vez es por ello que la Estructura BB1 está orientada con su acceso hacia el poniente. Es posible que la Estructura Z1, la segunda más alta del sitio, situada al poniente del grupo E en el Sector AA, fuera construida en este lugar con el motivo de observar los ortos solares el 11 de marzo y el 2 de octubre, alineados con el centro de la Estructura BB1. No obstante, sin tener datos exactos sobre las alturas de ambos edificios y el azimut de la línea que conecta sus cúspides, la hipótesis no se puede verificar.

Pugh y Rice (2017: 583) y Rice y Pugh (2017: 12) relacionan el eje principal de Nixtun-Ch'ich' con los ortos del Sol en los equinoccios. Más específicamente, opinan que las orientaciones entre 93° y 94° , compartidas por varios grupos E, sugieren una calibración al lapso de aproximadamente ocho días antes del equinoccio vernal y después del otoñal, pero no explican cuál hubiera sido la utilidad de esta "calibración" (Rice y Pugh 2017: 12). También sorprende su idea de que el día equinoccial, por ser difícil de determinar con observaciones empíricas, pudiese haberse estimado mediante el conteo de días a partir del paso del Sol por el cenit (Rice y Pugh 2017: 12); si los observadores no pudieron fijar el equinoccio, tampoco podrían haber sabido cuántos días había que contar. Así como no hay datos de que el concepto de equinoccio fuera conocido en Mesoamérica (v. capítulo 4), tampoco hay indicios de que el patrón urbano de Nixtun-Ch'ich', concretamente, tuviera relación alguna con los equinoccios. Considerando que las orientaciones de los grupos E y el eje principal de este sitio pertenecen al grupo de alineamientos más ampliamente difundido en la región (v. capítulo 3), sus bases astronómicas son difícilmente refutables, pero pueden explicarse a la luz de los patrones de orientación comunes en el área maya, así como en Mesoamérica en general, y regidos por los mismos principios, aunque materializados en orientaciones diferentes.

Paxcamán, Petén, Guatemala

El conjunto de tipo Grupo E, variante Cenote, forma parte del Grupo A de este sitio y fue construido durante la transición del Preclásico Tardío al Clásico Temprano (Chase 1983: 1155s, 1234s, 1245). El conjunto se compone de las Estructuras P10 (pirámide oeste) y P11 (plataforma este). Esta última, con el azimut de 4° aproximadamente, es casi perpendicular al eje central este-oeste del grupo, que parece haber registrado las puestas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, separadas por 200 días. Es probable que el horizonte natural poniente fuera visible desde el edificio central de la plataforma este, cuya altura actual sobre el nivel de la plaza (7.4 m) es similar a la de la pirámide oeste (8 m).

Sacul 1, Petén, Guatemala

El sitio cuenta con dos grupos E, fechados para el Clásico Tardío (Laporte 1991; Laporte *et al.* 1992). Ambos son de tipo Cenote y forman parte de los Grupos A y D. La plataforma este de la plaza del Grupo A es perpendicular al eje central del conjunto y aproximadamente paralela a la pirámide oeste que está alargada en dirección norte-sur. Prolongado hacia el oriente, el eje central pasa por la elevación que sostiene la plaza del Grupo D, situada a poco más de 200 m, por lo que la altura del horizonte en esta dirección no se puede determinar con precisión, pero es probable que el alineamiento fuera funcional precisamente hacia el oriente, registrando las fechas 12 de febrero y 30 de octubre, separadas por 260 días y señaladas por el mayor número de orientaciones en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: 74ss, tablas 7 y 8). La plataforma este de la plaza del Grupo D, con el azimut de aproximadamente 50°, no es perpendicular al eje central este-oeste del grupo, cuyo referente astronómico no es evidente.

San Clemente, Petén, Guatemala

Los edificios visibles de este sitio pertenecen mayormente al Clásico Tardío y Terminal (Blom 1928; Quintana 2007; 2013; 2017; Quintana *et al.* 2011; Quintana y Wurster 2001: 118s) y están desviados en sentido antihorario de los rumbos cardinales, compartiendo esta característica con los sitios en la zona que se extiende hacia el oriente (figura 1.2). Las Estructuras XIV y XV (pirámides gemelas del Grupo Elevado Sur) están orientadas hacia las salidas del Sol el 3 de abril y el 10 de septiembre, separadas por 160 días. En el conjunto de Palacio, que constituye el sector norte del núcleo monumental del sitio, las Estructuras III y VII, delimitando los patios alto y bajo por sus lados sur, manifiestan una orientación similar. La Estructura I, en el costado norte del patio alto del Palacio, tiene una orientación diferente, que probablemente registraba los ortos solares el 11 de abril y el 1 de septiembre, con un intervalo intermedio de 143 (= 11 × 13) días.

San Juan (Caracol), Cayo, Belice

V. supra. "Caracol, Cayo, Belice, grupos periféricos".

Sisia', Petén, Guatemala

El sitio se localiza a 2.4 km al noreste de Holmul. El grupo E, probablemente del Preclásico Tardío (Estrada-Belli 2009), es de tipo Cenote y su eje central está desviado al norte del este. La pirámide oeste es más alta que el montículo central sobre la plataforma este, por lo que el eje central probablemente registraba las salidas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días. Sin embargo, si en alguna etapa anterior la pirámide oeste era más baja, o si el montículo central sobre la plataforma este era originalmente más alto (en las imágenes LiDAR parece fuertemente dañado por saqueo), el observador situado allí pudo haber visto ponerse el Sol por encima de la pirámide oeste en las fechas 11 de marzo y 2 de octubre, separadas por 160 días. Ambos pares de fechas corresponden a varias orientaciones en el área estudiada (v. capítulo 3).

Suk Che', Petén, Guatemala

El conjunto principal del sitio es un grupo E de tipo Cenote, que es del Clásico Tardío, con posibles etapas del Preclásico Tardío (Flores 1994). La pirámide oeste es más alta que el montículo central de la plataforma este. El significado astronómico del eje central no es evidente, pero en vista de que la plataforma este, desviada unos 2.25° al este del norte, no es perpendicular al eje central, quizá el grupo en alguna etapa temprana tuviera una orientación diferente.

Tikal, Petén, Guatemala

Las orientaciones en Tikal fueron estudiadas con anterioridad (Šprajc *et al.* 2013; Sánchez y Šprajc 2015: 187ss), pero en 2019 realicé mediciones más precisas en el complejo Mundo Perdido y en las Estructuras 5D-52 y 5D-54 de la Acrópolis Central. He podido confirmar que la Estructura 5D-52 está orientada hacia las puestas del Sol el 30 de abril y el 13 de agosto, separadas por un intervalo de 260 días, y la Estructura 5D-54 hacia las salidas del Sol el 22 de febrero y el 20 de octubre, separadas por 240 días. Se trata de orientaciones comunes en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015).

El grupo E de Mundo Perdido fue de tipo La Venta en su versión inicial y de Uaxactún en la final, aunque la Estructura 5D-87, construida en el Clásico Tardío inmediatamente al sur de la central sobre la plataforma este, representa un rasgo singular, quizá relacionado con el abandono de la función original del conjunto. Mientras que la longitud de la plataforma este aumentaba a través del tiempo, reflejando la poca atención prestada a los alineamientos laterales, el grupo mantuvo el mismo eje central durante todas sus etapas constructivas, desde el Preclásico Medio hasta el Clásico (Laporte y Fialko 1995). La importancia del eje normativo, atribuible a su significado astronómico, es adicionalmente indicada por las ofrendas que fueron depositadas a lo largo de este alineamiento y que incluían piezas cerámicas con diseños de posible connotación astronómica (Laporte y Fialko 1995: 52s, fig. 16). Anteriormente asignamos al eje central el azimut de aproximadamente 94.5°, relacionándolo con las salidas del Sol el 9 de marzo y el 4 de octubre (Sánchez y Šprajc 2015: 190), pero ahora las mediciones arrojaron un azimut medio grado menor. El azimut en la tabla 3.1 vale para la versión final del grupo, es decir, corresponde a la línea con la que podemos conectar la cumbre de la Estructura 5C-54 (pirámide oeste), que alcanzó esta altura en el Clásico Temprano (Laporte 1997: 340ss), con el centro de la entrada a la Estructura 5D-86, la central sobre la plataforma este. La

probabilidad de que este azimut no difiera mucho del intencionado es apoyada por la orientación de los dos edificios que conforman el alineamiento: la Estructura 5D-86 está desviada cerca de 4° al este del norte¹² y la pirámide radial, Estructura 5C-54, manifiesta aproximadamente la misma orientación, aunque su estado actual impide determinarla con precisión. Por lo tanto, es probable que el eje central, durante toda la historia del grupo, registrara los ortos solares el 11 de marzo y el 2 de octubre, con un intervalo intermedio de 160 días. Prácticamente la misma orientación está materializada en la Estructura 5C-49 de Mundo Perdido y la Estructura 3D-40 del Grupo H en la Zona Norte de Tikal (Sánchez y Šprajc 2015: 191).

A raíz del primer estudio en Tikal nos pareció significativo que la Estructura 5D-46 de la Acrópolis Central tenía la misma orientación que el conjunto de Mundo Perdido, pues ese edificio era residencia de Chak Tok Ich'aak I, posiblemente enterrado en la estructura central de la plataforma este de Mundo Perdido (5D-86), donde también fue encontrada la Estela 39, cuya inscripción se refiere a las ceremonias de terminación de katún que este gobernante realizó en 376 d. C. (Sánchez y Šprajc 2015: 191). Si bien ahora resulta que la orientación de Mundo Perdido discrepa ligeramente de la de la Estructura 5D-46, la relación en términos astronómicos posiblemente existía: la Estructura 5D-46, mirando con su acceso hacia el poniente, está orientada hacia las puestas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, fechas que, junto con las señaladas por el eje de Mundo Perdido en el horizonte oriente, pudieron haberse incorporado en un calendario observacional idéntico al reconstruido para Nixtun-Ch'ich' (figura 5.13).

Según las curvas de nivel en el mapa de Carr y Hazard (1961), el terreno natural desciende desde la plaza de Mundo Perdido hacia donde se construyó el Templo V, por lo que es probable que, durante las primeras etapas constructivas del conjunto, el horizonte natural oriente fuera visible desde la Estructura 5C-54 (pirámide oeste del grupo E). Durante el Preclásico Tardío se erigió una construcción bastante grande en el espacio que posteriormente ocupó la Acrópolis Sur (Oswaldo Gómez Barillas, com. personal, agosto de 2019), pero en esta época la Estructura 5C-54 ya alcanzó la altura de 10 (fase Chuen) y 18 metros (fase Cauac), mientras que la estructura central de la plataforma este tenía una altura menor (Laporte y Fialko 1995). Si la construcción en el espacio de la Acrópolis Sur no rebasaba estas alturas, el horizonte este natural (su altura es cerca de 0°) siguió siendo visible desde la Estructura 5C-54.

El eje central del grupo E prolongado hacia el oriente pasa por la Acrópolis Sur, un poco al sur de su estructura central y más alta, y luego por la plataforma superior del Templo V, justamente al norte del santuario superior. Si estos edificios, al ser construidos en el Clásico Tardío, bloquearon la vista hacia el horizonte oriente desde la Estructura 5C-54, significaría que en esa época el uso astronómico del grupo E fue abandonado. Sin embargo, a juzgar por las curvas de nivel en el plano de Carr y Hazard (1961) y considerando las alturas de los edificios, es probable que el observador sobre la Estructura 5C-54 hubiera visto tanto las construcciones sobre la Acrópolis Sur como la plataforma superior del Templo V ligeramente por debajo de la línea del horizonte natural al fondo (en la actualidad la vegetación no permite verificarlo). En este caso el Templo V podría haber servido como marcador del orto solar indicado por el eje central del grupo E de Mundo Perdido, función que anteriormente tenía la Estructura 5D-86, la central sobre la plataforma este, que con la altura final de la pirámide oeste quedó muy por debajo de la línea del horizonte. En todo caso, la importancia de la Estructura 5D-86 quedó opacada en el Clásico Tardío por la construcción de la Estructura 5D-87 sobre

¹² También Loten (2018: 17) afirma que la Estructura 5D-86 está desviada 4° al este del norte verdadero (pero agrega que, por lo tanto, la fachada mira hacia 4° al sur del oeste verdadero, lo que evidentemente es un error).

la plataforma este, inmediatamente al sur de la anterior (Laporte y Fialko 1995: 84s); si esta adición arquitectónica refleja el cese del uso astronómico de Mundo Perdido, o tan sólo representa un indicio de que la función de marcador de la Estructura 5D-86 fue abandonada, es un dilema que no se puede resolver con los datos disponibles.

Topoxté, Petén, Guatemala

Los edificios D, E y G, que delimitan la Plaza Principal, tienen orientaciones parecidas a la del adyacente Edificio C, que es el templo más alto del sitio. La versión actual del Edificio C es del Posclásico Tardío, pero existen etapas anteriores que inician en el Preclásico (Wurster 2000: 35ss, 47s, fig. 25). El eje de simetría del santuario superior, con su entrada mirando hacia el poniente (figura 5.14), corresponde a las puestas del Sol el 13 de abril y el 31 de agosto, separadas por 140 días y comúnmente marcadas por las orientaciones en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015: 80). Según lo sugieren las secciones expuestas de las escalinatas, las etapas anteriores tenían la misma orientación.



Figura 5.14.
Topoxté,
Edificio C, vista
hacia el sureste.

T'ot, Petén, Guatemala

La ocupación del sitio, ubicado a 4 km al suroeste de Holmul, se remonta al Preclásico Medio (Estrada-Belli 2015: 18; Velásquez López 2014). Las estructuras incluyen un grupo E de tipo Cenote y están desviadas de los rumbos cardinales en sentido antihorario. La pirámide oeste del grupo E es más alta que el montículo central de la plataforma este, por lo que el eje central probablemente registraba las salidas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 días. La orientación de la acrópolis triádica al norte del grupo E es similar y pudo haber señalado las salidas del Sol en las mismas fechas, o quizá sus puestas el 11 de marzo y el 2 de octubre, separadas por 160

días. Ambos pares de fechas corresponden a diversas orientaciones en el área estudiada (v. capítulo 3).

Tzikintzakán, Petén, Guatemala

El Edificio 1, un palacio del periodo Clásico, desviado de los rumbos cardinales en sentido antihorario, comparte su orientación con una estructura alargada en el extremo noroeste del área sur del sitio (Quintana y Wurster 2001: 132ss). La orientación corresponde a las puestas del Sol el 3 de marzo y el 11 de octubre, separadas por 143 (= 11×13) días y frecuentemente registradas en el horizonte oriente (v. capítulo 3).

Uaxactún, Petén, Guatemala

El conjunto interpretado por Ricketson (1928a; 1928b) como observatorio astronómico forma parte del Grupo E. Los edificios que lo conforman fueron construidos en el Preclásico Tardío y el Clásico Temprano (Kováč 2017; Ricketson y Ricketson 1937; Rosal y Valdés 2005; Rosal *et al.* 1993; Valdés 1987). En su forma actual, el conjunto se compone de la Estructura E-7-sub-2 (comúnmente llamada E-7-sub), que es la etapa actualmente expuesta de la pirámide oeste, y la plataforma este (Estructura E-16), coronada por las Estructuras E-1, E-2 y E-3 (figuras 5.15 y 5.16). La Estructura E-7-sub-2 está desviada de los rumbos cardinales aproximadamente 1° en sentido antihorario (según mis mediciones a lo largo de sus paramentos, la desviación no alcanza 2° , mencionada por Aveni y Hartung, 1989: 458, nota 1). La plataforma este y las Estructuras E-1 y E-2, construidas en su extremo norte y en el centro, tienen una orientación prácticamente cardinal, mientras que la Estructura E-3, en el extremo sur de la plataforma, está notablemente desviada en el sentido de las manecillas de reloj. Ricketson y Ricketson (1937: 57) proporcionan la desviación de $7^\circ 42'$ al norte del oeste, mientras que, según mis mediciones, esta desviación es de apenas unos 5° ; en todo caso, el edificio no está orientado hacia la pirámide oeste, como afirman Aveni y Hartung (1989: 458, nota 1).

Al argumentar que el Grupo E de Uaxactún incorporaba alineamientos astronómicamente significativos, Ricketson (1928a; 1928b) propuso tres posibles puntos de observación: al pie de la Estructura E-7-sub-2, donde se encontró la Estela 20; en medio de la parte superior de la escalinata que asciende a la pirámide; y en el punto intermedio de la escalinata, a 15 pies arriba del nivel de la plaza. Ricketson concluyó que el más idóneo para las observaciones fue este último punto, de donde el Sol solsticial pudo haberse visto junto a la esquina norte del Templo E-1 y a la esquina sur del Templo E-3, pero también notó que la línea equinoccial no pasaba por el centro del Templo E-2, sino por la jamba norte de su entrada. Aveni y Hartung (1989) designaron los tres puntos con las letras A, B y C, y verificaron que la mejor precisión de los alineamientos, en efecto, pudiese haberse logrado al observar desde el punto propuesto por Ricketson (B): para el observador situado en este punto, el cual, según Aveni y Hartung (1989: 444s, tabla 35.1), corresponde al extremo superior de la escalinata oriente de la primera etapa constructiva de la Estructura E-7-sub, el Sol naciente en los solsticios habría aparecido justo a la izquierda y a la derecha de las Estructuras E-1 y E-3, respectivamente, mientras que en los equinoccios se habría alineado con el punto medio superior del basamento central construido para sostener la Estructura E-2. Sin embargo, agregaron, el Templo E-2, al ser erigido, obstruyó la vista hacia el Sol equinoccial a lo largo del alineamiento, por lo que el Grupo E pudo haber funcionado como un observatorio solsticial (aunque no preciso), pero no como

equinoccial. Así como previamente Ricketson (1928b: 224), Aveni y Hartung (1989: 447) constataron que el punto C, en el extremo superior de la escalinata de la Estructura E-7-sub-2, no pudo servir para observar el Sol equinoccial y solsticial, por lo que concluyeron que, al crecer la pirámide, el conjunto ya no pudo funcionar como observatorio solar.



Figura 5.15.
Uaxactún,
Grupo E, vista
desde la
entrada a la
Estructura E-2
hacia el
poniente, con la
Estructura E-7-
sub-2 al fondo.



Figura 5.16.
Uaxactún,
Grupo E,
plataforma este
con las
Estructuras E-1,
E-2 y E-3, vista
desde la
Estructura E-7-
sub-2 (punto C)
hacia el oriente.

Los azimuts que resultaron de mis mediciones en los puntos B y C son parecidos a los de Aveni y Hartung (1989: 444s, tabla 35.1). Pero cabe notar que ellos proporcionan para el azimut del eje central del conjunto el mismo valor ($90^{\circ}54'$) para el observador colocado en cualquiera de los tres

puntos posibles. En cambio, mi azimut medido desde el punto C es ligeramente más grande ($91^{\circ}14'$) que el que medí desde el punto B ($91^{\circ}05'$); la pequeña diferencia se debe a que, respecto al eje este-oeste del conjunto, el eje de la escalinata de la Estructura E-7-sub-2 está ligeramente desviado en el sentido de las manecillas de reloj (como lo muestran las figuras 5.15 y 5.17 y la planta y el alzado del edificio en Ricketson y Ricketson, 1937: figs. 33 y 34). También hay que advertir que los azimuts de los alineamientos laterales son poco confiables porque, como reportó Ricketson (1928a: 438), los muros de los Templos E-1 y E-3 estaban derruidos.



Figura 5.17. Uaxactún, Estructura E-7-sub-2, vista a lo largo de la escalinata oriente.

Aveni y Hartung (1989: 444s, tabla 35.1, fig. 35.3) afirman que, estando el observador en el punto B, el Sol equinoccial hubiera aparecido a lo largo del eje central del conjunto sobre el centro del basamento que sostiene el Templo E-2 y al que asignan la altura angular de 3.5° . En efecto, en la latitud de Uaxactún, esta altura angular y el azimut del eje central corresponden casi exactamente a la declinación equinoccial del Sol (0°). Sin embargo, de acuerdo con mis mediciones desde el punto B, la altura de la plataforma referida apenas rebasa 2° , mientras que una altura cercana a la que proporcionan Aveni y Hartung corresponde a la altura hasta la que se conserva (o fue restaurado) el muro posterior de la Estructura E-2 (aprox. $3^{\circ}50'$, considerando la altura del observador). Es decir, actualmente el Sol equinoccial, observado desde el punto B, aparece sobre los restos del Templo E-2, pero tal hecho no tiene relevancia alguna, no sólo porque el edificio en su estado original era evidentemente más alto (figura 5.16), sino también y sobre todo por inconsistencias cronológicas discutidas a continuación.

Como fue advertido por Kováč *et al.* (2015: 1034), los alineamientos que se han podido medir y que se acaban de examinar nunca pudieron ser observacionalmente funcionales, ya que conectan edificios de diferentes periodos. Al considerar que el punto B, el más idóneo para observar las posiciones solsticiales del Sol cerca de los bordes exteriores de las Estructuras E-1 y E-3, corresponde al extremo superior de la escalinata de la primera etapa constructiva de la Estructura E-7-sub, Aveni y Hartung (1989: 444-447, fig. 35.10) argumentaron que la función astronómica de los alineamientos propuestos era congruente con la secuencia constructiva del Grupo E. Sin embargo, las excavaciones realizadas en la década de 1980 revelaron que los edificios que conforman estos alineamientos no

son contemporáneos (Valdés 1987; Rosal *et al.* 1993; Rosal y Valdés 2005). La primera versión de la pirámide oeste, Estructura E-7-sub-1, que tenía 3.5 m de altura y la base cuyos lados medían 16.5 y 17.6 m, fue construida a principios del Preclásico Tardío (300 – 100 a. C.), pero fue tapada en la parte tardía del periodo (100 a. C. – 100 d. C.) por la Estructura E-7-sub-2, que es la actualmente expuesta, teniendo 8 m de altura y la base con dimensiones de 24 y 23 m. La plataforma este tenía un edificio central desde su primera etapa, también datada al inicio del Preclásico Tardío, pero las primeras versiones de los edificios laterales (E-1 y E-3) fueron construidas apenas en la parte media del Clásico Temprano (300 – 378 d. C.), después de que la Estructura E-7-sub-2 había sido cubierta por la Estructura E-7-3 (removida durante las excavaciones de la Carnegie Institution of Washington, en la década de 1920), que ya al inicio del Clásico Temprano (250 – 300 d. C.) alcanzó la altura de 10 m.

En vista de la posibilidad de que la Estructura E-7-3 fuera un poco más tardía que las Estructuras E-1, E-2 y E-3 (Chase 1983: 1240; Chase y Chase 2017: 47) y que éstas, por lo tanto, durante un breve lapso coexistieran con la Estructura E-7-sub-2, la tabla 3.1 incluye los datos que valen para el observador sobre su plataforma superior y en el centro de la escalinata (punto C de Aveni y Hartung, 1989). El alineamiento lateral sur es aproximadamente solsticial, pero las fechas que corresponden al eje central no son significativas. Es decir, no hay razones para pensar que tal disposición del conjunto (inverosímil a la luz de los datos arqueológicos resumidos arriba) hubiese sido astronómicamente funcional. Respecto a la opinión popular sobre el significado del eje central, cabe aclarar que, observando desde la parte alta de la Estructura E-7-sub-2, el Sol en los equinoccios sale sobre los restos de la Estructura E-2, más de 1° al norte del centro de su entrada. La diferencia no es insignificante, ya que equivale a dos diámetros del disco solar. Para que el Sol equinoccial apareciera sobre el punto medio de la Estructura E-2, ésta debería ser unos cinco metros más alta que sus muros en la actualidad; tal altura original de este edificio es altamente improbable.

Las últimas remodelaciones de los Templos E-1, E-2 y E-3 fueron realizadas hacia finales del Clásico Temprano, cuando la pirámide oeste alcanzó la altura de unos 15 m (Ricketson y Ricketson 1937: 67ss; Valdés 1987; Rosal *et al.* 1993; Rosal y Valdés 2005). Observando en su parte alta, ubicada a unos metros al poniente del punto B de Aveni y Hartung (1989; *cf.* Ricketson 1928b: figs. 2, 5 y 10), el Sol solsticial hubiera salido lejos hacia el norte y el sur de las Estructuras E-1 y E-3. Y si el eje central era idéntico al que se ha medido (conectando los centros de las Estructuras E-7-sub-2 y E-2) –como lo indica el plano de Ricketson (1928b: fig. 10)– tampoco correspondía a fechas significativas. Es improbable, por lo tanto, que en esa época el conjunto tuviera alguna función astronómica.

Para realizar las observaciones desde las etapas preclásicas de la pirámide oeste, sólo pudo haber servido como referencia alguna de las etapas tempranas de la plataforma este (E-16-1, E-16-2 y E-16-3), actualmente tapadas. Sus dimensiones aumentaban a lo largo del tiempo, pero los planos publicados (Rosal *et al.* 1993) no presentan su posición exacta respecto a los edificios visibles en la actualidad, por lo que tampoco es posible reconstruir los alineamientos incorporados en versiones tempranas del grupo. En vista de lo expuesto arriba, es obvio que, si el conjunto en aquella época sirvió para observaciones astronómicas, su eje este-oeste debió ser diferente del que se ha medido y cuyo significado no es evidente. En efecto, algunos datos apoyan esta posibilidad.

El eje central actual del complejo, desviado cerca de 1° al sur del oriente, no es perpendicular a la plataforma este, que en su forma actual está orientada casi exactamente en dirección norte-sur. En la mayoría de los conjuntos de este tipo, la plataforma este es perpendicular al eje central, por lo que podríamos suponer que la plataforma tardía del Grupo E conservó su orientación anterior y que, en la versión temprana del complejo, era perpendicular al eje central, cuyo azimut habría sido, por lo tanto, cerca de 90°, correspondiendo aproximadamente a los ortos del Sol en los equinoccios (dependiendo de la altura de la estructura central sobre la plataforma este). Sin embargo, en vista de

la ausencia de orientaciones equinocciales en Mesoamérica, incluyendo el área maya, es muy probable que el alineamiento –si es que tuvo este azimut– fuera funcional hacia el poniente: en esta dirección no marcaba los equinoccios (debido a que la altura del horizonte poniente, a poco más de 2.5 km de distancia, es cerca de 2.3°), sino los días de cuarto del año, 23 de marzo y 21 de septiembre. Rosal *et al.* (1993) proporcionan las alturas que tenían la pirámide oeste y el basamento central sobre la plataforma este en las etapas tempranas del conjunto. A partir de estos datos (y considerando la distancia de unos 75 m entre la pirámide occidental y el edificio central de la plataforma oriental) es posible calcular que el observador parado en los días de cuarto del año en la entrada al edificio central sobre la plataforma este hubiera visto las puestas del Sol alineadas con el centro de la pirámide oeste, pero sobre el horizonte natural visible al fondo. Las observaciones habrían sido posibles incluso en la etapa cuando se construyó la Estructura E-7-sub-2, si la construcción precediera que la coronaba (Ricketson y Ricketson 1937: 72) no tenía más de 3 m de altura. Para que el eje central tuviera el azimut de 90° aproximadamente, el punto medio de la plataforma este, marcado por su edificio central, debería haber estado a poco más de un metro al norte del que actualmente corresponde al centro de la Estructura E-2.

Por otra parte, a diferencia del eje central medible en la actualidad y desviado cerca de 1° al sur del oriente –es decir, en la dirección de las manecillas de reloj– la Estructura E-7-sub-2 está desviada aproximadamente 1° de los rumbos cardinales en sentido *contrario* a las manecillas de reloj. Si el eje central en épocas tempranas tenía esta desviación, habría correspondido a las salidas del Sol en los días de cuarto del año. En este caso el punto medio de la estructura central sobre la plataforma este debería haber estado a unos dos metros y medio al norte del centro de la actual Estructura E-2. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que, en lugar del eje central, fuera astronómicamente funcional la orientación de la Estructura E-7-sub-2, es decir, que la dirección en la que aparecía el Sol en estas fechas no fuera marcada por el edificio central sobre la plataforma este, sino por el eje de simetría de la estructura precedera en la parte alta de la Estructura E-7-sub-2.

Aunque, por falta de datos arqueológicos fiables, ninguna de estas hipótesis puede verificarse, llama la atención que, a poca distancia al noroeste del Grupo E, se localiza otro complejo de este tipo cuyo eje central corresponde a las puestas del Sol en los días de cuarto del año (*v. infra*). Recordemos, además, que numerosas estructuras, tanto en el área maya como en otras partes de Mesoamérica, registraban estas fechas, mayormente en el horizonte poniente, debido a la predominante desviación de las orientaciones al sur del este o, visto de otra forma, al norte del oeste (Sánchez y Šprajc 2015: 80, tablas 7 y 11; Šprajc 2001; 2018a; Šprajc y Sánchez 2013; 2015). No obstante, algunos edificios de Cival y Naranjo, incluyendo el conjunto de tipo Grupo E en este último sitio, están orientados hacia los ortos solares en los días de cuarto del año, ya que están desviados al norte del este (*v. apartados correspondientes en este capítulo*), en conformidad con la peculiaridad regional que caracteriza las orientaciones en la parte oriente de Petén y la zona adyacente de Belice (figura 1.2). Esta tradición parece haberse extendido hasta Uaxactún, donde al menos uno de los imponentes edificios está claramente desviado al norte del este (Estructura A-18: *v. infra*). Por consiguiente, no podemos descartar la posibilidad de que también el Grupo E en sus versiones tempranas estuviera desviado en la misma dirección, marcando los días de cuarto del año en el horizonte oriente, aunque tampoco es imposible que la pirámide oeste y la plataforma este con su edificio central tuvieran orientaciones diferentes, registrando estas fechas en ambos horizontes.

Los datos examinados permiten proponer dos versiones del desarrollo de las funciones astronómicas del Grupo E de Uaxactún. Por una parte, podemos conjeturar que, en sus fases tempranas, fueran astronómicamente funcionales las orientaciones diferentes de las estructuras individuales, en lugar del eje central del conjunto. En cuanto a la época tardía, no sabemos cómo

estaba orientada la desaparecida Estructura E-7-3. Si conservó la orientación de la Estructura E-7-sub-2, podría haber marcado los días de cuarto del año en el horizonte oriente, pero las puestas del Sol en estas fechas no pudieron observarse desde la Estructura E-2, porque la vista hacia el horizonte poniente estaba obstruida por la Estructura E-7-3. Por otra parte, podemos suponer que el eje central de las etapas tempranas del Grupo E era astronómicamente funcional y, por lo tanto, diferente del que actualmente conecta los centros de las Estructuras E-7-sub-2 y E-2 y cuyo significado astronómico no es evidente. De ser así, es probable que este eje tardío –al parecer conservado en la última etapa del grupo, a juzgar por la ubicación de la Estructura E-7-3 en el plano de Ricketson y Ricketson (1937: fig. 68; Ricketson 1928b: fig. 10)– fuera establecido en la etapa inicial del Clásico Temprano (250 – 300 d. C.), al ampliarse el basamento que sostenía el edificio central sobre la plataforma este (Rosal y Valdés 2005) y cuya posición pudo haber cambiado ligeramente respecto al edificio anterior, resultando en el eje medible en la actualidad. Si esto es lo que sucedió, las remodelaciones ya no fueron regidas por principios astronómicos.

De ser correcta alguna de estas suposiciones, implicaría que, al inicio del Clásico Temprano, el uso astronómico del Grupo E fue alterado o suspendido. Aunque los datos disponibles no permiten verificarlas, las hipótesis propuestas parecen ser congruentes con las evidencias presentadas por Kováč (2013) de que, aproximadamente entre los años 150 y 250 d. C., ocurrió un *hiatus* en Uaxactún, provocado por la desintegración política que resultó en el abandono del sitio por una parte sustancial de la población. Sería imaginable que los grupos que retornaron después de 250 d. C., aunque probablemente incluían los herederos de la población original (*ibid.*), hubieran perdido o conscientemente abandonado algunos conceptos de sus antecesores.

A menos de 300 m al noroeste del Grupo E de Uaxactún se ubica otro arreglo del mismo tipo, que forma parte del Grupo D. La orientación de este conjunto, datado para el Preclásico Tardío (Ricketson y Ricketson 1937: 41; Acevedo *et al.* 1992), es parecida a la del Grupo E, pero las líneas desde la pirámide oeste hacia los extremos de la plataforma este definitivamente no coinciden con las direcciones solsticiales; las diferencias son de varios grados. Como ya se mencionó, el eje central corresponde a las puestas del Sol en los días de cuarto del año. La direccionalidad poniente del alineamiento es apoyada por el hecho de que el montículo oeste es más bajo que el central sobre la plataforma este.

La Estructura A-18, palacio fechado para finales del Clásico Temprano (Valdés 1987; 1994), está desviada de los rumbos cardinales en sentido antihorario y parece haber sido astronómicamente funcional en ambas direcciones, registrando las salidas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, con un intervalo intermedio de 200 días, y sus puestas el 11 de marzo y el 2 de octubre, separadas por 160 días. De ser así, la orientación posibilitaba el manejo de un calendario observacional igual al reconstruido para Nixtun-Ch'ich' (figura 5.13). Cabe notar que las observaciones hacia el poniente tal vez pudieron realizarse a través de un ducto que atraviesa tres muros, conduciendo desde el exterior hasta el cuarto central en la planta baja (Smith 1937: lám. 10: b; May 2014: fig. 101), y que es paralelo al eje este-oeste del edificio. Según May (2014: 295), el edificio contaba con otro ducto, actualmente tapado, que pudiese haber facilitado las observaciones hacia el oriente. Al estudiar la Estructura A-18 de Uaxactún y sus propiedades astronómicas, May (2014: 294ss) obtuvo resultados similares. Sin embargo, mientras que este autor atribuyó al eje del ducto poniente y a la fachada norte del edificio azimuts diferentes (83.83° y 84.83°, respectivamente), las lecturas que tomé a lo largo del ducto y de varios muros arrojaron valores consistentes, con discrepancias de menos de medio grado y resultando en el valor medio anotado en la tabla 3.2 (85.42°).

En relación con el comentario de Smith (1950: 13) de que, durante el Clásico Temprano, todos los edificios importantes del Grupo A estaban orientados hacia el sur, en dirección a Tikal, Aveni y

Hartung (1989: 449s) asintieron que podría tratarse de un alineamiento deliberado. En realidad, los edificios del Grupo A de Uaxactún tienen orientaciones diferentes, pero parece significativo que la perpendicular a la fachada principal de la Estructura A-18 –es decir, la línea con el azimut de 175.42°– pasa exactamente por la Acrópolis Norte de Tikal, que se localiza a poco más de 19 km de distancia. Smith (1937: 2) mencionó que desde los árboles encima del edificio, antes de haber sido desmontado, pudieron verse los templos de Tikal y que éstos seguramente habrían sido visibles también desde la terraza superior cuando no había vegetación que actualmente cubre el área circundante. Tal opinión fue corroborada por los análisis de May (2014: 299ss), por lo que es probable que la dirección referida, perpendicular a la orientación motivada por criterios astronómicos, haya condicionado la ubicación de la Estructura A-18.

Para la orientación del edificio central del complejo palaciego A-5, cuya forma final es producto de remodelaciones en el Clásico Tardío (Valdés 1987), resulta difícil proponer una explicación astronómica. Las orientaciones de las estructuras que componen este conjunto residencial son divergentes y parece que no fueron dictadas por principios astronómicos, pero tal vez reproducían, de manera aproximada, la orientación de algún edificio observacionalmente funcional en las inmediaciones.

Unidad AD16-3 (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

Unidad AI11-48 (Ceibal), Petén, Guatemala

V. supra: "Ceibal, Petén, Guatemala, grupos periféricos".

Uxul, Campeche, México

El grupo E de este sitio es de tipo Cenote y posiblemente data del Clásico Temprano, aunque podría tener etapas más tempranas (Šprajc y Flores 2008: 60-65; García López 2008). La pirámide oeste (Estructura XI) es más alta que el edificio central de la plataforma oriental (Estructura XIII). El eje central probablemente marcaba las salidas del Sol el 11 de marzo y el 2 de octubre, separadas por 160 días (Šprajc 2008) y registradas por diversas orientaciones en el área estudiada (v. capítulo 3).

Xaman Witz, Cayo, Belice

El sitio, ubicado a 19 km al norte de Caracol, no ha sido explorado arqueológicamente (Arlen Chase, com. personal, septiembre de 2020). El eje central del grupo E parece haber sido alineado hacia los extremos mayores de la Luna, probablemente hacia los extremos norte en el horizonte poniente, ya que el montículo central de la plataforma este, aunque saqueado, es casi 6 m más alto que la pirámide oeste y la línea del horizonte oriente se encuentra a menos de 600 m de distancia (v.

capítulo 3). Un montículo alargado en el costado suroeste de la plaza del grupo E es paralelo a su eje central.

Yaxhá, Petén, Guatemala

Los edificios en los costados este y oeste de la Plaza F del sitio componen un grupo E de tipo Cenote. Debido a sus dimensiones y la vegetación que lo cubre, las mediciones en campo arrojaron datos poco confiables, por lo que se usó el plano de Yaxhá, orientado al norte astronómico (Quintana *et al.* 2000: 265; el plano digital me fue amablemente facilitado por Raúl Noriega). Según comentan Quintana *et al.* (2000: 274), en la parte norte del sector central del sitio “se destaca una secuencia de edificios y plazas sobre un marcado eje central este – oeste”, con “una desviación de 8 gones (= 7°20′) desde norte hacia este”.¹³ A lo largo de este eje se localizan la Acrópolis Noreste y las Plazas E y F, con edificios que evidentemente comparten la misma desviación (figura 5.18). Mientras que la cúspide de la pirámide de la Plaza G (Estructura 116), en el extremo poniente, se encuentra –según el plano– ligeramente al norte de este eje, la línea con el azimut de 97°20′, que conecta las cumbres de las Estructuras 117 (pirámide oeste de la Plaza F) y 50 (pirámide de la Acrópolis Noreste), pasa por la Estructura 120 (la central de la plataforma este de la Plaza F). Por ello, y debido a que la plataforma este de la Plaza F es perpendicular a este eje (la situación en el plano concuerda con el azimut de aproximadamente 7.5°, medido en campo), atribuí al eje central del grupo E el mismo azimut de 97°20′. La Estructura 117 no ha sido explorada y su estado actual no permite determinar su orientación. Cabe notar que el azimut de 97°20′ es congruente con el azimut calculado a partir de las coordenadas que tomé en las cumbres de las Estructuras 117 y 50. Además, la exactitud de la orientación del plano de Yaxhá fue corroborada con el azimut del eje este-oeste de la Acrópolis Norte, que medí en campo (entre las cumbres de las Estructuras 137 y 144) y que es prácticamente idéntico al que puede medirse en el plano.

El eje central de la Plaza F marcaba los ortos solares el 2 de marzo y el 10 de octubre, separados por 143 (= 11 × 13) días. Los edificios de esta plaza son del Preclásico Tardío, mientras que la construcción inicial de la Acrópolis Noreste ha sido fechada para el Preclásico Medio y/o la parte inicial del Preclásico Tardío (Bernard Hermes, com. personal, julio de 2019). Estos datos sugieren que, desde el Preclásico Tardío, las salidas del Sol en estas fechas pudieron observarse desde la cumbre de la pirámide oeste de la Plaza F (Estructura 117) a lo largo de su eje central y por encima de la pirámide de la Acrópolis Noreste (Estructura 50), cuya orientación es idéntica a la de la Plaza F.

Otro grupo E, también de tipo Cenote, lo componen los edificios de la Plaza C. A juzgar por el fechamiento de la Estructura 152 (pirámide oeste), también este complejo data del Preclásico Tardío (Bernard Hermes, com. personal, julio de 2019). El azimut medido a lo largo de la plataforma este, que no ha sido explorada, es de aproximadamente 8°, casi perpendicular al eje central del conjunto. La pirámide oeste, restaurada, tiene paños muy irregulares, pero su eje de simetría este-oeste parece coincidir con el eje central del conjunto, cuyo referente más probable eran las puestas del Sol el 11 de abril y el 1 de septiembre, separadas por 143 días. La direccionalidad poniente de este alineamiento se ve apoyada por el hecho de que la línea del horizonte natural poniente –que pudo ser visible desde la estructura central de la plataforma este, ya que la pirámide oeste tiene casi la misma altura– se encuentra a 4 km, en tanto que el horizonte oriente lo conforma el contorno de una elevación natural a menos de 300 m distancia (figura 5.18).

¹³ Se trata, obviamente, de la desviación al sur del este.

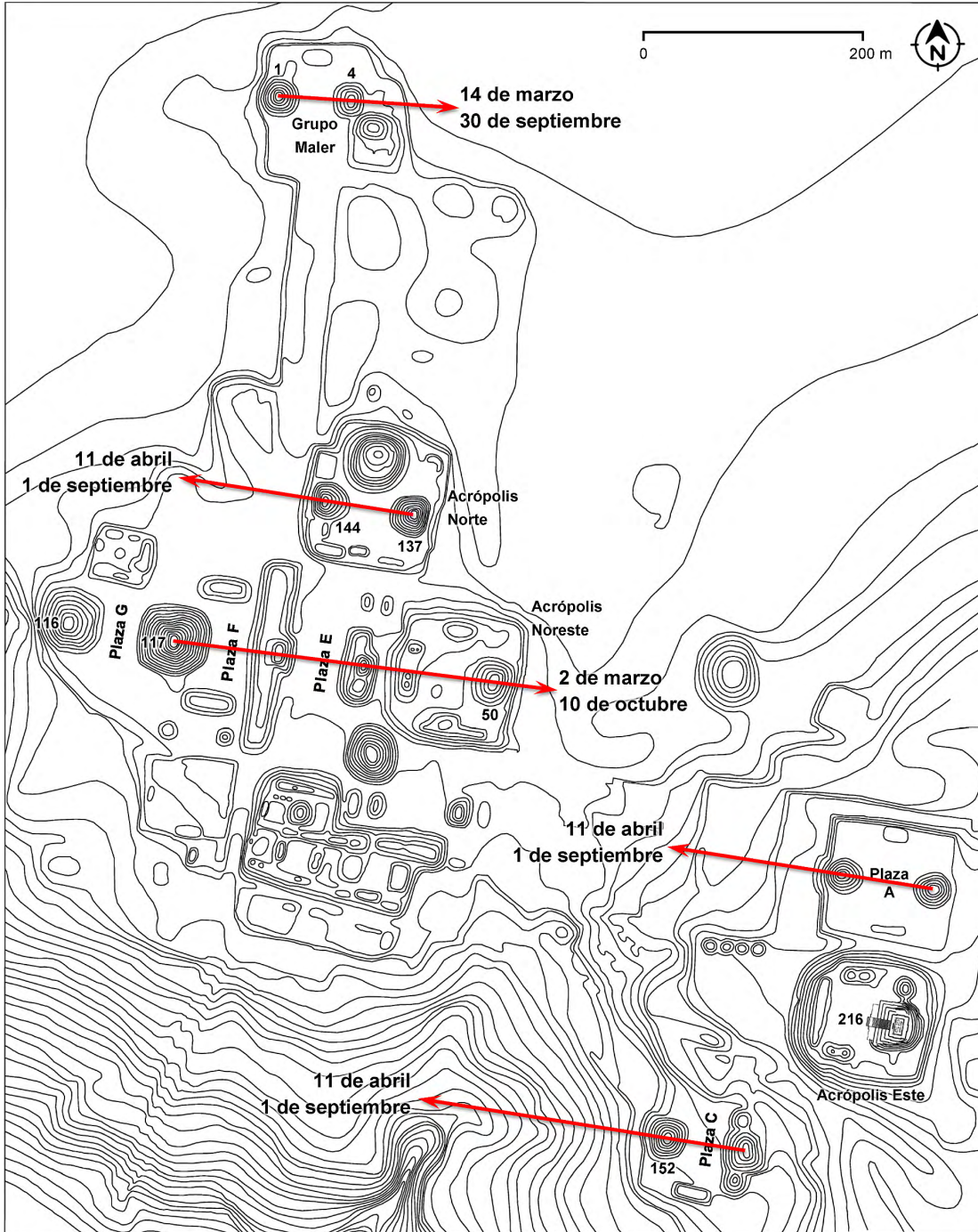
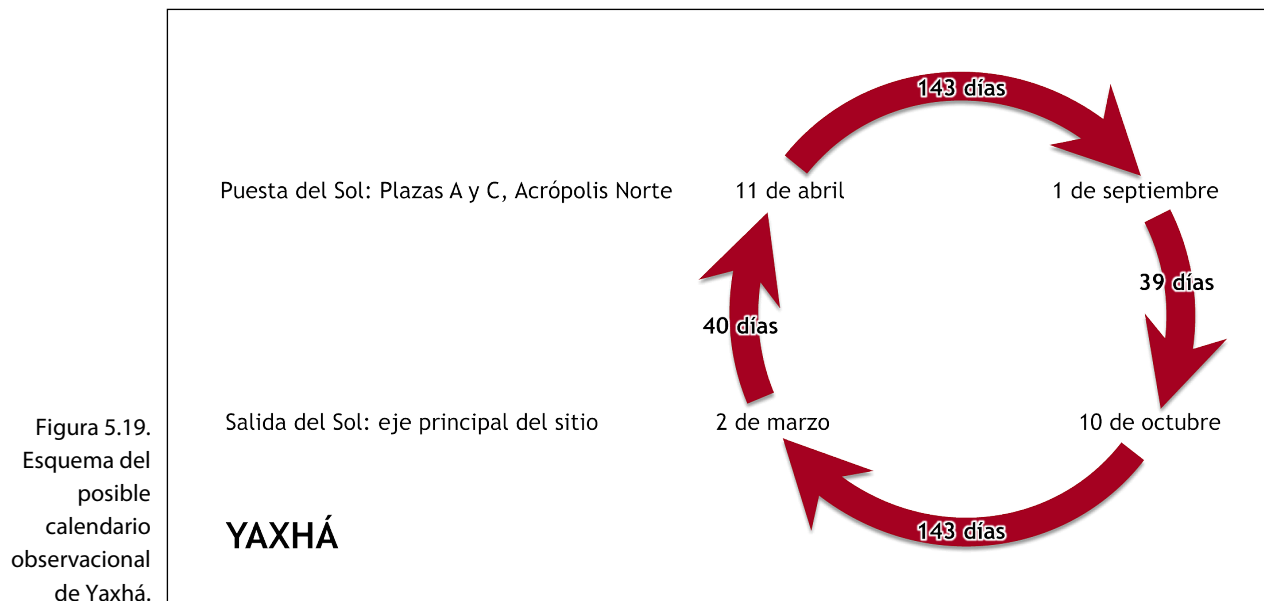


Figura 5.18. Plano de Yaxhá (redibujado de Quintana *et al.*, 2000), con los alineamientos discutidos en el texto (equidistancia de curvas de nivel: 2 m).

Las puestas del Sol en las mismas fechas fueron probablemente señaladas por los edificios de la Acrópolis Norte, cuyas diversas etapas constructivas también pertenecen al Preclásico Tardío (con posibles inicios en el Preclásico Medio; García 2001; Bernard Hermes, com. personal, julio de 2019). El azimut en la tabla 3.2 corresponde a la línea que conecta los centros de las cumbres de las Estructuras 137 y 144, templos piramidales que delimitan una plaza por sus costados oriente y poniente, respectivamente, y comparten la misma orientación. Aunque el alineamiento fue medido con teodolito, el error estimado del azimut y, por ende, de las declinaciones y fechas correspondientes es relativamente grande, porque –debido a los trabajos de reconstrucción– los puntos centrales de las

partes altas de ambas pirámides no se pueden establecer con mucha precisión. La Estructura 137 es más alta que la 144, apoyando la direccionalidad poniente del alineamiento (figura 5.18). La declinación este y las fechas correspondientes en la tabla 3.2 valen para el horizonte natural. No es imposible que fueran relevantes los días en que el Sol, observando desde la Estructura 144, aparecía sobre la Estructura 137, pero no se pueden reconstruir, ya que desconocemos la altura del edificio que coronaba la Estructura 137 (foto en la contraportada).

La importancia de las fechas 11 de abril y 1 de septiembre en Yaxhá parece haber sobrevivido hasta el Clásico Tardío, ya que pueden relacionarse también con el alineamiento conformado por las pirámides gemelas en la Plaza A (figura 5.18). Las fechas registradas por diversos edificios y conjuntos que se acaban de discutir pudieron haberse incorporado en un solo calendario observacional, compuesto mayormente por múltiplos de 13 días (figura 5.19).



La Estructura 216, el templo piramidal que domina la Acrópolis Este (figura 5.18), tiene etapas constructivas de todos los periodos desde el Preclásico Tardío, pero su santuario superior es del Clásico Tardío-Terminal (Hermes *et al.* 1993; 1997). El azimut de este edificio (96.99°) pudo medirse con bastante precisión, ya que corresponde al eje definido por los dos pares de jambas de la única entrada al santuario superior, que mira hacia el poniente, pero las fechas oeste no parecen significativas. Curiosamente, el promedio de los azimuts de las fachadas norte y sur del santuario es $98.2^\circ \pm 0.5^\circ$; si este azimut refleja la orientación de las etapas anteriores, podría relacionarse con las puestas del Sol el 11 de abril y el 1 de septiembre, marcadas por otros edificios de Yaxhá (*v. supra*). En la dirección opuesta, el azimut del eje central del santuario superior podría relacionarse con las salidas del Sol el 2 de marzo y el 10 de octubre, señaladas por los edificios discutidos arriba, pero no es obvio cómo podrían haberse observado estos eventos. Podemos especular que algunos agujeros que atraviesan el muro oriente (Hermes *et al.* 1997: 272, Raúl Noriega, com. personal, septiembre de 2019) pudiesen haber servido para este fin, pero sus azimuts no se pueden verificar, porque fueron tapados durante los trabajos de restauración. Si estos elementos únicamente servían para la ventilación, parece enigmática la razón por la cual el uso observacional de la última versión del edificio más alto del sitio hubiese sido cancelado.

El azimut del Grupo Maler en la tabla 3.2 es el de la línea que conecta los centros de las partes superiores de las Estructuras 1 y 4, templos piramidales que comparten la misma orientación y delimitan una plaza por sus lados poniente y oriente, respectivamente (figura 5.18). Ambos tienen sus inicios en el Preclásico Tardío, pero su estado actual es resultado de remodelaciones realizadas durante el Clásico Tardío y Terminal (Cabrera 2000; García 2001; Hermes y Martínez 2005). La Estructura 1 es más alta que la 4 y el alineamiento que conforman probablemente registraba las salidas del Sol el 14 de marzo y el 30 de septiembre, separadas por un intervalo de 200 días y señaladas por varios edificios en el área estudiada (v. capítulo 3).

Yaxnohcah, Campeche, México

Las Estructuras B-1 y B-3 de este sitio, extensamente explorado (Anaya y Reese-Taylor 2017; García López 2008; Šprajc y Flores 2008: 66-77), componen un grupo E de tipo Cenote, cuyo eje central corresponde a las salidas del Sol el 22 de febrero y el 20 de octubre, separadas por un intervalo de 240 días y registradas por un gran número de orientaciones en las tierras bajas mayas (Sánchez y Šprajc 2015: 79s, tablas 7 y 9). La Estructura B-3 (pirámide oeste) es más alta que el montículo central de la Estructura B-1 (plataforma este). Sobre las demás orientaciones en este sitio, v. Šprajc (2008) y Sánchez y Šprajc (2015: 213).

6 Uso observacional y significado cultural de los alineamientos

Considerando que uno de los principales objetivos del presente estudio fue indagar en las funciones astronómicas de los conjuntos de tipo Grupo E, cabe llamar la atención sobre algunos hechos relevantes para la comprensión de las prácticas de observación asociadas a estos complejos arquitectónicos. Una opinión común, derivada de los alineamientos aparentemente significativos en el Grupo E de Uaxactún, es que el punto de observación en cada grupo de este tipo estaba en la pirámide oeste y que la plataforma alargada marcaba las direcciones hacia los eventos astronómicos en el cielo oriental. Pero hay que advertir que, si bien la pirámide regularmente se encuentra al oeste y la plataforma alargada al este de una plaza, tal arreglo no representa una evidencia intrínseca de que estos conjuntos fueran observacionalmente funcionales hacia el oriente. La disposición típica de las estructuras podría deberse a su simbolismo, relacionado con los conceptos sobre los rumbos del universo y los rituales que se realizaban y cuyos pormenores permanecen desconocidos. Es ilustrativo que la direccionalidad de las orientaciones de los edificios mesoamericanos no necesariamente coincide con la ubicación de sus entradas o fachadas principales; muchos edificios miran hacia el norte o el sur, pero sus orientaciones pertenecen a los grupos ampliamente difundidos, astronómicamente funcionales hacia el oriente o el poniente (Šprajc 2018a: 220).

Los resultados de los análisis presentados en el capítulo 3 revelan que los referentes astronómicos que corresponden a los ejes centrales de los grupos E tanto en el horizonte oriente como en el poniente manifiestan distribuciones significativas. La direccionalidad poniente es, en varios casos, apoyada por el hecho de que la pirámide oeste es más baja o de la misma altura que el edificio central sobre la plataforma este, sugiriendo que el fenómeno astronómico pudo observarse desde este último por encima de la pirámide oeste. Sin embargo, aun si en un grupo E la pirámide oeste es más alta que el edificio central sobre la plataforma este, no hay razones para concluir, *a priori*, que la orientación indicada por el eje este-oeste del grupo no pudo ser astronómicamente funcional hacia el poniente. Además de que la pirámide oeste pudo haber sido más baja en alguna etapa temprana del conjunto, es posible suponer que fueron algunos elementos arquitectónicos de la misma pirámide los que posibilitaban las observaciones hacia el poniente. No hay que olvidar que muchas pirámides de los grupos E son radiales, sin elementos que enfatizen la importancia del rumbo oriente. También podemos recordar que la etapa temprana de la Estructura XX, pirámide de la Plaza Norte de Naachtún, tenía su escalinata en el lado poniente (v. capítulo 5) y que varias plataformas en el sureste de Petén y en el área de Ceibal, aunque parecen ser componentes de los grupos E, no tienen sus contrapartes al oeste (Chocón 2013: 522; Inomata *et al.* 2018), pero esto no significa que no fueran orientadas astronómicamente. Es decir, es posible que, en algunos casos, sólo una de las estructuras integradas en un grupo E tuviera la orientación astronómicamente funcional. En resumen, parece que es el prejuicio arraigado sobre las formas de observación en los grupos E el que ha entorpecido una comprensión cabal de sus propiedades astronómicas.

Otro aspecto que amerita la atención es la orientación de los edificios que componen cada grupo E. Los datos presentados por Aveni *et al.* (2003: tabla 1) y anteriormente Ruppert (1940: tabla II) sugieren que comúnmente la plataforma este no es perpendicular al eje este-oeste del conjunto. Sin embargo, al parecer se trata de datos de baja precisión, ya que tales casos son relativamente pocos en la muestra de datos analizada en el presente estudio; la evidente falta de perpendicularidad

se ha notado sólo en los grupos E de Actuncan, Cival, Guacamayo, Naachtún, Naranjal, Sacul 1 (Plaza D), Suk Che' y Uaxactún (Grupo E). En estos casos es posible que, en lugar del eje central, fuera astronómicamente funcional la orientación de alguno de los edificios. Otra posible explicación es sugerida por la situación en Naachtún, donde hay indicios de que la plataforma este de la Plaza Norte materializa la orientación de una etapa temprana del conjunto, interpretación quizá aplicable también al Grupo E de Uaxactún (v. capítulo 5).

Por otra parte, en algunos grupos, donde es posible determinar la orientación de la pirámide oeste, ésta no coincide con el eje central del conjunto. En el Grupo E de Uaxactún, la Estructura E-7-sub-2 manifiesta una pequeña desviación al norte del este, mientras que el eje central actualmente medible, que a todas luces no era astronómicamente funcional, está desviado ligeramente al sur del este; si recordamos que este eje lo definen el centro de la Estructura E-7-sub-2, que es del Preclásico Tardío, y el centro de la Estructura E-2, erigida en el Clásico Temprano, la desviación de la Estructura E-7-sub-2 posiblemente refleja una orientación temprana del conjunto, tal vez relacionada con los ortos solares en los días de cuarto del año. Las excavaciones en la Plaza Central de Ceibal revelaron que fue apenas la última versión de la pirámide oeste la que adoptó una orientación diferente de la que tenían sus etapas anteriores y que coincidía con el eje central del complejo. Como ya fue discutido en el capítulo 5, hay razones para pensar que, con este cambio, el uso astronómico del conjunto fue abandonado. Sin embargo, no hay que descartar la posibilidad, sugerida por la situación en Calakmul, de que una modificación de este tipo tan sólo refleje un cambio del esquema observacional, resultando en que ya no fue astronómicamente funcional el eje este-oeste del conjunto, sino la orientación de uno u otro edificio.

Si en la mayoría de los casos todos los edificios que componen un grupo E comparten aproximadamente la misma orientación, tal hecho no invalida la suposición de que sólo una estructura pudo haber servido para las observaciones. Tanto en el área maya como en Mesoamérica en general se ha notado que la orientación observacionalmente funcional de un edificio prominente fue frecuentemente reproducida, de manera aproximada, por las estructuras aledañas, siendo el ejemplo más evidente la traza urbana de Teotihuacan (Šprajc 2001; 2018a; Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc y Sánchez 2015). Es de imaginar que también en los grupos E era particularmente importante la orientación de un edificio, presumiblemente el más alto. No obstante, por ser pocos los edificios particulares cuyo estado de conservación permite determinar sus orientaciones, en la presente investigación sólo pudimos medir las líneas que conectan las pirámides oeste con los puntos relevantes de las plataformas este; el hecho de que la distribución de los referentes astronómicos de los ejes centrales exhibe un patrón significativo implica que, en efecto, los edificios a lo largo de estos alineamientos frecuentemente servían como puntos de observación y como marcadores de los eventos observados. Tal función de las estructuras integradas no puede considerarse como una peculiaridad de los grupos E: las relaciones espaciales entre edificios de diversos tipos, condicionadas por alineamientos astronómicamente funcionales, caracterizan varios sitios mayas (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc *et al.* 2009), incluyendo algunos analizados aquí (Caracol, Cival, Naachtún, Nixtun-Ch'ich' y Yaxhá: v. capítulo 5).

Respecto al significado que tenían los alineamientos astronómicos en el contexto social, es importante recordar que los patrones de distribución de las orientaciones de los grupos E (ejes centrales) y otros tipos de edificios son similares, por lo que es evidente que los mismos principios y propósitos estuvieron involucrados en ambos casos. En su gran mayoría, los ejes centrales de los grupos E pueden relacionarse con las posiciones del Sol en el horizonte en ciertas fechas. Aunque tales correspondencias no necesariamente en todos los casos fueron logradas a propósito (es decir, no necesariamente todos y cada uno de los grupos E fueron orientados astronómicamente), las

distribuciones de las fechas señaladas y de intervalos intermedios, manifestando concentraciones comparables a las observadas en estudios anteriores de las orientaciones en la arquitectura maya y mesoamericana en general, permiten concluir que tanto los grupos E como otros edificios importantes en las tierras bajas centrales posibilitaron el uso de calendarios observacionales destinados a facilitar una programación eficiente de los trabajos agrícolas y ceremonias relacionadas. El simbolismo de los grupos E, asociado con el maíz, el agua y la fertilidad (Aimers y Rice 2006; Doyle 2017; Inomata 2017: 233), es congruente con esta interpretación. Existe abundante información contextual que permite explicar la distribución de las fechas en términos de preocupaciones agrícolas, siendo particularmente indicativas las supervivencias documentadas etnográficamente.

La importancia de varios momentos del año trópico, atestiguada en las orientaciones, sobrevive en rituales agrícolas que siguen realizándose en las mismas fechas. Sus orígenes prehispánicos son difícilmente negables, ya que algunas de estas ceremonias no tienen relación alguna con el cristianismo, mientras que en otras es evidente la fusión del simbolismo agrícola prehispánico con el ceremonial católico. En algunas comunidades también se ha documentado el uso del ciclo calendárico de 260 días, con los periodos constitutivos de 20 y de 13 días y sus múltiplos, sobre todo en la programación de actividades en el ciclo agrícola. Recordemos que, en la cuenta de 260 días, los múltiplos de 20 días conectan fechas con el mismo signo de veintena, mientras que las fechas separadas por múltiplos de 13 días tienen el mismo numeral de trecena; los múltiplos de 20 días conectan, además, las mismas fechas en los meses del año de 365 días (si no se interpone el periodo de 5 días agregados a los 18 meses). Es decir, con base en los intervalos calendáricamente significativos era relativamente fácil anticipar las fechas relevantes, conociendo la estructura del calendario observacional y la mecánica del calendario formal.¹⁴ Como lo sugieren algunos ejemplos presentados en el capítulo 5, las diversas orientaciones en un sitio frecuentemente registraban fechas que pudieron incorporarse en un solo calendario observacional; el hecho de que tales esquemas no siempre se pueden reconstruir ha de deberse a que, aparte de las estructuras incluidas en los análisis, en muchos sitios hay otras que pudieron ser astronómicamente funcionales, pero cuyas orientaciones, debido a su estado actual, no se pueden determinar.

La información acerca del uso y significado de los alineamientos ha sido presentada de manera exhaustiva en publicaciones anteriores (Sánchez y Šprajc 2015: 89ss; Šprajc 2001: 79ss; Šprajc y Sánchez 2015: 88ss; Šprajc *et al.* 2016: 48ss), por lo que no se repetirá aquí. A modo de ilustración, sólo presentaré algunos comentarios respecto a las fechas más comúnmente registradas en las tierras bajas mayas centrales (v. capítulo 3).

Es razonable suponer que las fechas en marzo y abril marcaban momentos idóneos para realizar rituales cuyo objetivo fue asegurar la llegada oportuna de las lluvias, indispensables para la siembra. Entre los itzaes de Petén, por ejemplo, el día favorito para la siembra temprana de diversas hortalizas es el 15 de abril, día de San Toribio, mientras que el maíz y la calabaza se siembran unas dos semanas después (Atran 1993: 678s). Las fechas en septiembre y octubre, por otro lado, probablemente estuvieron relacionadas con las ceremonias destinadas para garantizar la maduración del maíz y abundantes cosechas; tal es el significado actual de las fiestas de San Miguel, el 29 de septiembre, y San Francisco de Asís, el 4 de octubre, populares en diversas comunidades mayas (Sánchez y Šprajc 2015: 97). También es interesante la mención de Diego de Landa (1973: 4)

¹⁴ Por ejemplo, La Farge y Byers (1931: 158) reportaron que los jacaltecos de los altos de Guatemala designaban los periodos de 40 días como *yoc habil* ("pies" o "pasos del año"; cf. Thompson 1950: 248), seguramente porque las fechas consecutivas en intervalos de 40 días conservan el mismo signo de veintena ($40 = 2 \times 20$), mientras que los números de trecena avanzan por 1 ($40 = 3 \times 13 + 1$).

de que “comienza el invierno desde San Francisco y dura hasta fines de marzo” y que “siembran cierto género de maíz por San Francisco que se coge brevemente”. No es imposible que un estudio del significado de las ceremonias y festividades más populares en las comunidades actuales en las partes centrales de la península de Yucatán arroje más luz sobre las fechas señaladas por los alineamientos. Asimismo, podría ser provechoso un conocimiento más profundo de las variaciones regionales en las prácticas agrícolas. Chocón (2013: 523), por ejemplo, al proponer que la abundancia de los grupos E en el sureste de Petén podría deberse a su relación con el ciclo agrícola, resalta que “la sección de las Montañas Mayas es llamado el granero de Petén, llegando a producir hasta tres cosechas al año.”

No sobra recordar que los alineamientos, así como las festividades cristianas en la actualidad, marcaban las fechas *canónicas* apropiadas para realizar los rituales agrícolas. Además, algunas ceremonias tuvieron que llevarse a cabo con debida anticipación, por lo que algunos alineamientos seguramente registraban fechas que permitían *predecir* los momentos importantes, tarea que fue facilitada precisamente por intervalos calendáricamente significativos. A la luz de este razonamiento resulta comprensible la diversidad de los grupos de orientación. En nuestras obras citadas arriba se discuten varios casos documentados etnográficamente, por lo que a continuación sólo menciono uno.

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

Como lo sugieren las prácticas agrícolas actuales y el papel de las festividades cristianas, las fechas registradas por orientaciones tenían un significado ritual (resaltado por los intervalos intermedios, que eran múltiplos de los periodos constitutivos del ciclo sagrado de 260 días), mientras que los momentos exactos de la siembra y la cosecha dependían de las variedades de maíz y otros cultivos, así como de las circunstancias ambientales específicas. Es razonable suponer, por lo tanto, que se usaban simultáneamente diferentes versiones de calendarios observacionales, basadas en los mismos principios, pero con estructuras y fechas canónicas ligeramente diferentes. Las diferencias regionales y temporales –aunque algunas quizá reflejen las especificidades ambientales de ciertas zonas o incluso variaciones climáticas seculares– pueden explicarse como resultado de innovaciones motivadas políticamente; un ejemplo elocuente lo representa el cambio de orientación en el Templo Mayor de la capital mexicana de Tenochtitlan (Šprajc 2000; 2001: 390).

7 Los grupos E en el contexto de la arquitectura y el urbanismo de los mayas: perspectiva diacrónica

Entre las construcciones astronómicamente orientadas que se han documentado en las tierras bajas mayas, la primera etapa del grupo E en la Plaza Central de Ceibal, fechada a la fase Real 1 (aprox. 950 a. C.; Inomata *et al.* 2013; 2017), es la más temprana, además de ser uno de los complejos más antiguos de este tipo. Es posible que algunos grupos E descubiertos recientemente en Tabasco sean más tempranos (Inomata *et al.* 2020), pero sus orientaciones no han sido estudiadas. Cabe destacar que todas las orientaciones que han sido establecidas de manera confiable en los sitios mesoamericanos y que son más o menos contemporáneas con la fase Real 1 en Ceibal se refieren a los solsticios y los (estrechamente relacionados) días de cuarto del año (San Lorenzo, Laguna de los Cerros, Chiapa de Corzo y varios sitios a lo largo de la costa del Pacífico, los altares en la pirámide de Cuicuilco: Aveni y Hartung 2000; Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2015). Aunque estas fechas pueden interpretarse como las referencias más elementales para el monitoreo de las estaciones, los alineamientos que les correspondan son relativamente raros en la arquitectura maya de las tierras bajas durante el Preclásico (Šprajc 2018a: 232). Dado que el concepto de grupo E probablemente se originó en las tierras altas de Chiapas y a lo largo de la costa del Pacífico (Inomata 2017), donde las orientaciones solsticiales eran comunes en esa época y también están materializadas en los grupos E (p. ej., en Chiapa de Corzo: Šprajc y Sánchez 2015: 56s), las orientaciones de los conjuntos más tempranos de este tipo en las tierras bajas mayas sugieren una innovación local. Como ya mencioné en el capítulo 5, las 11 hachas de piedra verde en el Escondite 118 de Ceibal, datado para la fase Real 1 y colocado a lo largo del eje central del grupo E, quizá representen una alusión al periodo de 11 trecenas (143 días) delimitado por las fechas de salida del Sol a lo largo del alineamiento (2 de marzo y 10 de octubre); sin embargo, el hecho de que las hachas, en lugar de estar paralelas al eje central, reproducían una dirección más o menos solsticial (Inomata y Triadan 2015: 63) podría representar una reminiscencia de la práctica de orientación anterior.

Es probable que las fechas 2 de marzo y 10 de octubre fueran elegidas como referentes de la orientación porque el 2 de marzo (presumiblemente la fecha más importante, anticipando la temporada de lluvias) estaba exactamente 20 días antes del día de cuarto del año, que en aquella época correspondía mayormente al 22 de marzo. Las bases astronómicas de este alineamiento son corroboradas por varios grupos E y otros edificios mayas cuyas orientaciones corresponden a las mismas fechas (v. capítulos 3 y 5; Sánchez y Šprajc 2015: tabla 1), pero su aparición temprana en Ceibal tiene implicaciones importantes. En primer lugar, si recordamos que las alineaciones que marcaban fechas separadas por múltiplos de 13 o 20 días sólo habrían tenido sentido en combinación con la cuenta calendárica de 260 días, la orientación del grupo E de Ceibal sugiere que ya en aquella época llegó a usarse alguna versión temprana del calendario mesoamericano. Aunque por el momento no contamos con pruebas inequívocas sobre la existencia del calendario formal en tiempos tan tempranos, podemos recordar que un motivo que posiblemente representa una fecha del ciclo de 260 días se encuentra en las pinturas olmecoides en la cueva de Oxtotitlan, Guerrero, México, cuya datación más probable es entre 900 y 700 a. C. (Grove 1970: 18ss, 32, figs. 14 y 15). Además, Rice (2017: 148-151) ha argumentado que este ciclo probablemente fue inventado en el Preclásico Temprano o incluso antes y que algunos de los signos de día y número se derivaron de las

cabezas y caras de las figurillas de arcilla del Preclásico, que a menudo se encuentran en los contextos de los grupos E.

Por otra parte, la aparición de alineamientos astronómicos en ese periodo es congruente con los datos que indican una creciente dependencia de las plantas cultivadas, sobre todo el maíz, después de 1000 a. C. (Nooren *et al.* 2018: 1261; Rosenswig *et al.* 2015). Aunque Kennett *et al.* (2020), basándose en evidencia isotópica de esqueletos humanos en Belice, argumentan que el maíz se convirtió en un cultivo básico al inicio del segundo milenio a. C., Inomata *et al.* (2015) interpretan la fase Real 1 en Ceibal como un periodo de transición al sedentarismo y la subsistencia agrícola. Teniendo en cuenta el significado de las orientaciones astronómicas, su introducción en las tierras bajas mayas bien puede haber sido una respuesta a la creciente necesidad de aquellas sociedades de programar sus labores agrícolas y las ceremonias acompañantes en el año de las estaciones. Recordando las hachas con la posible orientación solsticial en el Escondite 118 de Ceibal, el grupo E de este sitio podría simbolizar la transición de las ceremonias solsticiales a las inspiradas por otras fechas, más directamente relacionadas con la regulación de las actividades en el ciclo agrícola.

Es interesante que, según los datos publicados, el eje norte-sur de la traza urbana de La Venta está desviado 8° de los rumbos cardinales en sentido antihorario. Se ha sugerido que esta orientación registraba las puestas del Sol en las fechas 1 de marzo y 12 de octubre, separadas por 140 días (Šprajc y Sánchez 2015: 65). Sin embargo, considerando que la orientación del núcleo del sitio, debido a su estado actual, no se puede determinar con precisión, es posible que en realidad registrara las mismas fechas que el grupo E de Ceibal, aunque en el horizonte oeste (como al parecer también el grupo E en La Nueva Libertad, conjunto periférico de Ceibal: v. capítulo 5). Es decir, La Venta podría representar otro caso temprano de este grupo de orientaciones. No obstante, el hecho de que los inicios del grupo E de Ceibal se remontan a una época más temprana constituye una prueba adicional de la complejidad de la interacción entre el área maya y la Costa del Golfo en aquel periodo, evidenciada en datos de distintos tipos (Inomata *et al.* 2013; 2018).

Si recordamos que los grupos E representan una de las formas estandarizadas más tempranas de la arquitectura monumental en el área maya (Chase y Chase 2017; Inomata 2017; Doyle 2017), probablemente también fueron las primeras construcciones orientadas astronómicamente. Aunque en algunas partes los grupos E siguieron en boga durante el Clásico (p. ej., en el sureste de Petén: Chocón 2013: 522), la construcción de estos conjuntos mayormente cesó a lo largo del Clásico Temprano y resulta comprensible que, con la creciente diversidad tipológica y funcional de la arquitectura cívica y ceremonial, las orientaciones previamente plasmadas en los grupos E, así como las funciones que éstos tenían en la vida ritual y política, se iban transfiriendo a edificios y conjuntos de otros tipos. Los casos específicos analizados a continuación apoyan esta conclusión.

Como fue argumentado en el capítulo 5, durante el Clásico el grupo E de Ceibal perdió su significado y simbolismo originales (Inomata *et al.* 2017: 228) y probablemente también su función observacional, como lo indica la orientación alterada de la pirámide oeste y el hecho de que el eje este-oeste fue conservado, pero ya no registraba las mismas fechas de orto solar, debido a la mayor altura de la estructura central en la plataforma este. No obstante, la orientación del grupo E de Ceibal fue reproducida por la Estructura A-24, manifestándose tanto en sus subestructuras del Preclásico como en su versión del Clásico Tardío (Triadan *et al.* 2017: 237ss). La misma orientación está materializada en la Estructura A-3, construida en el Clásico Terminal, aunque también tiene etapas anteriores (Smith 1968; Triadan 2012: 155).

El grupo E de Caracol, cuyas primeras etapas datan del Preclásico Tardío, fue orientado hacia las salidas del Sol el 9 de febrero y el 1 de noviembre. Al oriente de este conjunto fue construida, durante el Clásico Tardío, la Acrópolis Central. Para el observador sobre la pirámide oeste del grupo

E, que en esa época alcanzó su altura actual, el edificio central sobre la plataforma este quedaba muy por debajo del horizonte natural; fue la Estructura A37, erigida sobre la Acrópolis Central exactamente a lo largo del eje este-oeste del grupo E (Chase y Chase 1987: 34; 1995: 95; 1996; 2006: 49s), la que pudo haber servido como marcador de los ortos solares en las mismas fechas. Separadas por un intervalo de 100 días, estas fechas corresponden a diversas orientaciones en el área maya y en otras regiones mesoamericanas (Sánchez y Šprajc 2015; Šprajc 2001; Šprajc y Sánchez 2015).

En Nixtun-Ch'ich', que se caracteriza por su patrón urbano en cuadrícula, los grupos E comparten la misma orientación, que parece haber sido observacionalmente funcional en ambas direcciones, registrando las fechas que pudieron integrarse en un solo esquema observacional (figuras 5.12 y 5.13). Siendo las construcciones más tempranas, del Preclásico Medio, los grupos E aparentemente condicionaron el desarrollo de toda la traza urbana: a lo largo del alineamiento indicado por sus ejes centrales se agregaron otros edificios y grupos arquitectónicos, incluido el voluminoso grupo triádico BB1 del Preclásico Tardío (Pugh 2019; Pugh y Rice 2017; Rice 2019; Rice y Pugh 2017). La persistencia del mismo alineamiento a través de los siglos indica su importancia explicable en términos astronómicos, pero la función observacional debió ser transferida a los edificios más altos que, erigidos a lo largo de esta línea, bloquearon la vista hacia el horizonte desde los grupos E.

Un patrón urbano similar caracteriza el área central de Cival. El grupo E principal es del Preclásico Medio y su eje central, ligeramente desviado al norte del este, parece haber dictado las orientaciones de varios edificios y conjuntos circundantes; probablemente registraba las salidas del Sol en los días de cuarto del año, pero se volvió no funcional en el Preclásico Tardío, cuando la vista hacia el horizonte oriente fue bloqueada por el Grupo I, una impresionante acrópolis triádica (Estrada-Belli 2011: 74s; 2017), a la cual pudo haber sido transferida la función observacional. Los ortos solares en los días de cuarto del año también fueron marcados por el grupo E de Naranja, cuyas versiones iniciales datan del Preclásico Tardío y donde la misma orientación fue plasmada en la Estructura B-15 del Clásico Tardío, el edificio más imponente de la Acrópolis Central (Fialko 2005a; 2006; Gámez 2004; Quintana y Wurster 2004). Estas evidencias reflejan la importancia de los días de cuarto del año en el área, donde también se manifiesta una predilección por las orientaciones desviadas en sentido antihorario de las direcciones cardinales (figura 1.2).

En Tikal, la orientación del grupo E en el complejo Mundo Perdido, cuyo eje central se estableció en el Preclásico Medio y se mantuvo a lo largo de sus etapas constructivas, fue reproducida por las Estructuras 5C-49 y 3D-40, ambas erigidas durante el periodo Clásico (Herman 2007; Laporte 2001a; Laporte y Fialko 1995). La Estructura 5D-46 de la Acrópolis Central tiene una orientación ligeramente diferente, pero resulta significativo que este edificio, orientado hacia el oeste, corresponde a los ocasos del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre. Dado que el grupo E registraba los ortos el 11 de marzo y el 2 de octubre, ambos pares de fechas podrían haber sido incorporados en un solo calendario observacional, idéntico al reconstruido para Nixtun Ch'ich' (figura 5.13). Es poco probable que esta relación funcional entre ambas orientaciones sea fortuita, considerando que la Estructura 5D-46 era el palacio residencial de Chak Tok Ich'aak I, el ocupante más probable de la tumba excavada en el edificio central de la plataforma este del grupo E, donde también se encontró la Estela 39, con una inscripción que conmemora las ceremonias de fin de periodo realizadas por este gobernante en 376 d. C. (Laporte y Fialko 1995; Harrison 1999: 76-78).

En Yaxhá, la orientación del complejo de tipo grupo E en la Plaza F la reproducen la Plaza E y la Acrópolis Noreste, con algunos edificios colocados exactamente a lo largo del eje central del grupo E (figura 5.18). Tanto la Plaza F como la pirámide más alta de la Acrópolis Noreste, ubicada en el extremo este de la alineación, fueron construidas en el Preclásico Medio o fases iniciales del

Preclásico Tardío (Bernard Hermes, com. personal, julio de 2019). Si las observaciones se realizaban desde la pirámide oeste del grupo E, debió ser la pirámide de la Acrópolis Noreste, en lugar del montículo central de la plataforma este del grupo E –que es mucho más bajo–, el que marcaba los ortos solares en las fechas 2 de marzo y 10 de octubre, separadas por 143 días. Este intervalo debe haber sido importante en Yaxhá, porque también separa las puestas de Sol el 11 de abril y el 1 de septiembre, muy probablemente señaladas por la Acrópolis Norte, la Plaza A y el grupo E de la Plaza C, cuya direccionalidad poniente es apoyada por la cercanía –observacionalmente desfavorable– del horizonte oriente, así como por alturas similares de la pirámide oeste y del montículo central en la plataforma este. Las cuatro fechas podrían haberse incorporado en un solo esquema observacional compuesto por intervalos calendáricamente significativos (figura 5.19). Mientras que la Plaza C y la Acrópolis Norte datan del Preclásico Tardío, con posibles fases anteriores, la Plaza A con las pirámides gemelas fue construida en el Clásico Tardío (García 2001; Bernard Hermes, com. personal, julio de 2019).

En Naachtún, el grupo E de la Plaza Norte se ha fechado para la transición del Preclásico Tardío al Clásico Temprano. Su eje central extendido hacia el este pasa por dos montículos ubicados a unos 500 m de distancia (figura 5.5) y corresponde a las salidas del sol el 14 de marzo y el 30 de septiembre. La Estructura I, de configuración triádica y al parecer ligeramente más tardía (Hiquet 2018: 41ss), tiene la misma orientación; su eje de simetría este-oeste prolongado hacia el este pasa por la Estructura XXXVIII del Clásico Tardío (Michelet y Nondédéo 2012), ubicada a más de un kilómetro de distancia. Por lo tanto, es muy probable que este templo piramidal, que tenía su escalinata en el lado poniente y tal vez fue orientado a la Estructura I, se construyera deliberadamente a lo largo del eje de esta última. Es de destacar que, durante el Clásico Tardío, cuando el sector oriental de Naachtún llegó a ser el foco principal del asentamiento, la sección occidental y más antigua se convirtió en un lugar sagrado y funerario (Nondédéo *et al.* 2013: 125, 129). El intervalo de 200 días entre las fechas marcadas por las alineaciones mencionadas en el horizonte oriente debió ser particularmente importante en Naachtún, ya que también separaba las puestas del Sol el 31 de marzo y el 12 de septiembre, correspondientes a la orientación de la Estructura XXXIX del Clásico Tardío-Terminal (figura 5.5), que probablemente tuvo su acceso desde el oeste (Michelet y Nondédéo 2012; Nondédéo *et al.* 2013: 133ss; Walker y Reese-Taylor 2012: 58).

Los casos que se acaban de discutir ilustran los procesos que resultaron en orientaciones similares de los grupos E y edificios de otros tipos. Algunas diferencias que, no obstante, pueden observarse entre las distribuciones de las fechas más comúnmente registradas por los grupos E (ejes centrales) y otros edificios (figura 3.3) son atribuibles al hecho de que los grupos E se construyeron, en su mayoría, en el Preclásico, mientras que otras estructuras son predominantemente de periodos posteriores. Es concebible que, a lo largo del tiempo, ocurrieron algunos cambios en las prácticas de orientación. Por ejemplo, las orientaciones que registraban los días 2 de marzo y 10 de octubre eran comunes en el Preclásico, pero más escasas en épocas posteriores.

Si los cambios en las fechas más frecuentemente registradas reflejan estrategias diferentes en la programación agrícola, tal vez requeridas a consecuencia de los cambios climáticos y las variaciones en la duración de la temporada de lluvias (Gunn *et al.* 1995; Nooren *et al.* 2018; Webster *et al.* 2007), es una cuestión que no se puede resolver con los datos disponibles por el momento, ya que la elección de las fechas relevantes probablemente se vio afectada por otras variables desconocidas, incluyendo las variedades del maíz cultivadas, las peculiaridades ambientales locales y los aspectos idiosincrásicos de la cosmovisión y la ideología política. Estos últimos parecen haber tenido un papel sobresaliente, promoviendo tanto la tradición como la innovación. No deja de ser indicativo que las fechas más comúnmente registradas por las construcciones tempranas

continuaron siendo marcadas a lo largo de la historia maya, aunque con frecuencias diferentes. Por otro lado, la preferencia por ciertas fechas e intervalos que puede notarse en algunos sitios y sus regiones circundantes no puede explicarse más que en términos de conceptos locales y la autonomía de las entidades políticas (*cf.* Aveni y Hartung 1986: 57). Por ejemplo, aunque las orientaciones que marcaban los días de cuarto del año se encuentran distribuidas por toda el área maya, así como en otras partes de Mesoamérica, estas fechas parecen haber sido particularmente importantes en la región dominada por Naranja y Cival. El caso más evidente es la predominante desviación al norte del este en la parte oriental de Petén y la occidental de Belice (figura 1.2): considerando que las orientaciones en esta zona tendían a señalar las mismas fechas que en otros lugares, aunque en horizontes opuestos, esta peculiaridad regional no puede explicarse en términos de singularidades ambientales.

Así como los tipos cerámicos, los estilos iconográficos y otros rasgos arqueológicos, las orientaciones son atributos de vestigios materiales, por lo que tienen implicaciones importantes para las cuestiones de historia cultural (Iwaniszewski 2015: 321; Šprajc 2018a: 238s). Aunque es obvio que los principios que regían las orientaciones en la arquitectura maya eran fundamentalmente los mismos durante épocas prolongadas, pueden observarse algunas diversificaciones regionales y temporales, de las que algunas se acaban de mencionar. Sin embargo, para llegar a conclusiones más confiables y detalladas acerca de la evolución de los grupos de orientación y los procesos que resultaron en variaciones regionales, será necesario contar con una muestra más grande de datos sobre las orientaciones, datadas con mayor precisión.

8 Complejos de tipo Grupo E: ¿observatorios?

La idea que sigue prevaleciendo es que los mayas realizaban sus observaciones astronómicas ante todo, o exclusivamente, en los grupos E, que por ello comúnmente se designan como “observatorios” o “complejos astronómicos”. Más aún, en muchas obras todavía podemos leer que estos conjuntos sirvieron para señalar los equinoccios y los solsticios. En vista de que tal opinión fue difundida a raíz de la explicación astronómica del Grupo E de Uaxactún, resulta paradójico que ni siquiera este conjunto arquitectónico ofrece evidencias que la sostengan: a la luz de los datos arqueológicos, los alineamientos actualmente medibles y tradicionalmente relacionados con los equinoccios y los solsticios conectan elementos arquitectónicos que no son contemporáneos; más aún, los datos disponibles no permiten ninguna conclusión convincente respecto al uso astronómico del Grupo E de Uaxactún (v. capítulo 5). Al reconocer que las orientaciones de la mayoría de los arreglos de este tipo son notablemente diferentes de la que manifiesta el Grupo E de Uaxactún, varios investigadores propusieron que los conjuntos de este tipo sirvieron para observar diferentes eventos astronómicos, como los ortos solares en distintas fechas o incluso las posiciones de planetas y estrellas (p. ej.: Aveni *et al.* 2003; Aylesworth 2004; 2015; Chinchilla y Gómez 2010; Drápela 2014; Kováč *et al.* 2019; May 2014; Milbrath 2017a; 2017b). Otros autores han argumentado que los grupos E no eran observacionalmente funcionales, sino tan sólo alusiones alegóricas a los ciclos celestes (Awe *et al.* 2017; Aimers y Rice 2006; Fialko 1987; 1988; Guderjan 2006), pero todas estas hipótesis comparten la noción de que los conceptos astronómicos y cosmológicos se asociaban específicamente con los grupos E (Freidel *et al.* 2017).

Los resultados del presente estudio muestran que los complejos de tipo Grupo E no eran meramente conmemorativos, sin ninguna función observacional. Sus orientaciones, indicadas por sus ejes centrales, pertenecen a los grupos de orientación ampliamente difundidos, materializados mayoritariamente en edificios de otros tipos y explicables en términos astronómicos. Además, la importancia de los ejes centrales se refleja en su longevidad, la colocación de ofrendas y entierros, y la ubicación y orientación de otras edificaciones.

Por otro lado, no hay evidencias arqueológicas que sugieran la importancia de los alineamientos laterales. Si bien no es imposible que algunos de ellos tuvieran una motivación astronómica, su distribución general no respalda la idea de que fueran utilizados sistemáticamente para avistar eventos celestes. En consecuencia, no hay razones para suponer que los grupos E estuvieran destinados a observaciones astronómicas particularmente sofisticadas, y ciertamente no para registrar los equinoccios y los solsticios. Un grupo E, en el sentido más estrecho, está compuesto por la pirámide occidental y la plataforma oriental, rematada por uno o más edificios, pero con frecuencia están integrados otros edificios al norte y al sur que comúnmente comparten la misma orientación, indicada por el eje de simetría este-oeste del conjunto. Si sólo este último fue diseñado a partir de criterios astronómicos, las funciones observacionales de los grupos E no eran esencialmente diferentes de las de otros edificios y complejos orientados astronómicamente. Esta conclusión se ve apoyada por el hecho de que, mientras que los grupos E se concentran en la parte central de la península de Yucatán, los grupos de orientaciones a los que pertenecen se encuentran distribuidos por todas las tierras bajas mayas. Además, las relaciones cronológicas conocidas para varios sitios examinados indican que, si bien un grupo E inicialmente sirvió para observaciones, esta función fue, en algún momento, transferida a otros edificios con la misma orientación. Esto es

particularmente evidente en los sitios donde estas estructuras fueron construidas a lo largo del eje central del grupo E; dado que conservaban la misma orientación, pero bloqueaban la vista hacia el horizonte desde el grupo E, es obvio que su propósito fue el de registrar los mismos fenómenos celestes, que ya no pudieron observarse desde el grupo E. El uso observacional de los grupos E parece haber sido reemplazado a menudo por complejos triádicos, que se hicieron populares en el Preclásico Tardío; típicamente, un grupo triádico fue construido al oriente de un grupo E (figuras 5.12 y 5.18; Doyle 2017: 102; Flores Esquivel 2010; Velásquez Fergusson 2014). Finalmente, hay que considerar que los correlatos astronómicos de algunos grupos E no son evidentes; así como no todos los edificios monumentales de otros tipos fueron orientados astronómicamente, es muy probable que los criterios astronómicos tampoco dictaran la orientación de todos y cada uno de los grupos E.

Comparando las orientaciones de los grupos E con las de otros edificios contemporáneos en el área maya, Aveni *et al.* (2003: 162) argumentaron que los grupos E fueron orientados a partir de criterios especiales. Hay que advertir, sin embargo, que los grupos E que analizaron se encuentran en su mayoría en las tierras bajas centrales, mientras que las demás orientaciones son de un área más amplia: las que contribuyen a la concentración alrededor de los azimuts solsticiales –la diferencia más notable en comparación con las orientaciones de los grupos E (Aveni *et al.* 2003: histogramas superior e inferior en la fig. 3)– son principalmente de la costa del Pacífico y las tierras altas adyacentes, donde las orientaciones solsticiales prevalecieron en el Preclásico (Aveni y Hartung 1986: tabla 1; Aveni y Hartung 2000). Además, como ya fue advertido (Sánchez y Šprajc 2015: 86, nota 13), su comparación se basa en los azimuts norte-sur de las plataformas orientales de los grupos E, que no siempre son exactamente perpendiculares a los ejes este-oeste, y existen discrepancias entre el histograma que muestra su distribución y los datos tabulados (Aveni *et al.* 2003: *cf.* tabla 1 y fig. 3).

En resumen, los datos analizados en capítulos anteriores no ofrecen fundamento alguno para atribuir un papel preponderante en las prácticas astronómicas precisamente a los grupos E, o para pensar que su uso astronómico hubiese sido marcadamente diferente del que tenían otras construcciones con orientaciones parecidas. En este contexto cabe comentar la siguiente opinión:

There is a tendency to characterize a piece of architecture one measures and examines for astronomical orientation as either a precise predictive device or astronomically meaningless. In our view, this is a symptom of a perceived need to assess the functional nature of architecture. According to this interpretation E Group complexes are “observatories” if and only if they can be proven to have marked precisely key rising points of the sun. We would argue that if seeing the sun can be shown to have been a part of the scheme, then regardless of whether the Maya were watching it scientifically or ceremonially, the associated architectural complex may be regarded as an observatory. (Aveni *et al.* 2003: 172)

Hay razones para disentir de esta propuesta. Por una parte, es evidente que los grupos E tenían múltiples funciones (Awe *et al.* 2017; Chase y Chase 2017; Chase *et al.* 2017; Chinchilla y Gómez 2010; Doyle 2017; Drápela 2014; Estrada-Belli 2017; Flores Esquivel 2010; Inomata 2017; Laporte 2001b; May 2014; Reese-Taylor 2017); al calificarlos como observatorios, inevitablemente priorizamos sólo una. Por otra parte, las orientaciones astronómicas caracterizan la gran mayoría de edificios cívicos y ceremoniales en el área maya (Sánchez y Šprajc 2015; Sánchez *et al.* 2016); siguiendo la opinión citada, todos ellos podrían considerarse como observatorios, lo cual sería, desde luego, una simplificación incongruente con su diversidad tipológica y complejidad funcional. Mientras que un observatorio, en el sentido moderno de la palabra, es el lugar para adquirir conocimiento, los edificios mayas orientados astronómicamente representan, más bien, los *resultados* del conocimiento. Es interesante que, hace ya casi una centuria, Ricketson (1928a: 439s) en su estudio del Grupo E de Uaxactún expresó una opinión similar: según argumentó, las direcciones correspondientes a los momentos astronómicamente significativos debieron ser conocidas, por lo

menos a los iniciados, por lo que le pareció que la erección de edificios que sirvieran como observatorios habría sido un emprendimiento innecesariamente complicado. En efecto, aunque las construcciones con alineamientos astronómicos seguramente también sirvieron para monitorear el movimiento de los cuerpos celestes, particularmente del Sol, los usos primarios de estos edificios eran rituales, residenciales, funerarios o administrativos. A la luz de estos hechos, la designación “observatorio” o “grupo astronómico”, aplicada a los grupos E o a cualquier otro tipo de edificaciones mayas, resulta inapropiada e implica una interpretación parcial y sesgada de sus funciones. Por las mismas razones, tampoco parece adecuado el nombre Complejo de Conmemoración Astronómica, sugiriendo que las connotaciones astronómicas pueden atribuirse únicamente a los grupos E, aunque en realidad caracterizan edificios de diversos tipos y usos.

9 Comentarios finales

Los arreglos arquitectónicos conocidos como complejos de tipo Grupo E, particularmente comunes en las partes centrales de la península de Yucatán, donde caracterizan casi todos los centros urbanos e incluso varios asentamientos menores, fueron probablemente las primeras construcciones mayas con un plano formalizado. Si bien los detalles de sus usos siguen siendo poco entendidos, evidentemente tuvieron un papel integrador, promoviendo la interacción y cooperación ritualmente sancionadas de las comunidades cuya subsistencia se basaba en diferentes combinaciones de la agricultura incipiente con la caza y recolección (Inomata *et al.* 2015; 2018). En vista de su evidente importancia sociopolítica y su uso continuo a lo largo de muchos siglos, una comprensión adecuada de sus posibles funciones astronómicas, sobre las cuales se han propuesto hipótesis muy diferentes, es relevante para cuestiones más amplias que conciernen a la arquitectura y la planeación urbana entre los mayas.

Contrario a la opinión popular, no hay fundamento para atribuir un papel preponderante en las prácticas astronómicas a los grupos E. A esta conclusión nos han llevado tanto los análisis cuantitativos de los datos sobre los alineamientos como la consideración de evidencias contextuales de diversa índole. En primer lugar, no se ha podido confirmar la idea de que las líneas con las que en cada grupo E podemos conectar la pirámide oeste con los extremos de la plataforma este fueran condicionadas por motivos astronómicos. No es posible descartar rotundamente la posibilidad de que, en algunos casos, estos alineamientos fueran diseñados para marcar ciertos eventos celestes; sin embargo, en ausencia de un patrón claramente reconocible en la distribución de sus referentes astronómicos, tal práctica debió ser más excepcional que común. La poca importancia de estos alineamientos es indicada también por el hecho de que frecuentemente cambiaron a lo largo de las diversas etapas constructivas y no fueron recalcados por otros rasgos arqueológicamente recuperables.

Por otra parte, tampoco es posible coincidir con aquellos investigadores que han considerado los grupos E como manifestaciones alegóricas, conmemorativas o únicamente rituales, sin cualquier uso observacional. A diferencia de los alineamientos laterales, la distribución de los ejes centrales de estos conjuntos no es aleatoria y su importancia, explicable en términos astronómicos y reflejada en su longevidad, arqueológicamente comprobada en varios casos, fue frecuentemente acentuada con el emplazamiento de ofrendas y entierros, e incluso con la localización y la orientación de otros edificios. Los resultados de los análisis realizados muestran que los ejes centrales pudieron ser funcionales hacia el oriente o hacia el poniente. Observando desde la pirámide oeste o la estructura central sobre la plataforma este, el edificio opuesto pudo haber servido como marcador, facilitando las observaciones, como también lo sugieren las relaciones espaciales entre edificios de otros tipos. Ahora bien, resulta significativo que las orientaciones de los grupos E, indicadas por sus ejes centrales, pertenecen a los grupos de orientación ampliamente difundidos en el área maya y materializados mayormente en construcciones de otros tipos. Es obvio, por lo tanto, que el uso astronómico no era privativo de los grupos E.

En el área maya, así como en otras partes de Mesoamérica, los importantes edificios cívicos y ceremoniales fueron orientados, en su mayoría, hacia las salidas y puestas del Sol en las fechas de importancia agrícola, que tienden a estar separadas por múltiplos de los periodos elementales del sistema calendárico mesoamericano. La distribución de las fechas en el año y las evidencias

contextuales, sobre todo los datos etnográficos, revelan que los alineamientos solares permitieron el uso de esquemas de observación que facilitaban la debida programación de los trabajos y rituales en el ciclo agrícola. Aparte de la construcción y el manejo de los sistemas de riego o drenaje destinados a mitigar los riesgos inherentes al estilo de vida agrícola (Drennan 2000: 186; Spencer 1993), una regulación eficaz de las actividades agrícolas en el ciclo anual debe haber sido de vital importancia, pero pudo basarse únicamente en observaciones astronómicas, ya que los mayas y otros mesoamericanos no empleaban ningún mecanismo de ajustes regulares que mantuviera su año calendárico de 365 días en perpetua concordancia con el año trópico, que es casi un cuarto del día más largo.

Cabe enfatizar que las orientaciones astronómicas no pueden entenderse en términos puramente utilitarios. Las fechas registradas por los alineamientos, condicionadas por intervalos fácilmente manejables mediante el ciclo ritual de 260 días, deben haber marcado momentos canónicos apropiados para realizar ciertas ceremonias agrícolas. Los rituales dirigidos a las fuerzas sobrenaturales y cuyo objetivo fue asegurar la secuencia adecuada de los cambios estacionales, el crecimiento de cultígenos y abundantes cosechas eran, obviamente, no menos importantes que la regulación idónea de las labores agrícolas. En palabras de Trigger (1990: 122), quienes encargaron construcciones monumentales habrían visto los objetivos teológicos de ganar el favor de los dioses como muy prácticos. Además, para monitorear importantes eventos celestes, medir el paso del tiempo y regular las actividades agrícolas no era necesario construir imponentes edificios y orientarlos con precisión. El simple objetivo del cronometraje mediante las observaciones del Sol podría haberse logrado sin construcciones monumentales, incluso sin artefactos arqueológicamente recuperables (*cf.* Ricketson 1928a: 439s). Los edificios orientados astronómicamente cosificaron las creencias sobre la estructura y el funcionamiento del universo, y estos conceptos, sostenidos por la élite gobernante, tenían un papel muy importante en las ideas involucradas en el diseño arquitectónico y la planeación urbana. Si fue el orden observado en el cielo, al parecer perfecto y evidentemente superior al de la Tierra, el que inspiró la deificación de los cuerpos celestes (Aveni 2003: 150; Krupp 1983: 62-81), el comportamiento cíclico de los astros no fue concebido como simplemente correlacionado con las transformaciones estacionales en el medio ambiente, sino más bien como el que las provocaba. En consecuencia, si la sucesión oportuna de estos cambios fue condicionada por las llegadas del Sol a los puntos específicos en el horizonte, los alineamientos en la arquitectura que reproducían las direcciones a estos fenómenos bien podrían haber tenido el objetivo de asegurar, de acuerdo con los principios de la magia, su secuencia regular. Las orientaciones astronómicas en la arquitectura representan una materialización de la unión conceptual del tiempo y el espacio: por una parte, tenían el uso práctico, permitiendo determinar los momentos del año de las estaciones que tenían importancia vital para la subsistencia, pero a la vez reproducían, de manera simbólica, las direcciones que –por marcar estos momentos– llegaron a ser sacralizadas. Podemos imaginar que, de esta manera, las orientaciones perpetuaban el orden cósmico concebido como ideal, corroboraban las predicciones de los sacerdotes y, al mismo tiempo, reforzaban la ideología del estrato en el poder (*cf.* Broda 1991: 462s; Iwaniszewski 1989: 30s; Šprajc 2005; 2018a).

Las mismas preocupaciones agrícolas y rituales se reflejan en los grupos E. Las orientaciones de los más tempranos se replicaron consistentemente en casos posteriores, demostrando claramente su base astronómica. Considerando el uso de orientaciones para la programación de actividades agrícolas y ceremoniales relacionadas, es significativo que los primeros grupos E aparecieron precisamente en la época cuando la agricultura se estaba convirtiendo en la estrategia de subsistencia predominante en las tierras bajas mayas. Con la creciente diversidad arquitectónica

en los siglos siguientes, las orientaciones originalmente plasmadas en los grupos E, así como sus funciones observacionales y rituales, fueron transferidas a edificios y complejos de otros tipos, afectando así sustancialmente la apariencia de las trazas urbanas. En varios sitios podemos observar que la vista hacia el horizonte desde un grupo E fue, en algún momento, obstruida por construcciones más altas, que fueron erigidas a lo largo de su eje central y adoptaron la misma orientación. Este hecho, así como la longevidad de los ejes centrales demostrada arqueológicamente en varios grupos E, atestigua claramente el significado duradero de los referentes astronómicos inicialmente previstos. El desarrollo cultural general, incluidas la relativa autonomía de los estados mayas y la continuamente cambiante geografía política, resultó en algunas variaciones regionales y temporales en las prácticas de orientación, pero la persistencia de los grupos de alineación más comunes hasta la conquista española refleja su importancia práctica y simbólica.

Ninguna de las estructuras conocidas actualmente, aun si incorporan alineamientos astronómicos, puede interpretarse como un dispositivo de observación en el sentido científico moderno. Dado que sus funciones principales eran religiosas, residenciales, funerarias o administrativas, el término "observatorio" aplicado a los grupos E o edificios de otro tipo es claramente inapropiado. Los principios que subyacen a la arquitectura maya y los diseños urbanos no pueden entenderse de manera integral sin considerar que las cuestiones "prácticas", relacionadas con la subsistencia, estaban entrelazadas con las prescripciones religiosas y observancias rituales. Sin embargo, es justo advertir que el papel que jugaban los conceptos de origen astronómico en este complejo conjunto de normas ha sido en gran parte subestimado. Las orientaciones, tanto de los grupos E como de otras construcciones monumentales, reflejan la importancia de estos conceptos en la ideología política. Una programación eficaz de las tareas agrícolas y las ceremonias correspondientes contribuyó a la legitimación del poder de la clase dominante y, por lo tanto, reforzó la cohesión social necesaria para preservar el orden político existente. A la luz de estos argumentos, es precisamente la importancia de las direcciones astronómica y cosmológicamente significativas, materializadas en el entorno construido, la que nos permite comprender algunos aspectos sobresalientes de la arquitectura y el urbanismo de los mayas.

Bibliografía

Acevedo, Renaldo, Zoila Calderón, y Bernard Hermes

- 1992 Rescate arqueológico en el Grupo D, Uaxactun, Petén. En: J. P. Laporte, H. Escobedo, y S. Brady, eds., *V Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1991*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 120-130.

Aimers, James J., y Prudence M. Rice

- 2006 Astronomy, ritual, and the interpretation of Maya "E-Group" architectural assemblages. *Ancient Mesoamerica* 17 (1): 79-96. <https://doi.org/10.1017/S0956536106060056>

Anaya Hernández, Armando, y Kathryn Reese-Taylor, eds.

- 2017 *Proyecto Arqueológico Yaxnohcah: Informe de la 2016 temporada de investigaciones*. Calgary: Universidad de Calgary. <https://www.mesoweb.com/resources/informes/Yaxnohcah2016.pdf>.

Aoyama, Kazuo, Takeshi Inomata, Flory Pinzón, y Juan Manuel Palomo

- 2017 Polished greenstone celt caches from Ceibal: the development of Maya public rituals. *Antiquity* 91 (357): 701-717. <https://doi.org/10.15184/aqy.2017.44>

Aparicio, Antonio, Juan Antonio Belmonte, y César Esteban

- 2000 Las bases astronómicas: el cielo a simple vista. En: J. A. Belmonte Avilés, ed., *Arqueoastronomía hispánica*, 2a ed., Madrid: Equipo Sirius, pp. 19-65.

Aquino, Daniel Eduardo

- 2007 La ocupación Clásico Terminal del epicentro urbano de Naranjo, Petén. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, y H. Mejía, eds., *XX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2006*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 590-604.

Aquino, Daniel, y Eddy Barrios

- 2010 La arquitectura de Nakum: el reflejo material de la evolución cultural. En: B. Arroyo, A. Linares, y L. Paiz, eds., *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 75-89.

Atlas Arqueológico de Guatemala

- 2008 *Registro de sitios arqueológicos del sureste y centro-oeste de Petén, 1987-2008*. Monografía 6, Atlas Arqueológico de Guatemala. Guatemala: Ministerio de Cultura y Deportes, Dirección General de Patrimonio Cultural y Natural.

Atran, Scott

- 1993 Itza Maya tropical agro-forestry. *Current Anthropology* 34 (5): 633-700. <https://doi.org/10.1086/204212>

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 (2): 149-191.

Aveni, Anthony F., y Anne S. Dowd

- 2017 E Groups: astronomy, alignments, and Maya cosmology. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 75-94.

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. <https://doi.org/10.2307/3557593>

Aveni, Anthony F., y Horst Hartung

- 1986 *Maya city planning and the calendar*. Transactions of the American Philosophical Society Vol. 76, Part 7, Philadelphia.
- 1989 Uaxactun, Guatemala, Group E and similar assemblages: an archaeoastronomical reconsideration. En: A. F. Aveni, ed., *World archaeoastronomy*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 441-461.
- 2000 Water, mountain, sky: the evolution of site orientations in southeastern Mesoamerica. En: Eloise Quinones Keber, ed., *In chalchihuitl in quetzalli: Precious greenstone precious quetzal feather: Mesoamerican studies in honor of Doris Heyden*, Lancaster: Labyrinthos, pp. 55-65.

Awe, Jaime J., Julie A. Hoggarth, y James J. Aimers

- 2017 Of apples and oranges: the case of E Groups and Eastern Triadic Architectural Assemblages in the Belize River valley. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 412-449.

Aylesworth, Grant R.

- 2004 Astronomical interpretations of ancient Maya E-Group architectural complexes. *Archaeoastronomy: The Journal of Astronomy in Culture* 18: 34-66.
- 2015 E-Group arrangements. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of archaeoastronomy and ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 783-791.

Bassie-Sweet, Karen

- 2008 *Maya sacred geography and the creator deities*. Norman: University of Oklahoma Press.

Bennett, G. G.

- 1982 The calculation of astronomical refraction in marine navigation. *The Journal of Navigation* 35 (2): 255-259. <https://doi.org/10.1017/S0373463300022037>

Blom, Frans

- 1928 San Clemente ruins, Peten, Guatemala (Chichantun). *Journal de la Société des Américanistes* n.s. 20: 93-102.

Broda, Johanna

- 1991 Cosmovisión y observación de la naturaleza: el ejemplo del culto de los cerros en Mesoamérica. En: Johanna Broda, Stanislaw Iwaniszewski, y Lucrecia Maupomé, eds., *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Históricas, pp. 461-500.

- 1993 Astronomical knowledge, calendrics, and sacred geography in ancient Mesoamerica. En: Clive L. N. Ruggles y Nicholas J. Saunders, eds., *Astronomies and cultures*, Niwot: University Press of Colorado, pp. 253-295.
- Brown, Shayna L.
2003 *An analysis of a Protoclassic female costume from the site of Caracol, Belize*. Tesis de maestría, Orlando: University of Central Florida.
- Cabrera, Tania
2000 Resultados preliminares de las investigaciones realizadas en el Grupo Maler, Yaxha, Petén. En: J. P. Laporte, H. Escobedo, B. Arroyo, y A. C. de Suasnívar, eds., *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1999*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 354-373.
- Calderón, Zoila, Bernard Hermes, Breitner González, y Telma Tobar
2008 La Acrópolis Interior de Nakum. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, y H. Mejía, eds., *XXI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2007*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala, pp. 487-500.
- Callaghan, Michael G., Brigitte Kovacevich, Karla J. Cardona Caravantes, Melvin Rodrigo Guzmán Piedrasanta, Dawn Crawford, y Mary Clarke
2017 La comunidad preclásica en Holtun, Guatemala: vista del Grupo F. En: B. Arroyo, L. Méndez Salinas, y G. Ajú Álvarez, eds., *XXX Simposio de Investigaciones Arqueológicas de Guatemala*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 93-106.
- Cardona Caravantes, Michael Callaghan, y Brigitte Kovacevich
2017 eds., *Proyecto Arqueológico Holtun Informe No. 7: Sitio arqueológico Holtun, aldea La Máquina, Flores, Petén*. Informe entregado al Instituto de Antropología e Historia, Nueva Guatemala de la Asunción.
- Carlson, John B.
1981 A geomantic model for the interpretation of Mesoamerican sites: an essay in crosscultural comparison. En: Elisabeth P. Benson, ed., *Mesoamerican sites and world-views*, Washington: Dumbarton Oaks, pp. 143-215.
- Carr, Robert F., y James E. Hazard
1961 *Map of the ruins of Tikal, El Peten, Guatemala: Tikal Report No. 11*. Philadelphia: University Museum, University of Pennsylvania.
- Chase, Adrian S. Z.
2016 Districting and urban services at Caracol, Belize: intra-site boundaries in an evolving Maya cityscape. *Research Reports in Belizean Archaeology* 13: 15-28.
- Chase, Arlen Frank
1983 *A contextual consideration of the Tayasal-Paxcaman zone, El Peten, Guatemala*. Tesis de doctorado, University of Pennsylvania, Philadelphia. Ann Arbor: University Microfilms International.
- Chase, Arlen F., y Diane Z. Chase
1987 *Investigations at the Classic Maya city of Caracol, Belize: 1985-1987*. Pre-Columbian Art Research Institute Monograph 3, San Francisco: Pre-Columbian Art Research Institute.

- 1995 External impetus, internal synthesis, and standardization: E Group assemblages and the crystallization of Classic Maya society in the southern lowlands. En: Nikolai Grube, ed., *The emergence of lowland Maya civilization: The transition from the Preclassic to the Early Classic*, Acta Mesoamericana 8, München: Anton Saurwein, pp. 87-101.
- 2006 Before the boom: Caracol's Preclassic era. *Research Reports in Belizean Archaeology* 3: 41-57.
- 2017 E Groups and the rise of complexity in the southeastern Maya Lowlands. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 31-71.
- Chase, Arlen F., Anne S. Dowd, y David Freidel
 2017 The distribution and significance of E Groups: a historical background and introduction. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 3-30.
- Chase, Arlen F., Diane Z. Chase, Jaime J. Awe, John F. Weishampel, Gyles Iannone, Holley Moyes, Jason Yaeger, et al.
 2014 Ancient Maya regional settlement and inter-site analysis: the 2013 west-central Belize LiDAR survey. *Remote Sensing* 6: 8671-8695. <https://doi.org/10.3390/rs6098671>
- Chase, Arlen F., Diane Z. Chase, John F. Weishampel, Jason B. Drake, Ramesh L. Shrestha, K. Clint Slatton, Jaime J. Awe, y William E. Carter
 2011 Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize. *Journal of Archaeological Science* 38 (2): 387-398. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.09.018>
- Chase, Diane Z., y Arlen F. Chase
 1996 Maya multiples: individuals, entries, and tombs in Structure A34 of Caracol, Belize. *Latin American Antiquity* 7 (1): 61-79. <https://doi.org/10.2307/3537015>
- Chinchilla Mazariegos, Oswaldo, y Oswaldo Gómez
 2010 El nacimiento del Sol en Tikal: interpretación de un entierro asociado al conjunto de tipo Grupo "E" de Mundo Perdido. En: B. Arroyo, A. Linares, y L. Paiz, eds., *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 1193-1201.
- Chinchilla Mazariegos, Oswaldo, Vera Tiesler, Oswaldo Gómez, y T. Douglas Price
 2015 Myth, ritual and human sacrifice in Early Classic Mesoamerica: interpreting a cremated double burial from Tikal, Guatemala. *Cambridge Archaeological Journal* 25 (1): 187-210. <https://doi.org/10.1017/S0959774314000638>
- Chocón, Jorge E.
 2013 Complejos de conmemoración astronómica, complejos de ritual público o grupos tipo E. En: B. Arroyo y L. Méndez Salinas, eds., *XXVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2012*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 519-528.
- Delvendahl, Kai
 2008 *Calakmul in sight: History and archaeology of an ancient Maya city*. Mérida: Unas Letras Industria Editorial.

Demarest, Arthur

- 2004 *Ancient Maya: The rise and fall of a rainforest civilization*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dowd, Anne S., y Susan Milbrath

- 2015 eds., *Cosmology, calendars, and horizon-based astronomy in ancient Mesoamerica*. Boulder: University Press of Colorado.

Doyle, James

- 2017 *Architecture and the origins of Preclassic Maya politics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Drápela, Tomáš

- 2014 Rethinking the function of E-Group assemblages of the Maya southern lowlands. En: Milan Kováč y Jakub Špoták, eds., *Maya spirituality*, Axis Mundi: Journal of the Slovak Association for the Study of Religions 9 (1, special issue): 91-101.

Drennan, R. D.

- 2000 Games, players, rules, and circumstances: Looking for understandings of social change at different levels. En: Gary M. Feinman y Linda Manzanilla, eds., *Cultural evolution: Contemporary viewpoints*, New York: Springer Science & Business Media, pp. 177-196.

Enríquez O., Amalia, y Omar Rodríguez C.

- 2006 Los espacios abiertos de la antigua ciudad maya de Calakmul: forma y función. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, y H. Mejía, eds., *XIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2005*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 406-418.

Estrada-Belli, Francisco

- 2005 ed., *Investigaciones arqueológicas en la región de Holmul, Petén, Guatemala: Informe preliminar de la temporada 2005*. Nashville: Vanderbilt University, Department of Anthropology. <https://www.bu.edu/holmul/reports/>
- 2009 *Investigaciones arqueológicas en la región de Holmul, Petén: Holmul y Hamontun: Informe preliminar de la temporada 2009*. Boston: Boston University, Archaeology Department. <https://www.bu.edu/holmul/reports/>
- 2011 *The first Maya civilization: Ritual and power before the Classic period*. London – New York: Routledge.
- 2015 ed., *Investigaciones arqueológicas en la región de Holmul, Petén: Holmul y Cival: informe anual de la temporada 2015*. New Orleans: Tulane University, Middle American Research Institute. <https://www.bu.edu/holmul/reports/>
- 2017 The history, function, and meaning of Preclassic E Groups in the Cival region. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 293-327.

Fialko, Vilma

- 1987 Tikal, Mundo Perdido: identificación de un complejo con implicación astronómica. En: *Memorias del Primer Coloquio Internacional de Mayistas: 5-10 de agosto de 1985*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filológicas, Centro de Estudios Mayas, pp. 143-164.

- 1988 Mundo Perdido, Tikal: un ejemplo de Complejos de Conmemoración Astronómica. *Mayab* núm. 4: 13-21.
- 2004 Investigaciones arqueológicas en Naranjo: primeras observaciones sobre el desarrollo cultural del centro urbano. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 24: 179-193.
- 2005a Proceso evolutivo del epicentro monumental de Naranjo, Petén. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, y H. Mejía, eds., *XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2004*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 216-225.
- 2005b Diez años de investigaciones arqueológicas en la cuenca del Río Holmul, región noreste de Petén. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, y H. E. Mejía, eds., *XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2004*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia – Asociación Tikal, pp. 244-260.
- 2006 El palacio mayor de la realeza de Naranjo, Petén. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, y H. Mejía, eds., *XIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2005*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 362-370.
- 2009 *Archaeological research and rescue project at Naranjo: Emerging documentation in Naranjo's Palacio de la Realeza, Petén, Guatemala*. Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies. <http://www.famsi.org/reports/05005/05005Fialko01.pdf>
- Flores, Rosa María
- 1994 Exploraciones en Suk Che´ Central. En: J. P. Laporte, ed., *Reporte 8, Atlas Arqueológico de Guatemala: Reconocimiento y excavaciones arqueológicas en los municipios de Dolores y San Luis, Petén*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 295-309.
- Flores Esquivel, Atasta
- 2010 Los complejos del tipo "E" y su asociación con acrópolis o arreglos de tipo triádico: esbozos de un posible patrón urbano y sus posibles significados. En: B. Arroyo, A. Linares, y L. Paiz, eds., *XXIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2009*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 111-122.
- Freidel, David A., Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock
- 2017 eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida.
- Galindo Trejo, Jesús
- 1994 *Arqueoastronomía en la América antigua*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – Editorial Equipo Sirius.
- Gámez, Laura Lucía
- 2004 El complejo de la Pirámide de la Escalinata Jeroglífica de Naranjo. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo, y H. Mejía, eds., *XVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2003*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 562-569.
- García, Edgar Vinicio
- 2001 Investigaciones en la parte norte de Yaxha. En: J. P. Laporte, A. C. Suasnívar, y B. Arroyo, eds., *XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2000*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 113-130.

García López, María Isabel

- 2008 Análisis del material de superficie. En: Ivan Šprajc, ed., *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress, pp. 143-175.

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.

González-García, A. César, e Ivan Šprajc

- 2016 Astronomical significance of architectural orientations in the Maya Lowlands: a statistical approach. *Journal of Archaeological Science: Reports* 9: 191-202.
<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.07.020>

Graham, Ian, y Eric von Euw

- 1975 *Corpus of Maya hieroglyphic inscriptions*, vol. 2, part 1. Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.
- 1980 *Corpus of Maya hieroglyphic inscriptions*, vol. 2, part 3. Cambridge: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.

Grove, David C.

- 1970 *The Olmec paintings of Oxtotitlan cave, Guerrero, Mexico*. Studies in Pre-Columbian Art and Archaeology No. 6, Washington, D.C: Dumbarton Oaks, Trustees for Harvard University.

Guderjan, Thomas H.

- 2006 E-Groups, pseudo-E-Groups, and the development of the Classic Maya identity of the eastern Peten. *Ancient Mesoamerica* 17 (1): 97-104. <https://doi.org/10.1017/S0956536106050140>

Gunn, Joel D., William J. Folan, y Hubert R. Robichaux

- 1995 A landscape analysis of the Candelaria watershed in Mexico: insights into paleoclimates affecting upland horticulture in the southern Yucatan peninsula semi-karst. *Geoarchaeology* 10 (1): 3–42. <https://doi.org/10.1002/gea.3340100103>

Harrison, Peter D.

- 1999 *The lords of Tikal: Rulers of an ancient Maya city*. London: Thames & Hudson.

Hawkins, Gerald S.

- 1968 Astro-archaeology. *Vistas in Astronomy* 10: 45-88. [https://doi.org/10.1016/0083-6656\(68\)90039-1](https://doi.org/10.1016/0083-6656(68)90039-1)

Hawkins, Gerald S., y Shoshana K. Rosenthal

- 1967 5,000- and 10,000-year star catalogs. *Smithsonian Contributions to Astrophysics* 10 (2): 141-179. <https://doi.org/10.5479/si.00810231.10-2.141>

Helmke, Christoph

- 2019 Appendix 1: epigraphic report on recently discovered altars at Caracol, Belize. En: Arlen F. Chase, Diane Z. Chase, y Adrian S. Z. Chase, *Markets and the socio-economic integration of Caracol, Belize: Investigating residential groups and public architecture in the vicinities of the Monterey residential group and the Puchituk Terminus: Caracol Archaeological Project Investigations for 2019*, Report submitted to Belize Institute of Archaeology, pp. 34-42. <https://caracol.org/wp-content/uploads/2019/12/2019.pdf>

Helmke, Christoph, y Jaime Awe

- 2012 Ancient Maya territorial organisation of central Belize: confluence of archaeological and epigraphic data. *Contributions in New World Archaeology* 4: 59-90.

Herman, Carlos H.

- 2007 Los estadios constructivos en la Plaza A del Grupo 3D-XIV o Zona Norte de Tikal, Petén. En: J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía, eds., *XX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2006*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 667-678.

Hermes, Bernard, y Zoila Calderón

- 2003 La secuencia de ocupación prehispánica en Nakum: una visión preliminar. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo, y H. Mejía, eds., *XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2002*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 305-319.

Hermes, Bernard, Gonzalo Galindo, y Rodolfo Veras

- 1993 Investigaciones recientes en el Edificio 216 de Yaxha. En: J. P. Laporte, H. Escobedo, y S. Villagrán de Brady, eds., *VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1992*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 190-201.

Hermes, Bernard, y Gustavo Martínez

- 2005 El Clásico Terminal en el área de la laguna Yaxha, Petén. En: J. P. Laporte, B. Arroyo, y H. Mejía, eds., *XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2004*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 139-146.

Hermes Cifuentes, B. A., R. Noriega Girón, y Z. Calderón Santizo

- 1997 Investigación arqueológica y trabajos de conservación en el Edificio 216 de Yaxhá. En: *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 17: 257-309.

Hiquet, Julien

- 2018 Operación II.1: sondeos estratigráficos en los Grupos A y C. En: Philippe Nondédéo, Dominique Michelet, Johann Begel, y Lilian Garrido, eds., *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: Informe de la octava temporada de campo 2017*, Guatemala: Laboratoire "Archéologie des Amériques" UMR 8096-CNRS – Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne – Centre d'Études Mexicaines et Centroaméricaines (CEMCA), UMIFRE N°16 - USR N°3337 - Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), pp. 29-122.

Iannone, Gyles, Arlen F. Chase, Diane Z. Chase, Jaime Awe, Holley Moyes, George Brook, Jason Polk, James Webster, y James Conolly

- 2014 An archaeological consideration of long-term socioecological dynamics on the Vaca Plateau, Belize. En: Gyles Iannone, ed., *The great Maya droughts in cultural context: Case studies in resilience and vulnerability*, Boulder: University Press of Colorado, pp. 271-300.

Inomata, Takeshi

- 2017 The Isthmian origins of the E Group and its adoption in the Maya Lowlands. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 215-252.

- Inomata, Takeshi, Jessica MacLellan, Daniela Triadan, Jessica Munson, Melissa Burham, Kazuo Aoyama, Hiroo Nasu, Flory Pinzón, y Hitoshi Yonenobu
2015 Development of sedentary communities in the Maya Lowlands: coexisting mobile groups and public ceremonies at Ceibal, Guatemala. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (14): 4268-4273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1501212112>
- Inomata, Takeshi, Flory Pinzón, Juan Manuel Palomo, Ashley Sharpe, Raúl Ortíz, María Belén Méndez, y Otto Román
2017 Public ritual and interregional interactions: excavations of the Central Plaza of Group A, Ceibal. *Ancient Mesoamerica* 28 (1): 203-232. <https://doi.org/10.1017/S0956536117000025>
- Inomata, Takeshi, y Daniela Triadan
2015 Middle Preclassic caches from Ceibal, Guatemala. En: Charles Golden, Stephen Houston, y Joel Skidmore, eds., *Maya archaeology 3*, San Francisco: Precolumbia Mesoweb Press, pp. 56-91.
- Inomata, Takeshi, Daniela Triadan, Kazuo Aoyama, Victor Castillo, y Hitoshi Yonenobu
2013 Early ceremonial constructions at Ceibal, Guatemala, and the origins of Lowland Maya civilization. *Science* 340 (6131): 467-471. <https://doi.org/10.1126/science.1234493>
- Inomata, Takeshi, Daniela Triadan, Flory Pinzón, Melissa Burham, José Luis Ranchos, Kazuo Aoyama, y Tsuyoshi Haraguchi
2018 Archaeological application of airborne LiDAR to examine social changes in the Ceibal region of the Maya lowlands. *PLOS One* 13 (2): 1-37. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191619>
- Inomata, Takeshi, Daniela Triadan, Verónica A. Vázquez López, Juan Carlos Fernandez-Díaz, Takayuki Omori, María Belén Méndez Bauer, Melina García Hernández, et al.
2020 Monumental architecture at Aguada Fénix and the rise of Maya civilization. *Nature* 582 (7813): 530-533. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2343-4>
- Iwaniszewski, Stanisław
1989 Exploring some anthropological theoretical foundations for archaeoastronomy. En: A. F. Aveni, ed., *World archaeoastronomy*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 27-37.
2015 Cultural interpretation of archaeological evidence relating to astronomy. En: Clive L. N. Ruggles, ed., *Handbook of archaeoastronomy and ethnoastronomy*, New York: Springer, pp. 315-324.
- Kennett, Douglas J., Keith M. Prufer, Brendan J. Culleton, Richard J. George, Mark Robinson, Willa R. Trask, Gina M. Buckley, et al.
2020 Early isotopic evidence for maize as a staple grain in the Americas. *Science Advances* 6 (23): eaba3245. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba3245>
- Klein, Cecelia F.
1980 Who was Tlaloc? *Journal of Latin American Lore* 6 (2): 155-204.
- Kováč, Milan
2013 Crecimiento, colapso y retorno ritual en la ciudad antigua de Uaxactún (150 a.C.-300 d.C.). En: M.-Charlotte Arnauld y Alain Breton, eds., *Millenary Maya societies: Past crises and resilience*, Mesoweb, pp. 106-121. <http://www.mesoweb.com/publications/MMS/>
2017 Excavaciones en la plataforma este del Grupo E. En: Milan Kováč, Silvia Alvarado Najarro, Mauricio Díaz García, y Tomáš Drápela, eds., *Nuevas excavaciones en Uaxactun VIII:*

Temporada 2016, Bratislava: Center for Mesoamerican Studies (CMS), Comenius University – Chronos, pp. 58-74.

Kováč, Milan, Tomáš Drápela, Jakub Špoták, Tibor Lieskovský, y Ladislav Husár

2019 Skywatching at Uaxactun: reconsidering perspectives on the astronomical significance of Preclassic architectural alignments. En: Milan Kováč, Harri Kettunen, y Guido Krempel, eds., *Maya cosmology: Terrestrial and celestial landscapes*, Acta Mesoamericana 29, München: Verlag Anton Saurwein pp. 6-26.

Kováč, Milan, Vladimír Karlovsky, Alice Desprat, y Teresa Navarro

2015 Observatorio E-VII Sub de Uaxactun: reconsiderando su función en el pasado y propuesta de conservación en el futuro. En: B. Arroyo, L. Méndez Salinas, y L. Paiz, eds., *XXVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2014*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 1033-1044.

Krupp, E. C.

1983 *Echoes of the ancient skies: The astronomy of lost civilizations*. New York: Harper & Row.

La Farge II, Oliver, y Douglas Byers

1931 *The year bearer's people*. Middle American Research Series Publication No. 3, New Orleans: The Tulane University of Louisiana.

Landa, Fr. Diego de

1973 *Relación de las cosas de Yucatán*, 10a. ed. México: Editorial Porrúa.

Laporte Molina, Juan Pedro

1991 Reconocimiento regional en el noroeste de las Montañas Mayas, Guatemala: segundo reporte. *Mexicon* XIII (2): 30-36.

1993 Función, arquitectura y ritual en tres plazas ceremoniales de Ixtonton, Petén. En: J. P. Laporte, H. Escobedo y S. Villagrán de Brady, eds., *VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1992*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 231-249.

1997 Exploración y restauración en la Gran Pirámide de Mundo Perdido, Tikal (Estructura 5C-54). En: J. P. Laporte y H. Escobedo, eds., *X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1996*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 332-359.

1998 Una perspectiva del desarrollo político prehispánico en el sureste de Petén, Guatemala. En: Andrés Ciudad Ruiz, Ma. Yolanda Fernández, José Miguel García Campillo, María Josefa Iglesias Ponce de León, Alfonso Lacadena García-Gallo, y Luis Tomás Sanz Castro, eds., *Anatomía de una civilización: Aproximaciones interdisciplinarias a la cultura maya*, Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas, pp. 131-160.

2001a Trabajos no divulgados del Proyecto Nacional Tikal, parte 2: hallazgos en las exploraciones de la Zona Norte. En: J. P. Laporte, A. C. Suasnívar y B. Arroyo, eds., *XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2000*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 221-258.

2001b Dispersión y estructura de las ciudades del sureste del Petén, Guatemala. En: Andrés Ciudad Ruiz, Ma. Josefa Iglesias Ponce de León, y Ma. del Carmen Martínez Martínez, eds., *Reconstruyendo la ciudad maya: El urbanismo en las sociedades antiguas*, Publicaciones de la S. E. E. M. núm. 6, Madrid: Sociedad Española de Estudios Mayas, pp. 137-161.

- Laporte, Juan Pedro, y Héctor L. Escobedo
1992 Ixtutz, centro rector al oeste del valle de Dolores, Petén. *Mexicon* XIV (5): 90-98
- Laporte, Juan Pedro, y Vilma Fialko
1995 Un reencuentro con Mundo Perdido, Tikal, Guatemala. *Ancient Mesoamerica* 6: 41-94. <https://doi.org/10.1017/S0956536100002108>
- Laporte, Juan Pedro, y Héctor E. Mejía
2005 Exploraciones en el sector central de Ixkun. En: J. P. Laporte y H. Mejía, eds., *Ixkun, Petén, Guatemala: Exploraciones en una ciudad del alto Mopan, 1985-2005, Atlas Arqueológico de Guatemala*, Guatemala: Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, Ministerio de Cultura y Deportes, pp. 13-58.
- Laporte, Juan Pedro, Héctor E. Mejía, y Jorge E. Chocón
2006 Un reconocimiento arqueológico en zona de frontera: la cuenca del Río Chiquibul en Petén, Guatemala. *Mesoamérica* 27 (48): 1-46.
- Laporte, Juan Pedro, y Carlos Rolando Torres
1988 Reconocimiento en Ixtonton, Dolores. En: J. P. Laporte y C. R. Torres, eds., *Reporte 1, Atlas Arqueológico de Guatemala*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 52-113.
- Laporte, Juan Pedro, Rolando Torres, Héctor Escobedo y Paulino Morales
1992 El valle de Sacul en las Montañas Mayas de Guatemala. En: J. P. Laporte, H. Escobedo, y S. Brady, eds., *IV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1990*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 107-118.
- Laporte, Juan Pedro, Carlos Rolando Torres, Paulino I. Morales, Jorge Mario Samayoa, Nora María López, y Juan Antonio Valdés
1989a Curucuitz. En: *Reporte 3, Atlas Arqueológico de Guatemala: Informe del reconocimiento arqueológico del valle de Dolores, Petén*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 1-5.
1989b Ix Kol. En: *Reporte 3, Atlas Arqueológico de Guatemala: Informe del reconocimiento arqueológico del valle de Dolores, Petén*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 34-85.
- LeCount, Lisa J., David W. Mixter, y Borislava S. Simova
2017 Preliminary thoughts on ceramic and radiocarbon data from Actuncan's 2015 E-Group excavations. En: Lisa J. LeCount y David W. Mixter, *The Actuncan Archaeological Project: Report of the 2016 field season*, Report submitted to the Belize Institute of Archaeology, pp. 21-42. <https://llecount.people.ua.edu/actuncan-archaeological-project.html>
- Lincoln, Jackson Steward
1945 *An ethnological study on the Ixil Indians of the Guatemala highlands*. Microfilm Collection of Manuscripts on Middle American Cultural Anthropology No. 1, Chicago: University of Chicago Library.
- Long, Richard C. E.
1948 Observation of the Sun among the Ixil of Guatemala. *Carnegie Institution of Washington, Notes on Middle American Archaeology and Ethnology* 87: 214-218.

Loten, H. Stanley

- 2018 *Miscellaneous investigations in central Tikal: Structures in and around the Lost World plaza: Tikal Report No. 23D*. University Museum Monograph 148, Philadelphia: University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology.

Macgowan, Kenneth

- 1945 The orientation of Middle American sites. *American Antiquity* 11 (2): 118.
<https://doi.org/10.2307/275663>

Malmström, Vincent H.

- 1997 *Cycles of the Sun, mysteries of the Moon: The calendar in Mesoamerican civilization*. Austin: University of Texas Press.

Marquina, Ignacio, y Luis R. Ruiz

- 1932 La orientación de las pirámides prehispánicas. *Universidad de México* 5 (25-26): 11-17.

Mathews, Jennifer P., y James F. Garber

- 2004 Models of cosmic order: physical expression of sacred space among the ancient Maya. *Ancient Mesoamerica* 15 (1): 49-59. <https://doi.org/10.1017/S0956536104151031>

May Castillo, Manuel

- 2014 *Análisis, estudio y conservación de los edificios astronómicos mayas: Arquitectura maya y urbanismo, una aproximación desde la astronomía y el paisaje*. Tesis doctoral, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Meeus, Jean, y Denis Savoie

- 1992 The history of the tropical year. *Journal of the British Astronomical Association* 102 (1): 40-42.

Mejía, Héctor E.

- 2014 Los conjuntos de tipo Grupo E: problema analítico o funcional. En: Bárbara Arroyo, Luis Méndez Salinas, y Andrea Rojas, eds., *XXVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2013*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 1051-1061.

Michelet, Dominique, y Philippe Nondédéo

- 2012 Operación III.1: los edificios 6O3, 6O4, 6O5 y la Plaza Río Bec. En: Philippe Nondédéo, Dominique Michelet, Julien Sion, y Carlos Morales-Aguilar, eds., *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010-2014: Informe final de la segunda temporada de campo 2011*, Guatemala: Unidad "Archéologie des Amériques" (UMR 8096) CNRS, Université de Paris 1 – CEMCA – Guatemala, pp. 145-172.

Milbrath, Susan

- 1999 *Star gods of the Maya: Astronomy in art, folklore, and calendars*. Austin: University of Texas Press.
- 2017a The legacy of Preclassic calendars and solar observation in Mesoamerica's magic latitude. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 95-134.
- 2017b The role of solar observations in developing the Preclassic Maya calendar. *Latin American Antiquity* 28 (1): 88-104. <https://doi.org/10.1017/laq.2016.4>

Morales-Aguilar, Carlos

- 2014 Operación III.6: sondeos arqueológicos en la Calzada Balam y la Estructura XV del Grupo A, Naachtun, Guatemala. En: Philippe Nondédéo, Julien Hiquet, Dominique Michelet, Julien Sion, y Lilian Garrido, eds., *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2010--2014: Informe de la quinta temporada de campo 2014*, Guatemala: Laboratoire "Archéologie des Amériques" UMR 8096-CNRS – Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne – Centre d'Études Mexicaines et Centroaméricaines (CEMCA), UMIFRE N°16 - USR N°3337 – Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), pp. 385-405.

Morales-Aguilar, Carlos, y Cyril Castanet

- 2016 Operación I.5: análisis preliminares de la imagen lidar de la micro-región de Naachtun. En: Dominique Michelet, Philippe Nondédéo, Julien Hiquet, y Lilian Garrido, eds., *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: Informe de la séptima temporada de campo 2016*, Nueva Guatemala de la Asunción: Laboratoire "Archéologie des Amériques" UMR 8096-CNRS - Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne; Centre d'Études Mexicaines et Centroaméricaines (CEMCA), UMIFRE N°16 - USR N°3337; Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), pp. 53-61.

Morales-Aguilar, Carlos, Philippe Nondédéo, y Julien Hiquet

- 2018 Operación V.8b: exploración preliminar de Kunal: un centro secundario. En: Philippe Nondédéo, Dominique Michelet, Johann Begel, y Lilian Garrido, eds., *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: Informe de la octava temporada de campo 2017*, Guatemala: Laboratoire "Archéologie des Amériques" UMR 8096-CNRS – Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne – Centre d'Études Mexicaines et Centroaméricaines (CEMCA), UMIFRE N°16 - USR N°3337 – Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), pp. 473-480.

Morris, John, y Anabel E. Ford

- 2005 Early Classic manifestations at El Pilar and Mountain Cow. *Research Reports in Belizean Archaeology* 2: 79-97.

Morrison, L. V.

- 1980 On the analysis of megalithic lunar sightlines in Scotland. *Archaeoastronomy* núm. 2 (*Journal for the History of Astronomy*, suplemento a vol. 11): S65-S77.

Morton, Shawn Gregory

- 2007 *Procession ritual at Naachtun, Guatemala during the Late Classic period*. Tesis de maestría, Calgary: University of Calgary.
- 2013 Mapeo y reconocimiento (Operación 6). En: Martin Rangel y Kathryn Reese-Taylor, eds., *Proyecto Arqueológico Naachtun, 2004-2009: Informe no. 2: Segunda temporada de campo en el sitio arqueológico Naachtun*, Guatemala, pp. 11-14.

Munro, Andrew M., y J. McKim Malville

- 2010 Archaeoastronomy in the field: methodologies applied in Chaco Canyon. *Journal of Cosmology* 9: 2147-2159. <http://journalofcosmology.com/AncientAstronomy115.html>

Nondédéo, Philippe, Johann Begel, Julien Hiquet, Julie Patrois, Isaac Barrientos, y M. Luisa Vázquez de Ágredos Pascual

- en prensa The role of altars in Maya public rituals of the Early Classic period: analysis and contexts of the associated deposits. En: Rosemary A. Joyce y Lisa M. Johnson, eds., *A deep history of ritual practices*, Boulder: University Press of Colorado.

- Nondédéo, Philippe, Cyril Castanet, Louise Purdue, Eva Lemonnier, Lydie Dussol, Julien Hiquet, Aline Garnier, y Marc Testé
 2020 Archaeological and paleoenvironmental reconstructions in the tropical Maya area: the case of Naachtun (Guatemala). En: Zoï Tsirtsoni, Catherine Kuzucuoğlu, Philippe Nondédéo, y O. Weller, eds., *Different times? Archaeological and environmental data from intra-site and off-site sequences*, Paris, France: Archaeopress, pp. 94-110. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02559943>
- Nondédéo, Philippe, Dominique Michelet, Johann Begel, y Lilian Garrido, eds.
 2018 *Proyecto Petén-Norte Naachtun 2015-2018: Informe de la octava temporada de campo 2017*. Guatemala: Laboratorio "Archéologie des Amériques" UMR 8096-CNRS – Université Paris 1 – Panthéon Sorbonne – Centre d'Études Mexicaines et Centroaméricaines (CEMCA), UMIFRE N°16 - USR N°3337 – Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).
- Nondédéo, Philippe, Alejandro Patiño, Julien Sion, Dominique Michelet, y Carlos Morales-Aguilar
 2013 Crisis múltiples en Naachtun: aprovechadas, superadas e irreversibles. En: M.-Charlotte Arnaud y Alain Breton, *Millenary Maya societies: Past crises and resilience*, Mesoweb, pp. 122-147. http://www.mesoweb.com/publications/MMS/9_Nondedeo_etal.pdf
- Nooren, Kees, Wim Z. Hoek, Brian J. Dermody, Didier Galop, Sarah Metcalfe, Gerald Islebe, y Hans Middelkoop
 2018 Climate impact on the development of Pre-Classic Maya civilisation. *Climate of the Past* 14 (8): 1253–1273. <https://doi.org/10.5194/cp-14-1253-2018>
- Noriega, Raúl Eduardo
 1999 Trabajos de restauración en el Edificio A de Nakum, Petén. En: J. P. Laporte y H. L. Escobedo, eds., *XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1998*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 139-146.
- Noriega Girón, Raúl, y Bernard A. Hermes
 2000 Avance en los trabajos de investigación arqueológica y restauración en los Edificios N, 60 y 61 de Nakum. En: J. P. Laporte, H. Escobedo, B. Arroyo, y A. C. de Suasnávar, eds., *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1999*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 341-353.
- Pinto, Alba Estela, y Renaldo L. Acevedo
 1988 Reconocimiento en Curucuitz, Dolores. En: *Reporte 1, Atlas Arqueológico de Guatemala*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 43-51.
- Pugh, Timothy W.
 2019 From the streets: public and private space in an early Maya city. *Journal of Archaeological Method and Theory* 26 (3): 967-997. <https://doi.org/10.1007/s10816-018-9404-0>
- Pugh, Timothy W., y Prudence M. Rice
 2017 Early urban planning, spatial strategies, and the Maya gridded city of Nixtun-Ch'ich', Petén, Guatemala. *Current Anthropology* 58 (5): 576-603. <https://doi.org/10.1086/693779>
- Quintana Samayoa, Oscar
 2007 Investigaciones en las ruinas mayas de San Clemente, Petén, Guatemala. *Mexicon* XXIX (1): 17-19.

- 2013 *Ciudades mayas del noreste del Petén, Guatemala: Análisis urbanístico y conservación: Con contribuciones de Raúl Noriega, Breitner González y Telma Tobar.* Forschungen zur Archäologie Außereuropäischer Kulturen, Band 11, Bonn – Wiesbaden: Kommission für Archäologie Außereuropäischer Kulturen des Deutschen Archäologischen Instituts – Reichert Verlag.
- 2014 Nakum – ciudad maya, Petén, Guatemala. *Zeitschrift für Archäologie Außereuropäischer Kulturen* 6: 145-246.
- 2017 El noreste de El Petén, aportes al urbanismo prehispánico. *Estudios de Cultura Maya* 49: 67-95. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2017.49.815>
- Quintana Samayoa, Oscar, Breitner Gonzáles, y Miriam Elizabet Salas Pol
- 2011 Resultados finales de las investigaciones en San Clemente. En: B. Arroyo, L. Paiz, A. Linares, y A. Arroyave, eds., *XXIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 269-276.
- Quintana, Oscar, y Wolfgang W. Wurster
- 2001 *Ciudades mayas del noreste del Peten, Guatemala: Un estudio urbanístico comparativo.* Materialien zur Allgemeinen und Vergleichenden Archaeologie, Band 59, Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern.
- 2002 Un nuevo plano del sitio maya de Nakúm, Petén, Guatemala. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 22: 243-275.
- 2004 Un nuevo plano del sitio maya de Naranjo, Petén, Guatemala. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 24: 149-178.
- Quintana, Oscar, Wolfgang W. Wurster, y Bernard Hermes
- 2000 El plano del sitio maya de Yaxhá, Petén, Guatemala. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 20: 261–286.
- Rand, Asta J.
- 2016 Ancient Maya mobility at Caledonia, Cayo District, Belize: evidence from stable oxygen isotope analysis. En: Margaret Patton y Jessica Manion, eds., *Trading spaces: The archaeology of interaction, migration and Exchange: Proceedings of the 46th Annual Chacmool Archaeology Conference*, Calgary: University of Calgary, pp. 32-43.
- Reese-Taylor, Kathryn
- 2017 Founding landscapes in the central karstic uplands. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 480-513.
- Reese-Taylor, Kathryn, y Martin Rangel
- 2013 El periodo Clásico Temprano en Naachtun: síntesis de los resultados de dos temporadas de campo. En: Martin Rangel y Kathryn Reese-Taylor, eds., *Proyecto Arqueológico Naachtun, 2004-2009: Informe no. 2: segunda temporada de campo en el sitio arqueológico Naachtun*, Guatemala, pp. 120-125. <http://www.mesoweb.com/resources/informes/Naachtun2005.pdf>
- Rice, Prudence M.
- 2007 *Maya calendar origins: Monuments, mythistory, and the materialization of time.* Austin: University of Texas Press.

- 2009 Mound ZZ1, Nixtun-Ch'ich', Petén, Guatemala: rescue operations at a long-lived structure in the Maya Lowlands. *Journal of Field Archaeology* 34 (4): 403-422. <https://doi.org/10.1179/009346909791070772>
- 2017 The E Group as timescape: early E Groups, figurines, and the sacred almanac. En: David A. Freidel, Arlen F. Chase, Anne S. Dowd, y Jerry Murdock, eds., *Maya E Groups: Calendars, astronomy, and urbanism in the early lowlands*, Gainesville: University Press of Florida, pp. 135-176.
- 2019 Early pottery and construction at Nixtun-Ch'ich', Petén, Guatemala: preliminary observations. *Latin American Antiquity* 30 (3): 471-489. <https://doi.org/10.1017/laq.2019.26>
- Rice, Prudence M., y Timothy W. Pugh
- 2017 Water, centering, and the beginning of time at Middle Preclassic Nixtun-Ch'ich', Petén, Guatemala. *Journal of Anthropological Archaeology* 48: 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2017.05.004>
- Ricketson, Oliver G.
- 1928a Notes on two Maya astronomic observatories. *American Anthropologist* 30 (3): 434-444. <https://doi.org/10.1525/aa.1928.30.3.02a00040>
- 1928b Astronomical observatories in the Maya area. *Geographical Review* 18 (2): 215-225. <https://doi.org/10.2307/208047>
- Ricketson Jr., Oliver G., y Edith Bayles Ricketson
- 1937 *Uaxactun, Guatemala, Group E - 1926-1931*. Carnegie Institution of Washington Publication 477, Washington.
- Rosal, Marco Antonio, y Juan Antonio Valdés
- 2005 El Grupo E de Uaxactún. En: Juan Antonio Valdés, ed., *El periodo Clásico en Uaxactun, Guatemala: Arqueología en el centro de Petén*, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Historia, Instituto de Investigaciones Históricas, Antropológicas y Arqueológicas, pp. 135-154.
- Rosal, Marco Antonio, Juan Antonio Valdés, y Juan Pedro Laporte
- 1993 Nuevas exploraciones en el Grupo E, Uaxactún. En: Juan Pedro Laporte y Juan Antonio Valdés, eds., *Tikal y Uaxactún en el Preclásico*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, pp. 70-91.
- Rosenswig, Robert M., Amber M. VanDerwarker, Brendan J. Culleton, and Douglas J. Kennett
- 2015 Is it agriculture yet? Intensified maize-use at 1000 cal BC in the Soconusco and Mesoamerica. *Journal of Anthropological Archaeology* 40: 89-108. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2015.06.002>
- Ruggles, Clive L. N.
- 1997 Whose equinox? *Archaeoastronomy* núm. 22 (*Journal for the History of Astronomy*, suplemento a vol. 28): S45-S50. <https://doi.org/10.1177/002182869702802205>
- 1999 *Astronomy in prehistoric Britain and Ireland*. New Haven - London: Yale University Press.
- 2017 Postscript: still our equinox? *Journal of Skyscape Archaeology* 3 (1): 132-135. <https://doi.org/10.1558/jsa.33329>

Ruppert, Karl

- 1940 A special assemblage of Maya structures. En: Clarence L. Hay, Ralph L. Linton, Samuel K. Lothrop, Harry L. Shapiro, y George C. Vaillant, eds., *The Maya and their neighbors*, New York: D. Appleton-Century Company, pp. 222-231.

Ruppert, Karl, y John H. Denison

- 1943 *Archaeological reconnaissance in Campeche, Quintana Roo, and Peten*. Carnegie Institution of Washington Publication 543, Washington.

Sánchez Nava, Pedro Francisco, e Ivan Šprajc

- 2015 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura maya de las tierras bajas*. Colección Arqueología, Serie Logos, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Sánchez Nava, Pedro Francisco, Ivan Šprajc, y Martin Hobel

- 2016 *Aspectos astronómicos de la arquitectura maya en la costa nororiental de la península de Yucatán*. Prostor, kraj, čas 13, Ljubljana: Založba ZRC. <https://doi.org/10.3986/9789612548964>

Schaefer, Bradley E.

- 1986 Atmospheric extinction effects on stellar alignments. *Archaeoastronomy* núm. 10 (*Journal for the History of Astronomy*, suplemento a vol. 17): S32-S42.

Simova, Borislava, E. Christian Wells, David W. Mixter, y Lisa LeCount

- 2018 Exploring changes in activities in Maya E-Groups: archaeological and geochemical analysis of E-Group plaster floors at Actuncan, Belize. *Research Reports in Belizean Archaeology* 15: 27-37.

Smith, A. Ledyard

- 1968 Reconstruction at the Maya ruins of Seibal. *Monumentum* 2: 82-96.
- 1937 Structure A-XVIII, Uaxactun. *Contributions to American Archaeology* No. 20: 1-27, Carnegie Institution of Washington Publication 483, Washington.
- 1950 *Uaxactun, Guatemala: Excavations of 1931-1937*. Carnegie Institution of Washington Publication 588, Washington.

Smith, A. Ledyard, y Alfred V. Kidder

- 1951 *Excavations at Nebaj, Guatemala*. Carnegie Institution of Washington Publication 594, Washington.

Spencer, Charles S.

- 1993 Human agency, biased transmission, and the cultural evolution of chiefly authority. *Journal of Anthropological Archaeology* 12 (1): 41-74. <https://doi.org/10.1006/jaar.1993.1002>

Suasnávar, José Samuel, Benito Burgos, Nancy Monterroso, Heidi Quezada, y Mónica Urquizú

- 1993 Excavaciones efectuadas en los sitios de la cuenca del río Xa'an. En: J. P. Laporte, ed., *Reporte 7, Atlas Arqueológico de Guatemala: Exploraciones arqueológicas en los municipios de Dolores, Sayaxche y San Luis, Petén*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 75-90.

Šprajc, Ivan

- 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: Diana.

- 2000 Astronomical alignments at the Templo Mayor of Tenochtitlan, Mexico. *Archaeoastronomy* núm. 25 (*Journal for the History of Astronomy*, suplemento a vol. 31): S11–S40. <https://doi.org/10.1177/002182860003102502>
- 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 arqueoastronomía en las Américas: Memorias del simposio Arq-13 del 51 Congreso Internacional de Americanistas*, Santiago de Chile, pp. 161-176.
- 2005 More on Mesoamerican cosmology and city plans. *Latin American Antiquity* 16 (2): 209-216. <https://doi.org/10.2307/30042812>
- 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.
- 2016 Lunar alignments in Mesoamerican architecture. *Anthropological Notebooks* 22 (3): 61-85. http://www.drustvo-antropologov.si/AN/PDF/2016_3/Anthropological_Notebooks_XXII_3_Sprajc.pdf
- 2018a Astronomy, architecture, and landscape in Prehispanic Mesoamerica. *Journal of Archaeological Research* 26 (2): 197-251. <https://doi.org/10.1007/s10814-017-9109-z>
- 2018b Venus in Mesoamerica: rain, maize, warfare, and sacrifice. En: *Oxford Research Encyclopedia of Planetary Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190647926.013.60>
- 2018c Zenith and nadir passages of the Sun in Mesoamerica. *Journal of Skyscape Archaeology* 4 (1): 108-117. <https://doi.org/10.1558/jsa.36092>
- 2019 *Proyecto Arqueológico Estudio Arqueoastronómico de la Arquitectura Maya en Petén: Informe de la temporada 2019*. Informe entregado al Instituto de Antropología e Historia, Guatemala.
- Šprajc, Ivan, y Atasta Flores Esquivel
- 2008 Descripción de los sitios. En: Ivan Šprajc, ed., *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: 1996-2005*, BAR International Series 1742 (Paris Monographs in American Archaeology 19), Oxford: Archaeopress, pp. 23-124.
- 2010 El Zacatal Stela 1. *Mexicon* XXXII (1-2): 2-5.
- Šprajc, Ivan, Atasta Flores Esquivel, Saša Čaval, y María Isabel García López
- 2014 *Reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México: temporada 2007*. Prostor, kraj, čas 4, Ljubljana: Založba ZRC. <https://doi.org/10.3986/9789612546731>
- Šprajc, Ivan, y Carlos Morales-Aguilar
- 2007 Alineamientos astronómicos en los sitios arqueológicos de Tintal, El Mirador y Nakbe, Peten, Guatemala. En: Nora María López, ed., *Proyecto Arqueológico Cuenca Mirador: Informe final temporada 2007*, tomo I: 123-158. Guatemala: Instituto de Antropología e Historia.

- Šprajc, Ivan, Carlos Morales-Aguilar, y Richard D. Hansen
 2009 Early Maya astronomy and urban planning at El Mirador, Peten, Guatemala. *Anthropological Notebooks* 15 (3): 79-101.
- Šprajc, Ivan, Heinz-Dieter Richter, y Pedro Francisco Sánchez Nava
 2013 El tiempo registrado en el espacio urbano: alineamientos astronómicos en la arquitectura de Tikal, Petén, Guatemala. En: Bárbara Arroyo y Luis Méndez Salinas, eds., *XXVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*, Guatemala: Instituto de Antropología e Historia, pp. 1065-1078.
- Šprajc, Ivan, y Pedro Francisco Sánchez Nava
 2013 Equinoxes in Mesoamerican architectural alignments: prehispanic reality or modern myth? En: Ivan Šprajc y Peter Pehani, eds., *Ancient cosmologies and modern prophets: Proceedings of the 20th Conference of the European Society for Astronomy in Culture*, Anthropological Notebooks XIX, suplemento, Ljubljana: Slovene Anthropological Society, pp. 319-337.
- 2015 *Orientaciones astronómicas en la arquitectura de Mesoamérica: Oaxaca y el Golfo de México*. Prostor, kraj, čas 8, Ljubljana: Založba ZRC. <https://doi.org/10.3986/9789612548162>
- 2017 Orientaciones lunares en la arquitectura maya. *Arqueología Mexicana* XXIV (143): 76-83.
- 2018 El Sol en Chichén Itzá y Dzibilchaltún: la supuesta importancia de los equinoccios en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana* XXV (149): 26-31.
- 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. <https://doi.org/10.3986/9789612548926>
- Taschek, Jennifer T., y Joseph W. Ball
 1999 Las Ruinas de Arenal: preliminary report on a subregional major center in the western Belize Valley (1991-1992 excavations). *Ancient Mesoamerica* 10 (2): 215-235. <https://doi.org/10.1017/S0956536199102074>
- Thom, A.
 1971 *Megalithic lunar observatories*. Oxford: Oxford University Press.
- Thompson, J. Eric S.
 1931 Archaeological investigations in the southern Cayo District, British Honduras. *Field Museum of Natural History Publication* 301, *Anthropological Series* 17 (3): 217-362.
- 1950 *Maya hieroglyphic writing: An introduction*. Carnegie Institution of Washington Publication 589, Washington.
- 1974 Maya astronomy. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A: Mathematical and Physical Sciences* 276 (1257): 83-98.
- Tichy, Franz
 1991 *Die geordnete Welt indianischer Völker*. Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft 21, Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Tokovinine, Alexandre
 2007 Of snake kings and cannibals: a fresh look at the Naranjo hieroglyphic stairway. *The PARI Journal* 7 (4): 15-22. <http://www.mesoweb.com/pari/publications/journal/704/Canibals.pdf>

- Tokovinine, Alexandre, y Vilma Fialko
 2007 Stela 45 of Naranjo and the Early Classic lords of Sa'aal. *The PARI Journal* 7 (4): 1-14. <http://www.mesoweb.com/pari/journal/archive/PARI0704.pdf>
- Triadan, Daniela
 2012 El resurgimiento político de Ceibal en el Clásico Terminal. En: María Elena Vega y Lynneth S. Lowe, eds., *La cuenca del río de la Pasión: Estudios de arqueología y epigrafía maya*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filológicas, Centro de Estudios Mayas, pp. 155-170.
- Triadan, Daniela, Victor Castillo, Takeshi Inomata, Juan Manuel Palomo, María Belén Méndez, Mónica Cortave, Jessica MacLellan, Melissa Burham, y Erick Ponciano
 2017 Social transformations in a Middle Preclassic community: elite residential complexes at Ceibal. *Ancient Mesoamerica* 28 (1): 233–264. <https://doi.org/10.1017/S0956536117000074>
- Trigger, Bruce G.
 1990 Monumental architecture: a thermodynamic explanation of symbolic behaviour. *World Archaeology* 22 (2): 119-132.
- Valdés, Juan Antonio
 1987 Estado actual de las investigaciones en Uaxactún, Guatemala. En: *Memorias del Primer Coloquio Internacional de Mayistas: 5-10 de agosto de 1985*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filológicas, Centro de Estudios Mayas, pp. 383-392.
 1994 El Grupo A de Uaxactun: manifestaciones arquitectónicas y dinásticas durante el Clásico Temprano. En: J. P. Laporte, H. Escobedo, y S. Villagrán, eds., *I Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1987*, Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, pp. 98-111.
- Vázquez Campa, Violeta
 2014 Depósitos rituales arqueológicos del período Clásico en Campeche. *Estudios de Cultura Maya* 44: 167-202. [https://doi.org/10.1016/S0185-2574\(14\)71398-X](https://doi.org/10.1016/S0185-2574(14)71398-X)
- Velásquez Fergusson, Laura
 2014 El patrón triádico en el contexto urbano e ideológico de los antiguos asentamientos mayas. *Estudios de Cultura Maya* XLIII: 11–40. [https://doi.org/10.1016/S0185-2574\(14\)70323-5](https://doi.org/10.1016/S0185-2574(14)70323-5)
- Velásquez López, Antolín
 2014 Mapeo de las áreas residenciales del sitio arqueológico T'ot, Petén, Guatemala. En: Francisco Estrada-Belli, *Investigaciones arqueológicas en la región de Holmul, Petén: Holmul y Cival: Informe preliminar de la temporada 2014*, pp. 19-26. http://www.bu.edu/holmul/reports/informe_2014_layout.pdf
- Walker, Debra S., y Kathryn Reese-Taylor
 2012 *Naachtún, Petén, Guatemala: First analyses*. Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies. <http://www.famsi.org/reports/06035/index.html>

- Webster, James W., George A. Brook, L. Bruce Railsback, Hai Cheng, R. Lawrence Edwards, Clark Alexander, y Philip P. Reeder
2007 Stalagmite evidence from Belize indicating significant droughts at the time of Preclassic abandonment, the Maya hiatus, and the Classic Maya collapse. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 250 (1): 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2007.02.022>
- Wurster, Wolfgang W.
2000 ed., *El sitio maya de Topoxté: Investigaciones en una isla del Lago Yaxhá, Petén, Guatemala*. Materialien zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie 57, Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern.
- Young, Andrew T.
2004 Sunset science IV: low-altitude refraction. *The Astronomical Journal* 127: 3622-3637.
- Żrałka, Jarosław
2008 *Terminal Classic occupation in the Maya sites located in the area of Triangulo Park, Peten, Guatemala*. Prace Archeologiczne No. 62, Kraków: Jagiellonian University Press.
- Żrałka, Jarosław, y Bernard Hermes
2012 Great development in troubled times: the Terminal Classic at the Maya site of Nakum, Peten, Guatemala. *Ancient Mesoamerica* 23 (1): 161-187. <https://doi.org/10.1017/S0956536112000120>
- Żrałka, Jarosław, Wiesław Koszkul, Bernard Hermes, Juan Luis Velásquez, Varinia Matute, y Bogumił Pilarski
2017 From E-Group to funerary pyramid: mortuary cults and ancestor veneration in the Maya centre of Nakum, Petén, Guatemala. *Cambridge Archaeological Journal* 27 (3): 451-478. <https://doi.org/10.1017/S0959774317000075>

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

SIGNIFICADO ASTRONÓMICO DE LOS GRUPOS E EN LA ARQUITECTURA MAYA

Una reevaluación

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 once temporadas de reconocimiento arqueológico en el sureste del estado de Campeche, México.

