

¿LAS ILUSIONES PERDIDAS? RECIENTES INTENTOS EN ARQUEOASTRONOMÍA EN EGIPTO¹

ROLF KRAUSS

Museum für Vor- und Frühgeschichte/Museo de Prehistoria Berlin

El historiador Heinrich Nissen escribió un artículo en 1885 acerca de la orientación de templos griegos y egipcios². Uno de sus ejemplos era el gran templo de Karnak en el Alto Egipto. Nissen se basó en Georg Erbkam, el agrimensor de la expedición prusiana en Egipto, según el cual los ejes del templo se encuentran desde 116° 30' sureste hacia 296° 30' noroeste³. A pedido de Nissen, un astrónomo calculó que, en la época de los faraones, el sol saldría en el solsticio invernal (y se pondría en el solsticio estival) aproximadamente en estos puntos. Nissen no vaciló en postular que los constructores del templo de Karnak se habían orientado respectivamente por los solsticios.

Los valores calculados eran válidos para un horizonte ideal, sin tener en cuenta elevaciones que pudieran haber obstaculizado la observación de los puntos de salida y puesta del sol en Karnak mismo. El astrónomo Norman Lockyer comprendió este problema durante su visita en Karnak en 1891. Lockyer era un astrónomo destacado en su tiempo, también conocido como uno de los fundadores de la revista *Nature*.⁴ Su reputación como uno de los primeros arqueoastrónomos es más bien lamentable. El astrónomo Gerald Hawkins escribió en 1974⁵: «Sólo una pequeña parte de la

¹ Texto revisado de la conferencia del 3 de mayo de 2005 ofrecida por el Autor en la Universidad de Valencia, Departamento de Prehistoria y Arqueología.

² H. NISSEN, Über Tempel-Orientirung, *Rheinisches Museum für Philologie*, N. F. 40 (1885), 38-65, 329-370, 480.

³ C. R. LEPSIUS, *Denkmäler aus Ägypten und Äthiopien* II (Berlin, 1849-1859), Blatt 73.

⁴ A. J. MEADOWS, *Science and Controversy. A biography of Sir Norman Lockyer* (London, 1972).

⁵ G. HAWKINS, *Astronomical alinements in Britain, Egypt and Peru. Philosophical Transactions of the Royal Society London A. 276. The Place of Astronomy in the Ancient World* (London, 1974), 158.

obra de Lockyer es válida, y la opinión arqueológica fue prudente al rechazar dicha parte completamente». Lockyer publicó en 1894 el libro «The dawn of astronomy», en el cual no sólo se refirió a la orientación de templos egipcios, sino también a construcciones griegas y sobre todo prehistóricas, como la de Stonehenge. Lockyer se basó en la hipótesis de Nissen de que Karnak habría sido un templo solsticial, pero en su caso le dio importancia sólo a la puesta del sol en el solsticio estival, probablemente porque desde el santuario, a lo largo del eje del templo, sólo se ve la entrada en el noroeste. En el sureste la vista se encuentra bloqueada por la pared trasera del santuario.

Según Erbkam, el eje del templo señala hacia un punto al norte de la posición actual de la puesta del sol durante el solsticio estival. Dada esta diferencia, Lockyer intentó calcular el año en el cual había sido fijado el eje. Debido a la precesión, el sol se ponía en la época faraónica más al norte que hoy día. Pero Erbkam no era suficiente para Lockyer, por lo que pidió a un funcionario del Survey of Egypt que observara la puesta del sol durante el solsticio estival de 1891 y que comprobara las mediciones de Erbkam. En aquella época, el templo no había sido liberado por completo de los escombros, lo cual obstaculizó las mediciones. Lockyer llegó a la conclusión de que el sol poniente era visible sobre el eje en la época faraónica; según sus cálculos, esto habría ocurrido en los alrededores del año 3600 a.C., y por lo tanto, Karnak tendría que haber sido fundado por aquella fecha⁶. Nosotros sabemos que Karnak es posterior al 2000 a.C., pero en los tiempos de Lockyer, incluso egipólogos renombrados estuvieron de acuerdo con su cronología.

20 años después, el agrimensor Howard Payn midió nuevamente, en difíciles condiciones, el eje del templo. En 1911 escribió para *Nature*⁷: «El resultado general de la medición confirma los datos usados por Sir N. Lockyer al fijar la fecha en la cual el eje fue colocado en, aproximadamente, el 3700 a.C.» Después de consultar con Payn, el agrimensor de Egipto decidió tomar la iniciativa: «Con el objetivo de aclarar esta situación, el Agrimensor General de Egipto está de acuerdo en llevar a cabo las mediciones necesarias tan pronto como el eje del templo haya sido escombrado»⁸. El entonces Agrimensor General era Ernest Dowson⁹. En 1913 y 1914, tres de sus funcionarios midieron el eje del templo de Karnak. Los resultados se muestran en la figura 1.

Desde el centro del santuario miramos hacia las colinas en el oeste, a lo largo del eje. A la derecha y a la izquierda están las jambas de la puerta del santuario mismo, luego la sucesión de las otras puertas. Además vemos el sol en el punto donde se ponía en el 4000 a.C. y donde se pone hoy día. De ahí se desprende que el sol en ningún momento se ponía sobre el eje del templo, sino siempre un poco más al sur de éste.

⁶ J. N. LOCKYER, *The Dawn of Astronomy* (Reprint: Cambridge, Mass., 1964), 116-119.

⁷ H. PAYN, *The Orientation of the Great Temple of Amen-Re at Karnak*, *Nature* 87 (1911), 514-515.

⁸ F. S. RICHARDS, *Note on the age of the great temple of Ammon at Karnak*. *Survey of Egypt*. Paper 38, (Cairo, 1921), 3

⁹ *Oxford Dictionary of National Biography* 16 (Oxford, 2004), 820-821.

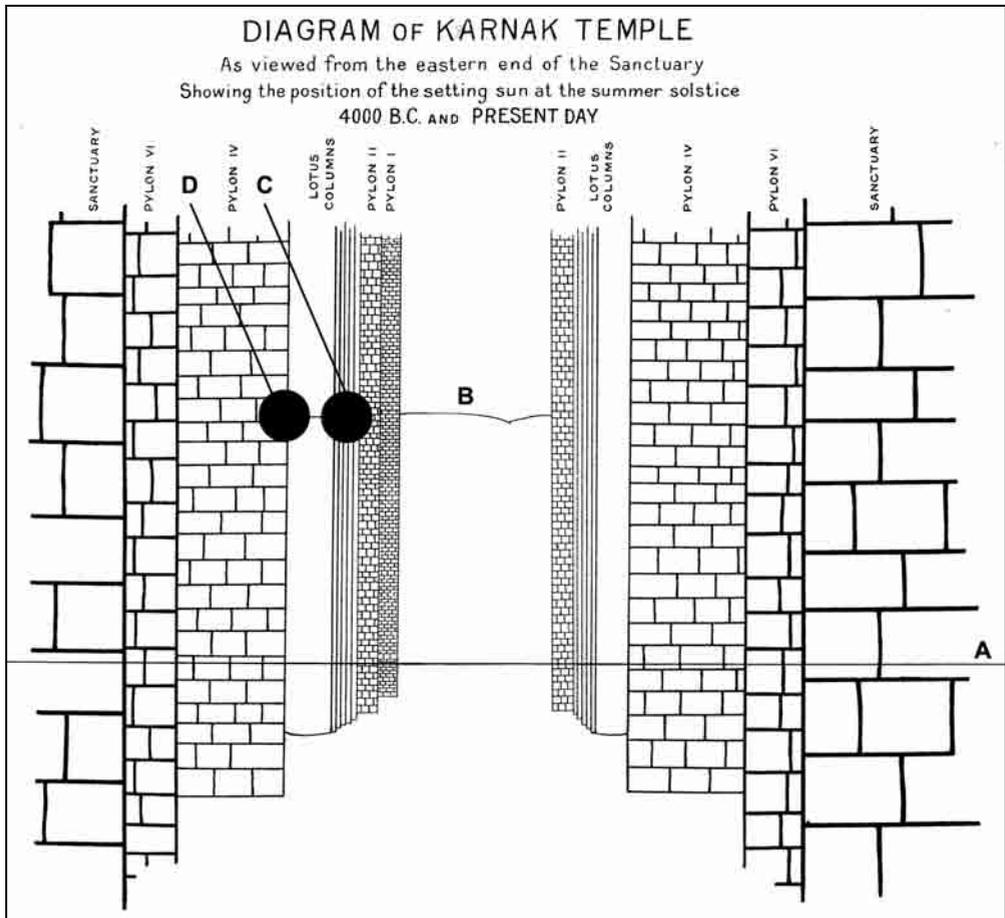


Fig. 1: Adaptado de Richards, 1921. A: horizonte matemático; B: colina; C: camino del sol en 4000 aC; D: camino del sol en hoy día

El artículo publicado por el Survey of Egypt termina negando la tesis de Lockyer¹⁰: «Por lo tanto, no hay razón para suponer que el templo de Amen-Ra en Karnak fue originalmente construido en relación alguna con la posición del sol poniente en el solsticio estival». En el artículo dice que la guerra había retardado la publicación, pero quizás el Survey estaba esperando la muerte de Lockyer. El artículo fue publicado finalmente en 1921, un año después de que el astrónomo muriera, de 84 años.

Sólo en la década de los 60 un astrónomo volvió a interesarse por Karnak: Gerald Hawkins, el cual por entonces había llamado la atención del gran público con

¹⁰ RICHARDS, 1921, 8.

su trabajo acerca de Stonehenge¹¹. Evidentemente, Hawkins conocía el libro de Lockyer de 1894, pero no sabía nada de los trabajos del Survey of Egypt en 1913 y 1914. Después de estudiar la obra de Lockyer, Hawkins concluye¹²: «Las mediciones del gran templo de Amon-Ra en Karnak son lo suficientemente cuidadosas como para establecer que este templo mastodóntico está alineado con respecto a la puesta del sol en el solsticio estival. La sugestión [de Lockyer] de que tal alineación fuera una marca secreta de los sacerdotes para predecir la crecida del Nilo es interesante... Los templos menores de Karnak podrían haber estado alineados hacia Canopus, la segunda estrella más brillante en el firmamento».

Posteriormente Hawkins no menciona más Canopus, y rechaza la teoría de la predicción de la crecida del río y la de la orientación hacia el sol en el solsticio. Por 1970 ya ha estudiado la literatura egipológica y ha aceptado la opinión establecida de que los templos en general están orientados perpendicularmente con respecto al río. Dadas estas condiciones, no tendría mucho sentido buscar significados astronómicos. Sin embargo, Hawkins había leído también el libro del egipólogo Paul Barguet acerca de Karnak¹³, en el cual el autor se refiere vagamente a un «*aspect cosmique*» del templo, lo cual le hace considerar una posible componente astronómica en la orientación del templo.

Hawkins visitó Karnak en la década del 70, y poco después formuló una muy reservada opinión en lo que se refería a la orientación del templo¹⁴: «La alineación es una propiedad de la misma estructura, un hecho material. Si fue o no intención de los constructores señalar de tal forma hacia el punto más al sur de la salida del sol en el año, es difícil de decidir.» Hawkins había notado que el Nilo fluye hacia el noroeste un trayecto de unos 50 kilómetros al norte y al sur de Karnak. Si un templo hubiera sido construido en dicho trayecto, perpendicular al río, según la costumbre, el eje tendría que señalar hacia el sureste, o sea, más o menos aproximadamente en la dirección hacia la salida del sol en el solsticio invernal. En estas condiciones, ¿se puede demostrar que la orientación del eje de Karnak hacia el amanecer del solsticio invernal había sido intencional?

En los años 90, el egipólogo Luc Gabolde llevó a cabo un intento de ubicar una etapa determinada en la construcción del templo con la ayuda de la orientación de su eje hacia el sureste¹⁵. Está demostrado que los vestigios más antiguos del templo datan de la época del Rey Sesostri I. Los restos que se conservan son escasos pero suficientes para determinar el eje. Según las mediciones de Gabolde, el eje del templo de Sesostri es prácticamente idéntico con el de otras etapas de la construcción. En otras palabras, el eje del templo de Sesostri señala también hacia el sol naciente durante el solsticio invernal. Los maestros de obras de Sesostri tendrían entonces que haber fijado dicho eje durante el solsticio.

¹¹ G. HAWKINS, *Stonehenge decoded* (Garden City, 1965).

¹² G. HAWKINS, *Astro-Archaeology, Vistas in Astronomy* 10 (1968), 63.

¹³ P. BARGUET, *Le temple d'Amon-Ré à Karnak: essai d'exégèse* (Le Caire, 1962), 336-340.

¹⁴ HAWKINS, 1974, 164.

¹⁵ L. GABOLDE, *Le <Grand Château d'Amon> de Sésostris I^{er} à Karnak. MAIBL*, N. S. XVII (Paris, 1998).

En la primera columna que se conserva de una escritura del décimo año del reinado de Sesostri se describe una sesión del Rey con sus consejeros. Analizando otro texto de una redacción similar, podemos suponer que en dicha sesión se acababa de decidir la construcción del templo¹⁶. El décimo año del reinado de Sesostri se corresponde con el año 1946 a.C., si nos orientamos por la cronología que utiliza Gabolde. En el 1946 a.C. la fecha de la sesión sería el 13 de agosto (según el calendario juliano), fecha que no está en la cercanía del solsticio invernal. Para sortear esta dificultad, Gabolde propuso que, después de la sesión, los maestros de obras habían esperado 5 meses para fijar el eje del templo durante el solsticio, a la salida del sol.

El egiptólogo había observado el amanecer el 21 de diciembre de 1995, un día antes del solsticio, desde el templo en Karnak, con la esperanza de poder determinar el azimut del amanecer en el solsticio invernal del 1946 a.C. Para esto, Gabolde define el amanecer como el momento en que el borde superior del sol aparece en el horizonte. Según observaciones astronómicas cuidadosas, el azimut del sol naciente durante el solsticio invernal se ha corrido 32° 33' hacia el norte desde 1946 a.C. Gabolde sumó a dicho valor de poco más que medio grado al azimut que él había medido (en 1995), para obtener el azimut del amanecer en el solsticio invernal de 1946 a.C. Y, en verdad, el eje señala aproximadamente hacia el azimut de Gabolde.

Sin embargo, es dudoso cómo los antiguos egipcios habrían definido el amanecer¹⁷: «...sin documentos escritos, no es posible establecer si observadores antiguos habían marcado el primer rayo del sol, el momento en que el sol era bisectado por el horizonte o el instante final en que el borde del disco abandona el horizonte». En la latitud de Karnak, el azimut del sol varía casi la mitad del tamaño del disco hacia el sur entre el momento en que el borde superior aparece y cuando el borde inferior abandona el horizonte. Si los egipcios tenían otra definición de amanecer, el eje calculado por Gabolde no señalaría hacia el sol naciente, sino hacia un punto más al norte.

Otros factores que hay que tener en cuenta son la refracción y la extinción, las cuales deforman ligeramente la forma del disco solar y lo hacen aparecer más arriba o más abajo y bajo otro azimut. La refracción y la extinción dependen de la presión atmosférica y de la temperatura, y no pueden ser calculado con exactitud en retrospectiva. Podemos decir que el eje del templo señala hacia el amanecer del día del solsticio invernal de 1946 a.C. sólo si en tal día, pero del año 1995 d.C., la refracción y la extinción habían sido exactamente las mismas. Dicha condición no se cumple, porque la mejor estimación posible, a simple vista y en condiciones normales, de la posición en el horizonte del orto solar = su propio diámetro = $\frac{1}{2}$ ¹⁸. Debido a que la variación del azimut del sol naciente en solsticio en los pasados 4000 años se corresponde con las inexactitudes en las observaciones, no es posible deter-

¹⁶ GABOLDE, 1998, 40-41.

¹⁷ HAWKINS, 1968, 48; mire también D.C. Heggie, *Megalithic Science* (London, 1981), 227-228.

¹⁸ J. A. Belmonte y M. Hoskin, *Reflejo del Cosmos* (Madrid, 2002), 25, con referencia a R. M. Sinclair y A. Sofaer, «A method for determining limits on the accuracy of naked-eye locations of astronomical events». *Archaeoastronomy in the 1990s*, Ed. C. Ruggles (Loughborough, 1993), 178-184.

minar cronológicamente la orientación del eje del templo de Karnak¹⁹. Aparte de ello, es dudoso que la orientación del eje hacia el solsticio halla sido intencional y no una simple consecuencia de su posición con respecto al Nilo. Los astrónomos Juan Antonio Belmonte y Mosallam Shaltout han demostrado recientemente que la orientación perpendicular de los templos egipcios en relación con el Nilo es un hecho estadístico²⁰.

LA ORIENTACIÓN DE LAS PIRÁMIDES

Los científicos que acompañaban la expedición napoleónica habían notado que las pirámides de Gizeh están orientadas hacia los puntos cardinales. Como las bases de las pirámides estaban cubiertas de escombros, era muy difícil hacer mediciones exactas. Aún en la década del 1920, cuando James Cole, del Survey of Egypt, las midió con exactitud²¹, todavía no habían sido escombreadas completamente. Queda abierta la pregunta, cómo orientaban los maestros de obras las pirámides en general, no sólo las de Gizeh. Los especialistas están de acuerdo en que la orientación hacia el norte se fijaba astronómicamente y en que las otras direcciones eran construídas geoméricamente.

En la latitud egipcia se puede determinar el norte con sencillez, deduciendo las posiciones extremas de alguna estrella circumpolar. El ingeniero agrimensor y egipólogo Josef Dörner probó dicho método en el delta del Nilo²². El esquema de la figura 2 aclara el principio: En su trayectoria alrededor del Polo, una estrella circumpolar alcanza en el este y en el oeste la distancia máxima con respecto a dicho polo. Durante el acercamiento a estas posiciones extremas al este y al oeste, el azimut varía con rapidez, luego más despacio, hasta que alcanza un punto inmóvil, lo cual se repite a la inversa, cuando se aleja. Un observador puede determinar la posición extrema estando parado en un punto fijo y con la ayuda de otra persona. El observador mira hacia la estrella siguiendo la línea comprendido entre dos varas; ambas varas están sujetas por una cuerda, de tal manera que la otra persona puede mover su vara en un círculo. Después de haber escogido la estrella a observar, se marca al anochecer la dirección hacia el punto este en que la estrella parece estar inmóvil; hacia el final de la noche se hace lo mismo con el punto al oeste. La línea que divide al ángulo entre las dos direcciones señala hacia el norte. Dörner determinó en su primer intento la dirección al norte con una exactitud de un minuto de arco. Pero dado que la dirección al norte en el caso de las pirámides presenta una desviación de 1' a 25', es posible que los egipcios hayan utilizado otro método.

¹⁹ J. A. BELMONTE, *Astronomy on the Horizon and Dating. Handbook of Ancient Egyptian Chronology*, Eds. Hornung – Krauss – Warburton (Leiden, 2006).

²⁰ J. A. BELMONTE y M. SHALTOUT, *On the Orientation of Ancient Egyptian Temples I: Upper Egypt and Lower Nubia*, *Journal for the History of Astronomy* 36.3 (2005), 273-298.

²¹ J. H. COLE, *Determination of the exact size and orientation of the Great Pyramid of Giza. Survey of Egypt*, Paper No. 39 (Cairo, 1925).

²² J. DÖRNER, *Die Absteckung und astronomische Orientierung ägyptischer Pyramiden* (Tesis doctoral, Universität Innsbruck 1981; no publicada), 146.

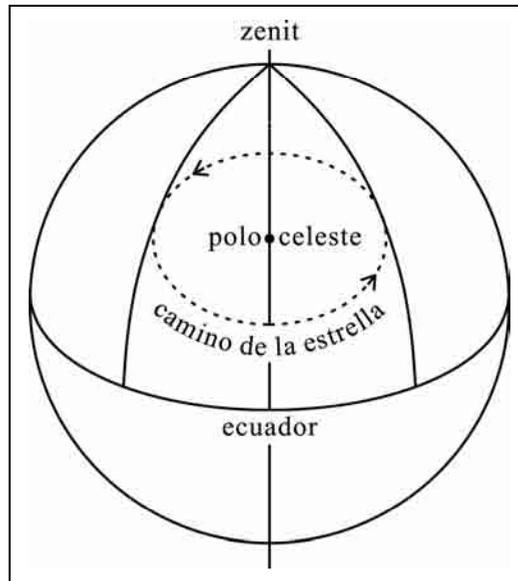


Fig. 2. Adaptado de Dorner, 1981

En la década del 90, la egiptóloga Kate Spence vio la posibilidad de correlacionar la orientación hacia el norte con la precesión. Una primera versión aparece en su tesis doctoral de 1977²³. Una segunda versión fue publicada en *Nature*²⁴. El artículo tuvo mucha resonancia²⁵, sobre todo en el mundo anglófono, lo cual puede haberse debido al «esoterismo de las pirámides» anglosajón. Si introducimos las palabras «Kate Spence» y «pyramids» en la página google.com, aparecen unos 3700 páginas web. En el mundo hispano el interés fue mucho menor. Si introducimos «Kate Spence» y «pirámides» en google.es, aparecen sólo unas 33 páginas.

Kate Spence partió de las siguientes premisas astronómicas: En la época de las pirámides, las estrellas brillantes Mizar (ζ Uma) y Kochab (β Umi) se encontraban aproximadamente a los lados opuestos del Polo Celeste. Debido a la precesión, las posiciones varían constantemente. Acerca del año 2500 a.C., el Polo Celeste se encontraba exactamente entre estas dos estrellas. Cuando las dos estrellas, durante su trayectoria diaria, se encontraban en la misma vertical, la línea que las unía pasaba a tra-

²³ K. SPENCE, *Orientation in Ancient Egyptian Royal Architecture* (Tesis doctoral, University of Cambridge, 1997; no publicada).

²⁴ K. SPENCE, *Ancient Egyptian Chronology and the astronomical orientation of pyramids*, *Nature* 408 (2000), 320-324.

²⁵ Major critical reviews are A.-A. MARAVELIA, *L'horizon astral de Khéops. Archéoastronomie, égyptologie ... et quelques scénarios de science-fiction*, *Tôzai* 5 (2000), 11-37; D. RAWLINS y K. PICKERING, *Nature* 412 (2001), 699; H. THURSTON, *On the orientation of early Egyptian pyramids*, *DIO – The International Journal of Scientific History* 13.1 (2003), 4-11.

vés del polo. Un observador podía proyectar dicha línea con la ayuda de una plomada sobre el horizonte y, de tal manera, determinar exactamente el punto norte²⁶.

En los años antes y después acerca de 2500 a.C. la situación era diferente. Antes del 2500 a.C., cuando Mizar culminaba, pasaba la vertical que la unía con Kochab al oeste del Polo Celeste; en los años posteriores, al este. Si hubiéramos proyectado la vertical sobre el horizonte en los años anteriores o en los posteriores al 2500 a.C., hubiésemos obtenido una serie de puntos que se acercaban al norte desde el oeste y luego se alejaban en dirección este (línea punteada en la figura 3). Si la medición se hubiese llevado a cabo no durante la culminación de Mizar, sino durante la culminación de Kochab, hubiésemos obtenido la línea sólida en la figura 3.

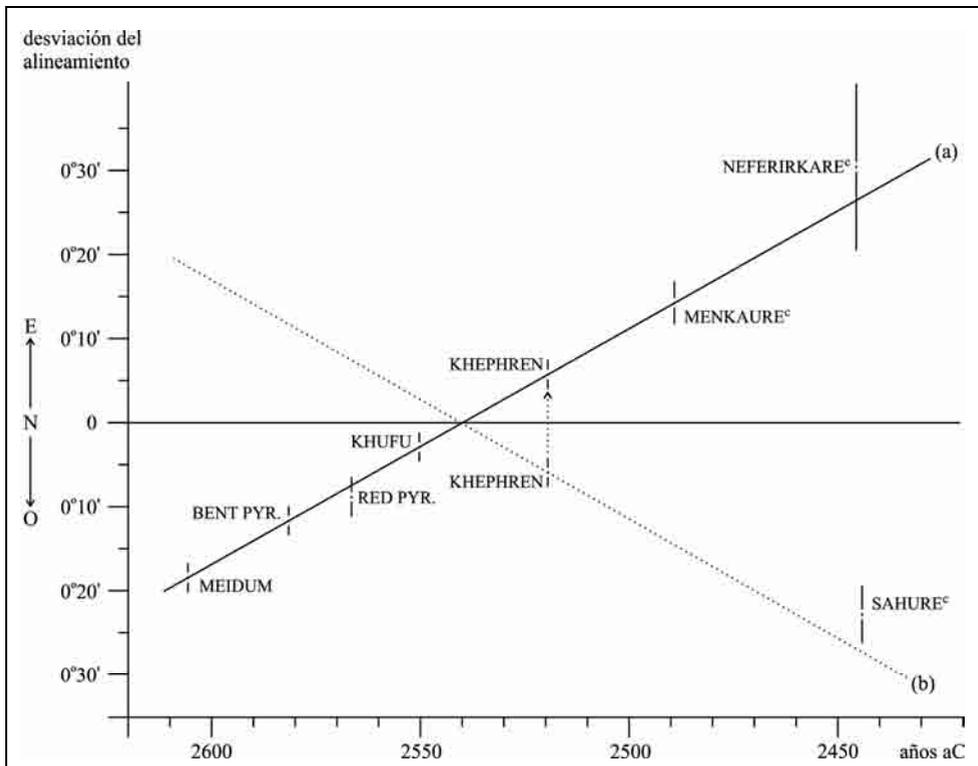


Fig. 3. Adaptado de Spence, 2001. Línea a: alineamientos con la ayuda de Mizar en alta posición. Línea b: alineamientos con la ayuda de Kochab en alta posición. Años aC según J. Baines y J. Malek, Atlas of Ancient Egypt (Oxford, 1980)

²⁶ It would have been easier to use the stars Phecda and Megrez, see J. A. BELMONTE, On the orientation of the Old Kingdom pyramids, *Archaeoastronomy* 26 (JHA XXXII) (2001), S1-S20.

Spence comparó la orientación de las pirámides con las líneas punteada y solida. Orientaciones conocidas son la de la pirámide de Medum, además la de la Pirámide romboidal, y la de la Pirámide Roja en Dahshur. También son conocidas las orientaciones de otras pirámides cercanas en el tiempo: las de los reyes Keops, Kefren y Micerinos en Gizeh. Dichas pirámides están sólidamente construídas con piedras y se encuentran en buen estado, de manera que las mediciones son posible. Todas las pirámides posteriores fueron construídas menos sólidamente y se encuentran en nuestros días prácticamente en ruinas, lo cual nos impide llevar a cabo mediciones. Una excepción son la pirámide de Unas, cuyos cuatro cantos han sido medidos, así como las pirámides de Sesostris I y Amenemes III, de las cuales han sido medidos los cantos con orientación este.

Spence decidió obviar las tres últimas pirámides, pero quiso incluir las pirámides de Sahure y Neferirkare, para las cuales no existen mediciones de los cantos. A cambio de ellas, utilizó valores tomados de un plano general. Estos valores no son confiables y sólo pueden ser tenidos en cuenta con cierto expectionismo. En general, tenemos 9 pirámides con valores confiables y 2 pirámides con valores cuestionables; la orientación de 30 pirámides en ruinas es desconocida.

Spence trabaja con 8 pirámides, de las cuales 6 se corresponden con la línea solida y 2 con la punteada. De ellas, la pirámide de Medum se corresponde con la línea solida sólo porque Spence la dató 10 ó 15 años demasiado temprano. Gracias a esta «pequeña ayuda», Spence pensó haber demostrado que al menos las pirámides sólidamente construídas en piedra habían sido orientadas con la ayuda de Mizar y Kochab y, además, que es posible establecer con exactitud la cronología absoluta de la época de las pirámides.

Sin embargo, la base de datos está incompleta, porque entre las pirámides construídas con piedras falta la pirámide construída por el sucesor de Keops en Abu Roash. La pirámide había servido de cantera desde la época romana y se encuentra hoy muy desgastada. Cuando Spence preparó su tesis, las medidas de Abu Roash todavía no se encontraban disponibles, pero la orientación debería desviarse del norte unos 4 minutos de arco, fuera hacia el oeste o hacia el este. Los cantos de la pirámide han sido entretanto escombreados y sus valores dados a conocer hace 3 años por el astrónomo Eric Aubourg²⁷. Pero en lugar de los 4' que Spence esperaba, Aubourg midió una desviación del canto este de 48'.

Es evidente que en el planteamiento de Kate Spence hay errores de principio. Ella había partido de la suposición prejuiciada, de que tendría tres alternativas a escoger: el canto oeste de la pirámide habría sido orientado astronómicamente, o el canto este, o el eje central. Spence argumentó que sólo el canto oeste habría sido orientado astronómicamente, mientras que los otros cantos y el eje central habrían sido construídos geoméricamente.

²⁷ E. AUBOURG y C. HIGY, Détermination de l'orientation de la pyramide de Rêdjédef, *BIFAO* 101 (2001), 457-459; mire también AUBOURG y HIGY, *Genava* 49 (2001), 245-248

El canto oeste de varias pirámides está en realidad orientado con más exactitud que el canto este. Pero, por ejemplo, en la pirámide de Keops, el canto este se desvía de la dirección norte unos $3' 26''$, mientras que el canto oeste se desvía sólo $2' 47''$ ²⁸. Es una diferencia de $39''$, lo cual es menos que un minuto de arco. Dicho minuto de arco es, a su vez, el límite de lo que un observador experimentado puede determinar a simple vista sobre el horizonte. Pequeñas diferencias entre los cantos son irrelevantes a la hora de calcular la exactitud con la cual habría sido orientada la pirámide hacia el norte. En lugar de favorecer uno de los cantos, se debería tomar un valor promedio entre todos ellos.

Spence no quería saber nada de la posibilidad de que el eje hubiera sido orientado astronómicamente y los cantos construídos geoméricamente. Pero en Medum el eje central es idéntico al eje del corredor y²⁹, en el caso de la Pirámide Roja, el corredor de la cámara del sarcófago se encuentra exactamente sobre el eje central³⁰. Dicho eje se desvía aquí sólo $3'$ del norte, mientras que si medimos sólo el canto este, la desviación es de más de $8'$. No podemos ignorar la suposición de que en estos casos el eje central había sido orientado astronómicamente y los cantos, a su vez, construídos geoméricamente.

Sin embargo, en el caso de las pirámides de Keops y Kefrén, esta suposición nos presenta dificultades. Ambas pirámides fueron construídas sobre terrazas preparadas en la roca viva, que en determinados puntos alcanzan una altura de hasta 10 metros. Desde una de estas terrazas habría sido muy difícil, si bien no imposible, determinar el eje central astronómicamente. Por otra parte, al norte de las terrazas, en la cercanía de ambas pirámides, se encuentra un terreno plano desde el cual se puede observar el horizonte norte. O sea, el eje central podría haber sido fijado astronómicamente. Y, en realidad, al norte de la pirámide de Keops, rallado en la piedra del suelo, el egiptólogo Borchardt he encontrado el trazado del eje³¹. Una vez fijado el eje, habría sido posible preparar las orientaciones de los cantos este y oeste sobre el terreno y proyectarlos sobre la base de la pirámide. Por lo tanto, nada se opone a la suposición de que el eje central de todas las pirámides habría sido orientado astronómicamente. Podemos intentar determinar la exactitud con la cual los maestros de obras fijaron la dirección norte a partir de la orientación de los corredores.

En la figura 4 tenemos en el eje X el tiempo, pero en el eje Y tomaremos la orientación de los corredores hacia el norte, en el caso de las pirámides desde Medum hasta Micerinos. No tenemos datos confiables sobre los corredores de Sahure y Neferirkare. Como habíamos dicho, utilizaremos dichos datos con cierto excepticismo. En el caso de Unas, el corredor se encuentra sobre el eje central, y como los ángulos rectos en las

²⁸ DORNER, 1981, 77.

²⁹ V. MARAGIOGLIO y C. RINALDI, *L'architettura delle piramide Menfite 8* (Torino, 1964), 16; mire también W.M.F. PETRIE, *Medum* (London, 1892), 5-6.

³⁰ J. DORNER, *Neue Messungen an der Roten Pyramide. Stationen. Beiträge zur Kulturgeschichte Ägyptens, Rainer Stadelmann gewidmet*, H. Guksch y D. Polz, eds., (Mainz, 1998), 27-28.

³¹ L. BORCHARDT, *Längen und Richtungen der vier Grundkanten der grossen Pyramide bei Gize* (Berlin, 1926), 3.

esquinas tienen una exactitud de hasta $\frac{1}{2}'$, podemos tomar el valor aritmético medio de los cantos este y oeste para determinar la orientación del corredor.

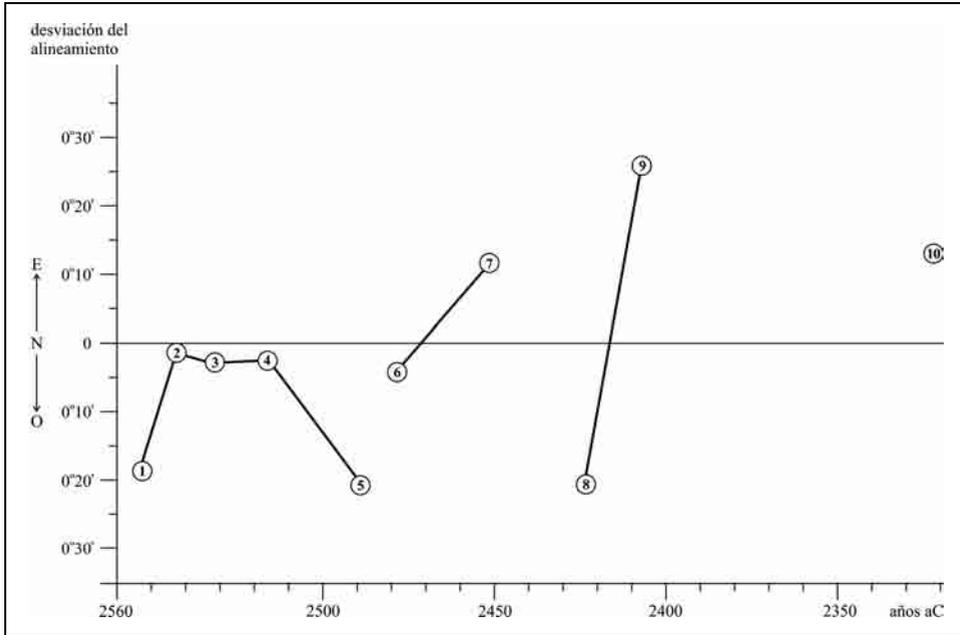


Fig. 4. 1: Medum; 2: pirámide romboidal; 3: pirámide roja; 4: Keops; 5: Abu Roash; 6: Kefrén; 7: Micerinos; 8: Sahure; 9: Neferirkare; 10: Unas.

La línea que une las pirámides según la fecha de su construcción se interrumpe entre la pirámide en Abu Roash y la de Kefrén. Por tal época, Baka (Bikeris) había empezado a construir una pirámide: la entrada hacia el corredor había sido excavada y según el plano señalaba con relativa exactitud hacia el norte, pero no poseemos medidas exactas³². La pirámide de Unas se encuentra aislada.

La gráfica muestra que el corredor de la Pirámide romboidal, fue orientado con una desviación de apenas 1'. El corredor de Medum, en comparación, fue orientado con mucha menos exactitud. A continuación de la Pirámide romboidal, la Pirámide Roja y la de Keops presentan una desviación de 3'. Después salta la desviación del corredor hasta aproximadamente 25' en Abu Roash para retroceder hasta casi 6' en la de Kefrén. En la pirámide de Micerinos tenemos casi 13' y unos 17' en la de Unas.

Obviamente, la orientación de los corredores en las grandes pirámides de piedra varía en forma no lineal. Pero sólo es posible correlacionar la orientación de los co-

³² A. Barsanti, *ASAE* 7 (1906), 260-286.

redores con la precesión si la variación es lineal y además para una determinada tasa de la variación. Por lo tanto, tenemos que negar la tesis de que las pirámides de piedra fueron orientadas con la ayuda de las estrellas, cuya posición, a su vez, fue variando según la precesión. No es posible datar las grandes pirámides según sus orientaciones hacia el norte. En cualquier caso, ni astrónomos ni egiptólogos han podido determinar hasta ahora el método con la ayuda del cual los maestros de obras orientaron sus pirámides.