

# MÉTODOS DE ALINEACIÓN ASTRONÓMICA APLICADOS A LA ORIENTACIÓN DE LA PIRÁMIDE DE KHUFU

JOSÉ LULL GARCÍA\*

Doctor en Historia

## RESUMEN:

La precisión con la que los egipcios alinearon la base de la pirámide de Khufu a los puntos cardinales ha dado pie a toda una gama de ingeniosas explicaciones. Todos los métodos tienen en común que son astronómicos: observación polar, de culminaciones estelares individuales o múltiples, de tránsitos simultáneos, de bisectrices al orto y ocaso de estrellas circumpolares o ecuatoriales, de sombras de arco hiperbólico, equinocciales, etc. Incluso algunos métodos podrían dar lugar a una cronología absoluta del período. En el presente artículo se intentará ofrecer una recopilación y crítica de las principales teorías.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Gran Pirámide fue observada por los sabios griegos como una de las siete maravillas del mundo antiguo, habiendo sido enormemente admirada como una obra maestra de la arquitectura desde hace milenios. Este enorme edificio, que en egipcio se denominó *ꜥḥt ḥwfw* (*akhet Khufu*), es decir, «el horizonte de Khufu»<sup>1</sup>, fue construí-

---

\* El autor es doctor en historia por la *Universitat de València*, licenciado en egiptología por la *Eberhard Karls Universität Tübingen* (Alemania), y en la especialidad de arqueología por la *Universitat de València*. Es responsable de la sección de arqueoastronomía de la *Agrupación Astronómica de la Safor*.

<sup>1</sup> Para Badawy el nombre de la pirámide de Khufu tiene una connotación estelar evidente. Ver, A. Badawy, «The Periodic System of Building a Pyramid», *JEA* 63 (1977), 58; Bauval va más lejos e indica que

do en la IV dinastía durante el reinado de Khufu (Keops, según la tradición griega), hace ya más de 4500 años. Los egiptólogos tienden a situar sus 23 años de reinado<sup>2</sup> en el siglo XXVI a.C.<sup>3</sup>, pues la cronología de ese período no es en absoluto precisa y errores de decenas de años podrían ser admisibles. No ha sido sino durante el último milenio cuando la Gran Pirámide ha sufrido un gran deterioro<sup>4</sup> principalmente a causa del desmantelamiento al que se ha visto sometida por parte del hombre.

Ni siquiera los datos numéricos nos permiten hacernos una idea aproximada de lo colosal de esta obra. La pirámide, de 280 codos reales de altura (146.6 metros), se diseñó sobre una base cuadrangular de 440 codos de lado (230 metros), siendo la mayor diferencia de longitud entre sus lados de 20.1 cm<sup>5</sup>. Para construirla fueron empleados, en 214 hiladas, más de 2.3 millones de bloques de piedra caliza<sup>6</sup> con un peso medio de 2.5 Tm<sup>7</sup>, sobre un fundamento que en 53.052 m<sup>2</sup> presenta un error máximo de nivelación de solo 2.1 cm<sup>8</sup>. La pendiente de las caras de la pirámide, que lisas y pulimentadas debían presentar una luminosa blancura<sup>9</sup>, es de 51°50'40". Además, junto al resto de su complejo funerario, tenía un volumen de 2.700.000 m<sup>3</sup>.

La relación astronómica de la pirámide de Khufu parece clara<sup>10</sup>. Sin embargo, nos centraremos en un aspecto concreto, la precisa orientación de los lados de la

---

dicha denominación podría hacer referencia a la estrella Alnitak. Ver, R.G. Bauval, «The Horizon of Khufu. A stellar name for Cheop's Pyramid», *DE* 30 (1994), 17-18.

<sup>2</sup> A.H. Gardiner, *The Royal Canon of Turin* (Oxford, 1959), col. III; Sin embargo, Maneton, según Africano, señala que reinó 63 años. Ver, W.G. Waddell, *Manetho* (Londres, 1956), 45-49.

<sup>3</sup> Khufu reinaría entre 2551-2528 a.C., M. Lehner, *The Complete Pyramids* (Londres, 1997), 8; entre 2589-2566 a.C., P. Watson, *Egyptian Pyramids and Mastaba Tombs* (Haverfordwest, 1987), 5; hay incluso quien aleja su reinado hasta 2714-2690 a.C., P.F. O'Mara, «Can the Gizeh Pyramids be dated astronomically?», *DE* 38 (1997), 81; sin embargo, según la última cronología publicada por un especialista reconocido, Khufu pudo haber reinado entre 2604/2554 – 2581/2531 a.C. Véase, J. von Beckerath, *Chronologie des pharaonischen Ägypten* (Maguncia, 1997), 188; por último cabe indicar que análisis radiocarbónicos efectuados sobre muestras procedentes de la Gran Pirámide han sorprendido a los especialistas por su antigüedad, si bien este inesperado resultado podría ser producto de múltiples factores. Ver, H. Haas *et alii*, «A radiocarbon chronology for the egyptian pyramids», *ASAE* 72 (1992-93), 183.

<sup>4</sup> D. Arnold «Zur Zerstörungsgeschichte der Pyramiden», *MDAIK* 47 (1991), 25.

<sup>5</sup> El lado Norte mide 230.253 m, el Sur 230.454 m, el Este 230.391 m y el Oeste 230.357 metros.

<sup>6</sup> Incluso la naturaleza de los bloques que componen la pirámide llegó a ser puesta en cuestión, pues algún autor indicó que debían ser de cemento para facilitar la construcción. No obstante, los análisis han demostrado lo evidente. Ver, K.D. Ingram *et alii*, «The Pyramids - Cement or Stone?», *JAS* 20 (1993), 681-687.

<sup>7</sup> El propio Napoleón, impresionado, calculó que con la piedra de la pirámide se podría hacer un muro de 3 metros de altura y 30 cm de anchura que rodease toda Francia. Ver, G. Goyon, *Le secret des bâtisseurs des grandes pyramides* (París, 1990), apéndice 2.

<sup>8</sup> Como señala Stadelmann: «dieses Fundamentpflaster war selbst für moderne Vermessungstechnik unwahrscheinlich genau gelegt». Ver, R. Stadelmann, *Die ägyptischen Pyramiden. Vom Ziegelbau zum Weltwunder* (Maguncia, 1997), 108.

<sup>9</sup> Algún autor especuló sobre la posibilidad que las caras de la pirámide podían estar pintadas (A. Pochan, «Observations relatives au revêtement des deux grandes pyramides de giza», *BIE* 16 (1934), 214-220); Sin embargo, Lauer demostró que no debían estar pintadas. Ver, J-Ph. Lauer, «Les grandes pyramides étaient-elles peintes?», *BIE* 35 (1954), 385-396.

<sup>10</sup> J. Lull, «Sobre la orientación y simbolismo astronómico de la pirámide de Khufu», *Huygens* 29 (2001), 34-49.

Gran Pirámide a los puntos cardinales. Desde hace siglos, los viajeros que la visitaron apreciaron que la pirámide orientaba sus lados a los puntos cardinales, pero no fue sino hasta el siglo XX cuando las modernas mediciones llevadas a cabo demostraron la increíble precisión con la que los antiguos egipcios la orientaron. Las mediciones efectuadas por J.H. Cole en 1925 se han tomado desde entonces como referencia. Según éstas, el lado Sur se desvía en su alineación E-O únicamente  $-1'57''$ , el lado Norte  $-2'28''$ , el lado Este  $-5'30''$  y el lado Oeste  $-2'30''$ , lo que da un error medio en el eje E-O de  $-2.2'$  y en el N-S de  $-4'$ . Sin embargo, recientes mediciones efectuadas por J. Dorner establecen que la desviación del eje N-S es aún menor, tal que el lado Este se desvía  $-3'24''$  y el Oeste  $-2'48''$ , es decir, un error medio de  $-3'06''$  en el eje N-S<sup>11</sup>. ¿Por qué dedicaron tanto esfuerzo en conseguirlo?, ¿qué métodos idearon los egipcios para conseguir tales resultados?

Una serie de agujeros practicados a lo largo de los lados de la pirámide de Khufu y de la de Khafra, a tres y trece metros de la base, respectivamente, parecen evidenciar que fueron empleados para colocar postes y cordajes que ayudaran a establecer las líneas maestras de la pirámide una vez se había determinado el sentido exacto de los puntos cardinales<sup>12</sup>. Lo evidente es que únicamente por medio de conocimientos astronómicos pudieron los egipcios orientar la Gran Pirámide<sup>13</sup>.

Los métodos de orientación posibles los podemos dividir en dos grupos, los diurnos y los nocturnos. En el primer grupo el elemento principal a tener en cuenta es lógicamente el Sol, mientras que en el segundo son las estrellas circumpolares o ecuatoriales las que cobran importancia. La mayoría de los autores parecen ponerse de acuerdo en que las alineaciones derivadas del primer grupo de métodos son las que pueden conducir a mayor error en la alineación de los edificios. A pesar de esto, algunos autores como Maragioglio/Rinaldi, Neugebauer e Isler, han formulado hipótesis de trabajo en las que la observación del Sol desempeña un papel fundamental.

Maragioglio y Rinaldi<sup>14</sup> enunciaron en 1965 un sencillo método según el cual podría llevarse a cabo una precisa alineación al eje E-O. Dichos autores señalan que puesto que la menor deriva a los puntos cardinales se da en el lado Sur, un método que tenga en cuenta este lado debió ser el primero en ser empleado para orientar la pirámide. Colocando un poste en lo que iba a ser la esquina SE de la pirámide, la observación del movimiento de su sombra proyectada a lo largo del

<sup>11</sup> Seguramente, la pirámide de Khufu es el monumento egipcio que en mayor número de ocasiones se ha medido. Ver, J.H. Cole, *The Determination of the Exact Size and Orientation of the Great Pyramid of Giza*, (*Survey of Egypt Paper* 39; El Cairo, 1925); así mismo, L. Borchardt, *Längen und Richtungen der vier Grundkanten der grossen Pyramide bei Gise* (Berlín, 1926); y, más recientemente, J. Dorner, *Die Absteckung und astronomische Orientierung ägyptischer Pyramiden* (Ph.Dr. Dissertation; Innsbruck, 1981).

<sup>12</sup> M. Lehner, «Some Observations on the layout of the pyramids of Khufu and Khafre», *JARCE* 20 (1983), 7-25; así mismo, M. Lehner, «A Contextual Approach to the Pyramids», *Afo* 32 (1985), 145-147.

<sup>13</sup> Algunos, en cambio, mantuvieron que la orientación era fruto del azar. Ver, H. Kees, *Ägypten in Kulturgeschichte des Alten Orients* (Munich, 1933), 304.

<sup>14</sup> V. Maragioglio y C. Rinaldi, *L'architettura delle piramidi menfite, V. La Grande Piramide di Cheope* (Roma, 1965), 100.

día por el Sol, facilitaría el cálculo de la bisección de dos sombras tomadas tras el amanecer y antes de la puesta del Sol. La bisección de las sombras cercanas al orto y al ocaso, con el poste como vértice común, darían lugar a un eje E-O.

Neugebauer<sup>15</sup> propone un método simple de alineación empleando un gnomon y la proyección de su sombra por el Sol, pero en vez de buscar la alineación E-O, típica para la mayoría de las operaciones que se realizasen con el Sol, deduce una original manera de hallar la orientación al Norte (fig. 1). Según este autor, los egipcios podían definir aproximadamente la orientación de la base de la pirámide, tras lo que una especie de piramidión se colocaba en el centro de la misma. La proyección de su sombra a lo largo del día definiría en su lado Norte un arco de hipérbola que sería marcado en el suelo. Cuando la distancia entre las esquinas SO-NO en dirección al arco fuese igual a las de las esquinas SE-NE hasta dicho arco, entonces la orientación N-S de los lados Este y Oeste de la pirámide sería correcta. Aparentemente, este sistema parece más preciso que el anterior.

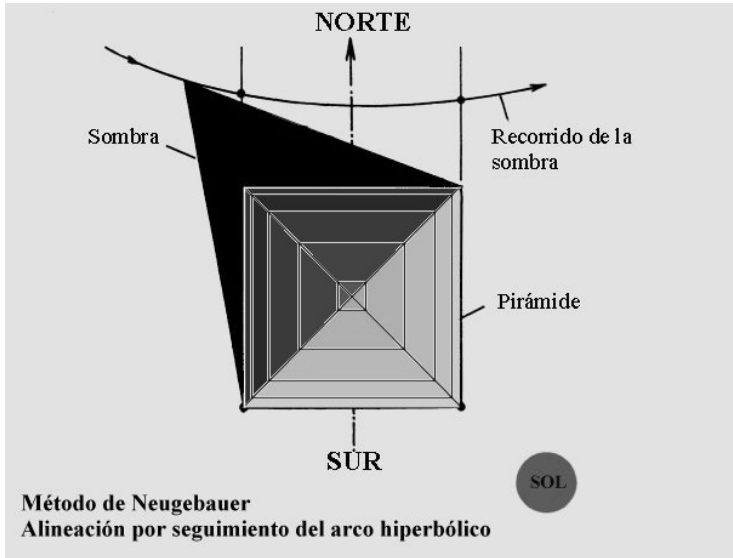


Fig. 1. Método de Neugebauer por observación del arco hiperbólico de la sombra de un piramidión (modificado de Neugebauer, *Centaurus* 24).

Un método solar más reciente se debe a Isler<sup>16</sup>. En principio, su hipótesis es similar a la de Maragioglio, aunque con mejoras sensibles que la hacen notablemen-

<sup>15</sup> O. Neugebauer, «On the Orientation of Pyramids», *Centaurus* 24 (1980), 1-3.

<sup>16</sup> M. Isler, «An Ancient Method of Finding and Extending Direction», *JARCE* 26 (1989), 197-206.

te más precisa. Se coloca en posición vertical un gnomon y tomándolo como centro se traza alrededor de él, a cierta distancia, un círculo. El objetivo del círculo es el facilitar un límite uniforme y equidistante al gnomon tal que las dos sombras (la NE y la NO) que lleguen justo a él sirvan para establecer dos puntos que, alineados, marcarán el eje E-O, al tiempo que su punto medio, alineado con el gnomon, marcará el N-S. Este método está documentado en la India en el siglo VII d.C. Isler también tiene en cuenta que puesto que la punta de la sombra no es clara debido a los reflejos del suelo y de la luz, ésta podría ser más definida si ante ella se pusiera un instrumento como el  $b^{\zeta}$  en posición invertida (fig. 2). Una vez establecido el eje director que debía seguir un lado de la pirámide el problema que podría afectar a mantener la precisión de la alineación sería la prolongación de dicho eje hasta alcanzar las dimensiones del lado en cuestión (230 m. en la pirámide de Khufu). Para solventar la deriva que podría provocar esta operación propone situar el gnomon cerca del final del lado, una estaca en la esquina del mismo, otra entre ambos y, finalmente, una tercera estaca en la esquina opuesta. Gnomon y estacas debieran ser redondeados y tener el mismo diámetro de tal modo que con una simple cuerda les rodeara a la vez, en contacto con sus caras opuestas, ésta mantendría sus dos tramos en paralelo, con lo que se comprobaría como la alineación se habría mantenido. La base documental de este último método de prolongación de los lados para evitar la deriva en la alineación podría hallarse, según Isler, en la conocida representación de la llamada «ceremonia del estiramiento de la cuerda» en la que la diosa Seshat y el faraón (o el dios Thot) proceden a establecer las líneas maestras de un edificio.

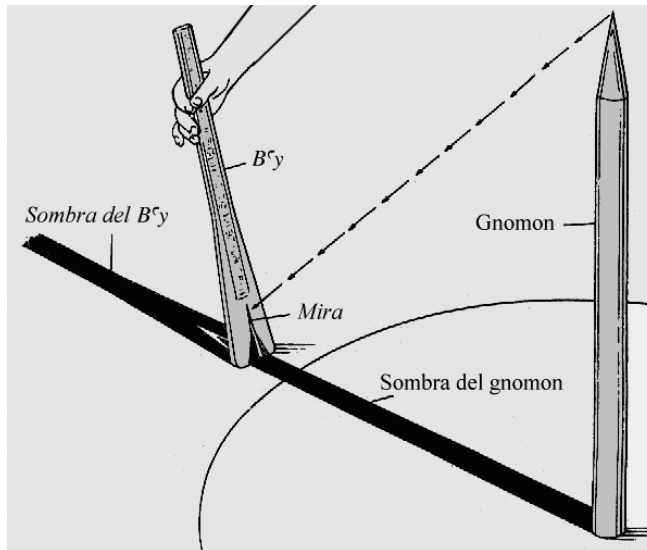
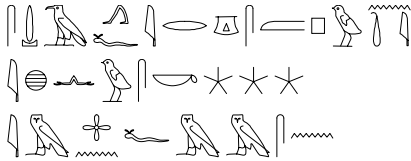


Fig. 2. Método de Isler para definir el extremo de la sombra del gnomon mediante un bay (modificado de Isler, *JARCE* 26).

La importancia de las estrellas circumpolares (*jhmw skjw*, *las que no conocen el ocaso*) para los egipcios es evidente en los *Textos de las Pirámides*<sup>17</sup> que, aunque aparecen por vez primera a finales de la V dinastía, podrían remontar su origen más allá del Imperio Antiguo. En este compendio religioso se hacen constantes referencias al deseado viaje del difunto hacia esta región del cielo para convertirse en una de sus estrellas. Sirva de ejemplo la fórmula TP 1222:



*Él cruzará (el faraón) hacia ese lado en el que están las estrellas que no conocen el ocaso (circumpolares), que él pueda estar entre ellas.*

Además, como estrella circumpolar, el difunto se convierte en parte de los remeros de la barca solar diurna<sup>18</sup>. Por ello, el que el acceso a las pirámides esté siempre en el lado Norte no es casual, como tampoco, su orientación<sup>19</sup>. Los textos jeroglíficos egipcios que dan información sobre la orientación de edificios son escasos y tardíos, y se refieren a las ceremonias de fundación llevadas a cabo por el faraón que, por ejemplo, tras observar las estrellas de la Osa Mayor marcaba el lugar por donde debían pasar los muros del templo<sup>20</sup>. Aunque dichos documentos sean más de dos mil años posteriores a Khufu no dejan de ser muy interesantes, pues pueden mostrarnos la tradición egipcia de orientación a partir de estrellas circumpolares. De hecho, la mayoría de los autores están de acuerdo en admitir que en la época de las pirámides los egipcios tomaron como referencia estrellas boreales para establecer el Norte verdadero. De ser así, el primer eje trazado habría sido el Norte-Sur.

Si la orientación del eje N-S de la Gran Pirámide se hizo por referencia a alguna estrella circumpolar, la primera candidata podría haber sido la estrella polar del momento, Thuban (Alfa Draconis). Borchardt<sup>21</sup> ya lo había sugerido en 1899 cuan-

<sup>17</sup> R.O. Faulkner, «The King and the Star-Religion in the Pyramid Texts», *JNES* 25:3 (1966), 155-157; igualmente interesantes las referencias de R. Krauss, *Astronomische Konzepte und Jenseitsvorstellungen in den Pyramidentexten* (Wiesbaden, 1997), 86ss.

<sup>18</sup> W. Barta, «Funktion und Lokalisierung der Zirkumpolarsterne in den Pyramidentexten», *ZÄS* 107 (1980), 4.

<sup>19</sup> No obstante, además de la necesidad espiritual que tenían los egipcios en orientar su pirámide hacia el Norte celeste, tampoco hay que olvidar la búaqueda deliberada de orientaciones a puntos geográficos muy concretos, como Letópolis y Heliópolis siguiendo el eje Norte y NE, respectivamente, de la pirámide. Ver, G. Goyon, «Nouvelles observations relatives a l'orientation de la pyramide de Khéops», *RdÉ* 22 (1970), pl. 8.

<sup>20</sup> I.E.S. Edwards, *The Pyramids of Egypt* (Londres, 1993), 248.

<sup>21</sup> L. Borchardt, «Ein Altägyptisches astronomisches Instrument», *ZÄS* 37 (1899), 10-17.

do publicó dos objetos adquiridos por el museo de Berlín, denominados *bꜣy* (bay) y *mrꜥht* (merkhet). El bay es un utensilio que colocado en posición vertical presenta en su parte superior una pequeña escotadura que permite que sea utilizado como mira. El merkhet, por su parte, es una barra horizontal de la que en uno de sus extremos cuelga una plomada (fig. 3). Con dichos instrumentos astronómicos los sacerdotes comprobarían el paso de las horas nocturnas y el Norte verdadero.

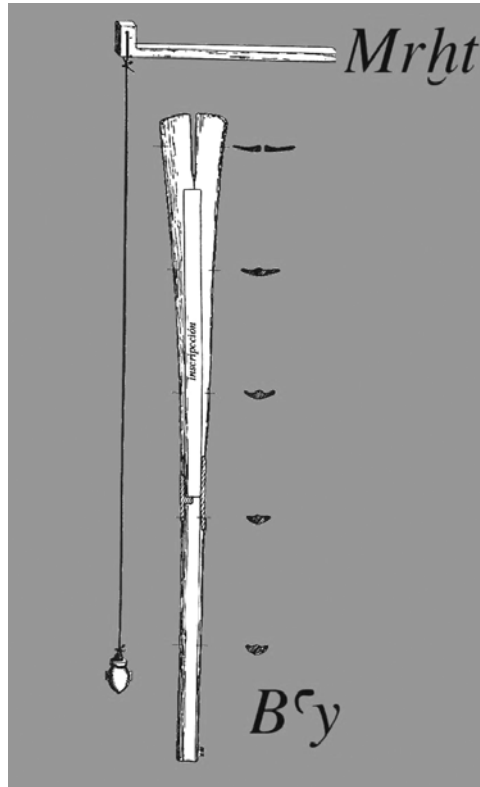


Fig. 3. Instrumentos de observación astronómica, el bay y el merkhet (modificado de Borchardt, *ZÄS* 37).

Thuban tuvo su máximo acercamiento al polo Norte celeste hacia el año 2800 a.C., por lo que en aquel momento una observación de la vertical de la estrella hubiera valido para determinar el Norte (fig. 4). A partir de ese año, debido a la precesión de los equinoccios, su declinación decreció a un ritmo de 33' por siglo, de tal modo que hacia 2550 a.C. ésta era de  $88^{\circ}36'$ . Por ese motivo, hemos de considerar que la simple observación de Thuban no pudo ser suficiente para alinear la pirámide de Khufu, a menos que consideremos la observación de la culminación

inferior y/o superior de Thuban. No obstante, hemos de advertir la enorme dificultad que esto conllevaría a unos hombres que, como los antiguos egipcios, hacían uso de instrumentos tan simples.

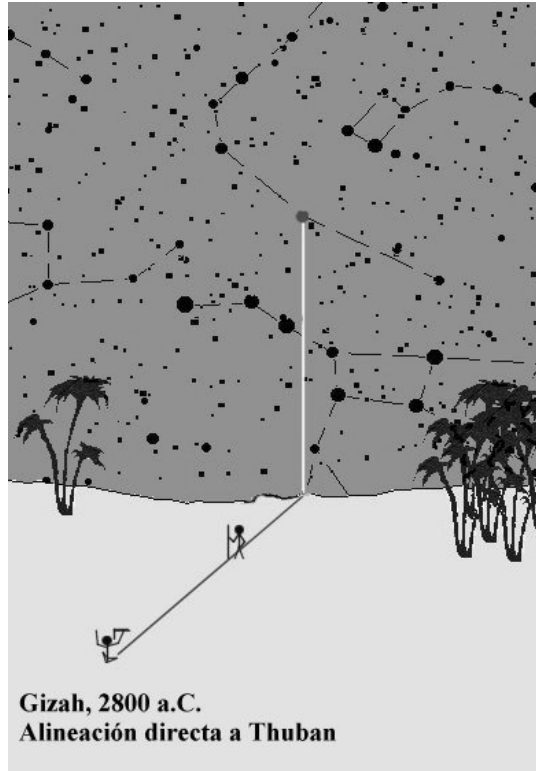


Fig. 4. Método de Borchardt, observación directa a Thuban (dibujo del autor).

Otras estrellas circumpolares, no necesariamente Thuban, también podrían haber servido para buscar el Norte, advirtiendo el momento de su culminación superior o inferior<sup>22</sup>. Pogo<sup>23</sup> cree que Mizar (Zeta UMa) y Kochab (Beta UMi) serían otras buenas candidatas, pues están situadas a menos de 12° del eje polar. Sin embargo, el panel Norte del techo astronómico de la tumba TT 353 podría evidenciar que, al menos durante la dinastía XVIII, Benetnash (Eta UMa) pudo servir de refe-

<sup>22</sup> S. Clarke, R. Engelbach, *Ancient Egyptian Construction and Architecture* (Nueva York, 1990), 68.

<sup>23</sup> A. Pogo, «The Astronomical Ceiling-decoration in the Tomb of Senmut (XVIII Dynasty)», *Isis* 14 (1930), 311.



rencia para, en su culminación, marcar el Norte<sup>24</sup>. Teniendo esto en cuenta, dado que la constelación egipcia de *Mshṯjw* (UMa), cuya forma de pata de toro se documenta desde el Imperio Medio<sup>25</sup>, tiene reconocida importancia en la cosmografía y en los textos religiosos egipcios, el que varias o alguna de sus estrellas, como Benetnash, hubiera sido empleada durante el Imperio Antiguo para buscar el Norte es muy posible.

Otro sistema propuesto de búsqueda del Norte a partir de una estrella circumpolar es el ideado por Edwards<sup>26</sup>. Consiste en construir un muro circular de cierta altura con el fin de facilitar al observador que se situase en su centro un horizonte artificial en el que, con ayuda de un segundo operario, pudiese señalar el punto de donde una determinada estrella emergiese y, horas después, se ocultase. La bisectriz de ambos puntos marcaría el Norte verdadero (fig. 5). Lógicamente, esta operación podría ser repetida con una muestra de estrellas para hacer una mejor media al Norte. Mediante este método podría conseguirse una precisión cercana a los 3', que es aproximadamente lo que se ha medido en la pirámide de Khufu.

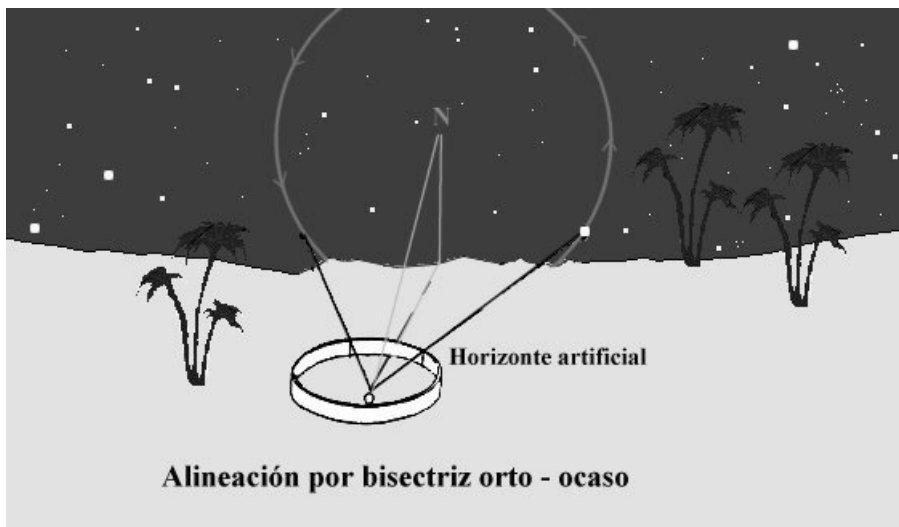


Fig. 5. Método de Edwards, por bisectriz del orto y ocaso de una estrella sobre un horizonte artificial (dibujo del autor).

<sup>24</sup> J. Lull, «El techo astronómico de la tumba de Senmut en Deir el-Bahari (TT 353)», *Huygens* 33 (2001), 29.

<sup>25</sup> O. Neugebauer, R.A. Parker *Egyptian Astronomical Texts III* (Londres, 1969), 183. Edwards (Londres, 1993), 250-251.

<sup>26</sup> Edwards (Londres, 1993), 250-251.

Zaba<sup>27</sup> opina que los egipcios habrían utilizado la culminación superior de las estrellas Epsilon Cygni y Gamma Cygni que, alineadas en la vertical del polo enlazarían con Thuban. Lo cierto es que no es sino a principios del IV milenio cuando ambas estrellas alcanzan al mismo tiempo su culminación, por lo que en la época en que Thuban se hallaba en el polo Norte celeste no se habría podido dar la triple alineación en la meridiana. Además, la distancia del Cisne al polo parece demasiado grande. La base documental de esta hipótesis yace en la supuesta equivalencia de la constelación egipcia de  $\epsilon_{nw}$  con el Cisne<sup>28</sup>, ya que la lanza que porta el hieracocéfalo  $\epsilon_{nw}$  apuntando a *Mshjtjw* (nuestra Osa Mayor) en techos astronómicos como el de la tumba de Senmut podría recordar una alineación estelar a partir de estrellas de dicha constelación.

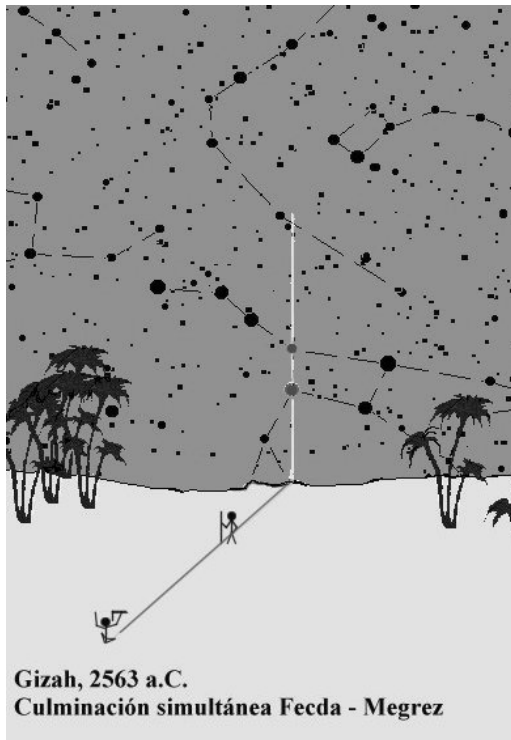


Fig. 6. Método de Polák, mediante la observación de la culminación simultánea de Fedda y Megrez (dibujo del autor).

<sup>27</sup> Z. Zaba, *L'orientation astronomique dans l'ancienne Égypte et la précession de l'axe du monde* (Praga, 1953), 45ss.

<sup>28</sup> Sugerida por C.A. Wainwright, «A Pair of Constellations», en *Studies Presented to F.Ll. Griffith* (Londres, 1932), 375-379; en contra de dicha identificación está la distancia que separa el Cisne de Thuban. Ver, M. Clagett, *Ancient Egyptian Science, II. Calendars, Clocks, and Astronomy* (Filadelfia, 1995), 119.

También se ha propuesto considerar la culminación sincrónica de dos estrellas. Así, en 1952, Polák<sup>29</sup> señaló que la observación de la culminación inferior simultánea de las estrellas Megrez (Delta UMa) y Fecda (Gamma UMa), habría sido un excelente indicador para buscar el Norte en la época de Khufu (fig. 6). Haciendo uso del programa informático *Sky v. 5.0* hemos obtenido que en 2563 a.C. se habría producido dicha coincidencia<sup>30</sup>. Esta fecha coincide aproximadamente con la época de reinado de Khufu, según la cronología de von Beckerath. Sin embargo, según nos alejamos de esta fecha la ascensión recta de ambas estrellas incrementa su diferencia de tal modo que en unas decenas de años los observadores se habrían percatado de que en el momento de la culminación de Megrez, Fecda aún no habría llegado al meridiano central y viceversa.

TABLA 1

| Faraón      | Dinastía | Ascensión | Lugar       | Deriva N-S      | Deriva E-O   |
|-------------|----------|-----------|-------------|-----------------|--------------|
| Djeser      | III      | 2690 a.C. | Sakkara N.  | 3°± 25' (E)     | 2°55'± 25'   |
| Sekhemkhet  | III      | 2670 a.C. | Sakkara N.  |                 | -11°15'±30'  |
| Khaba       | III      | 2663 a.C. | Z. el-Aryan |                 | -4°15'±15'   |
| Snefru      | IV       | 2639 a.C. | Meidum      | -19.3'± 1'      | -24.4'       |
| Snefru      | IV       |           | Dashur S.   | -14.5'±0.2'     | -9.2'        |
| Snefru      | IV       |           | Dashur N.   | -8.7'± 0.2' (E) |              |
| Khufu       | IV       | 2604 a.C. | Gizah       | -3.1'± 0.2'     | -2.2'        |
| Khafra      | IV       | 2572 a.C. | Gizah       | -6.0'± 0.2'     | -5.5'        |
| Menkaura    | IV       | 2539 a.C. | Gizah       | 13.2'± 0.2'     | 14'          |
| Shepseskaf  | V        | 2511 a.C. | Sakkara S.  |                 | -1°40'± 40'  |
| Userkaf     | V        | 2504 a.C. | Sakkara N.  |                 | -40'± 25'    |
| Sahura      | V        | 2496 a.C. | Abusir      | -23'± 10' (E)   | -1°45'± 15'  |
| Neferirkara | V        | 2483 a.C. | Abusir      | 30'± 10' (E)    | 30'± 15'     |
| Djedkara    | V        | 2405 a.C. | Sakkara S.  |                 | -3°30'± 50'  |
| Unas        | V        | 2367 a.C. | Sakkara N.  | 17.2'± 0.2'     | -60'± 30'    |
| Teti        | VI       | 2347 a.C. | Sakkara N.  |                 | -15°45'± 30' |
| Pepi I      | VI       | 2335 a.C. | Sakkara S.  |                 | -3°50'± 50'  |
| Merenra     | VI       | 2285 a.C. | Sakkara S.  |                 | 10'± 20'     |
| Pepi II     | VI       | 2279 a.C. | Sakkara S.  |                 | -2.0°± 45'   |

Excepto la observación de la culminación de una estrella circumpolar determinada, los diversos métodos que hemos visto hasta ahora tienen en común que sólo

<sup>29</sup> B. Polák, *Astronomická orientace egyptských chrámů a pyramid*, (Praga, 1952), según se indica en, J.-Ph. Lauer, *Observations sur les pyramides* (El Cairo, 1960), 117.

<sup>30</sup> Dicho programa cuenta con las últimas mediciones astrométricas del satélite Hiparcos, y corrige el movimiento propio de las estrellas y la precesión. No obstante, podemos contabilizarle un error de seguridad de  $\pm 10$  años.

durante un espacio de tiempo de pocos años sirven para efectuar una alineación precisa al Norte. Si abandonamos la idea de la orientación de la pirámide de Khu-fu como algo único e independiente, y ponemos sobre la mesa los errores de orientación N-S ó E-O del resto de las pirámides del Imperio Antiguo el problema se complica puesto que comprobamos que existe una gran disparidad de datos (tabla 1<sup>31</sup>). ¿Qué significa esto?. El problema podría tener varias soluciones.

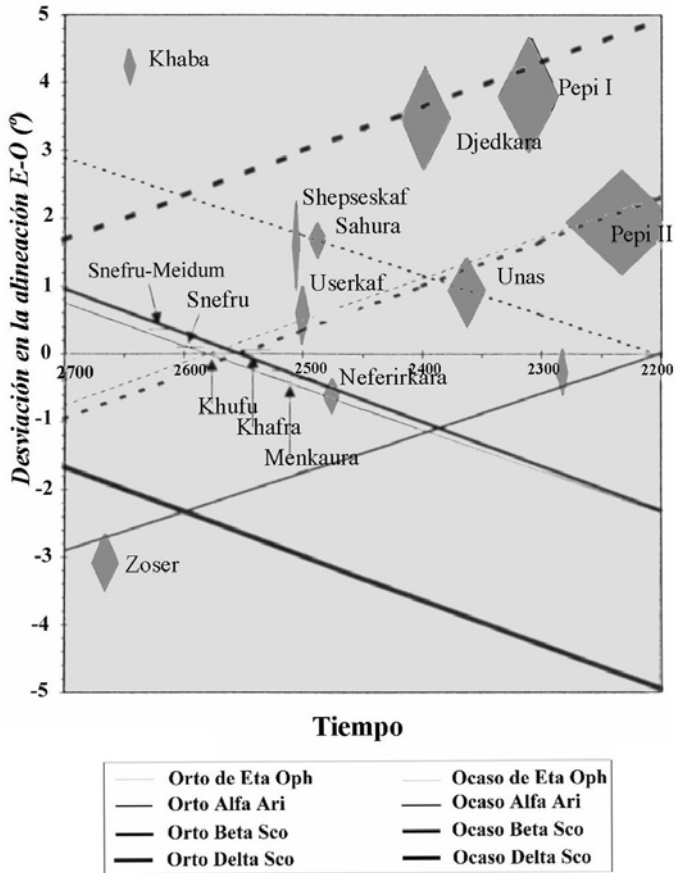


Fig. 7. Método de alineación y cronología absoluta de Gadré, mediante la observación del paulatino cambio de azimuth de estrellas ecuatoriales por la precesión (modificado de Gadré (1997)).

<sup>31</sup> Tabla 1: En esta tabla aparece un listado parcial de los faraones del Imperio Antiguo. La «ascensión» se refiere al primer año de reinado según la cronología alta de Beckerath (para una cronología baja restar 50 años). La «deriva N-S» es la media de los lados E y O a menos que se indique uno concreto si no se tiene la información de ambos. La «deriva E-O» es la media de los lados N y S. Los datos de deriva han sido tomados de Isler (1989), 194, Gadré (Château-Gontier, 1998), 75, y Spence (2000), 320.

Haack y Gadré<sup>32</sup>, postulan que la observación de determinadas estrellas ecuatoriales<sup>33</sup> para la orientación de las pirámides, habría desembocado con el tiempo en la consecución de errores sistemáticos debido a la precesión de los equinoccios, errores que nos podrían servir para efectuar una cronología absoluta de las pirámides. Naturalmente, en este caso no es el eje N-S sino el E-O el que cobra importancia. Gadré cree que el orto de Akrab (Beta Scorpii) o Sabik (Eta Ophiuchi), que llegaron a la declinación 0° en 2317 y 2360 a.C., respectivamente, habría servido para alinear el eje E-O de las pirámides de Snefru en Meidum y Dashur Sur, Khufu, Khafra, Menkaura y Neferirkara, mientras que en su orto habría servido nuevamente para Khufu y Khafra, además de Userkaf y Pepi II. Por su parte, la orientación de la mastaba de Hamal (Alfa Arietis), y a su orto, las pirámides de Djeser y Merenra (fig. 7). Aunque esta hipótesis responde al porqué de las muy diversas desviaciones en el eje E-O de todas estas tumbas, tiene en su contra dos hechos claros. Primero, la observación del orto y ocaso de estas estrellas (todas ellas entre la magnitud 2.2 y 2.9) se habría visto dificultada por las condiciones de observación en el horizonte y, segundo, no tenemos identificado ningún documento egipcio, incluso de la Época Tardía y grecorromana, donde se ponga de manifiesto la importancia simbólica de dichas estrellas o sus constelaciones en relación a la orientación de edificios o ceremonias de fundación.

Aún más reciente es otra hipótesis, en la que también se expone un único método de observación supuestamente válido para responder a las diversas desviaciones en la orientación N-S de las pirámides. Una consecuencia de dicho método, como el anterior, es la elaboración de una cronología absoluta para estos edificios. La autora de esta última hipótesis, Spence<sup>34</sup>, propone un ingenioso método que como el de Polák tiene en cuenta la culminación de dos estrellas. Sin embargo, esta vez se trata de la observación de la culminación superior de una estrella simultánea a la inferior de otra, concretamente de Mizar (Zeta UMa) y Kochab (Beta Umi). Según sus cálculos, la perfecta vertical de ambas estrellas que cruzara el polo Norte celeste se daría en 2467 a.C.<sup>35</sup> (fig. 8), por lo que teniendo en cuenta la desviación del lado Oeste de la pirámide de Khufu, ésta habría sido alineada en 2478 a.C. Tanto antes como después de 2467 a.C., dichas estrellas no volverían a culminar conjuntamente en la meridiana por lo que, según Spence, la observación del momento en que trazaran una imaginaria línea vertical habría sido tomada como la correcta para la alineación. El modelo de Spence, que tiene en cuenta también la deriva al Oeste o al Este del Norte que provocaría que la alineación se efectuase

<sup>32</sup> S.C. Haack, «The Astronomical Orientation of the Egyptian Pyramids», *JHA* 15:7 (1984); K. Gadré *La signification astronomique des pyramides d'Égypte* (Château-Gontier, 1998), 93-114.

<sup>33</sup> Las estrellas ecuatoriales son aquellas que tienen una declinación cercana a los 0°, es decir, aquellas estrellas que se sitúan en el ecuador celeste y, por tanto, son susceptibles de ser empleadas como marcadoras del eje E-O.

<sup>34</sup> K. Spence, «Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids», *Nature* 408 (16.11.2000), 320-324; así mismo, O. Gingerich, «Plotting the pyramids», *Nature* 408 (16.11.2000), 297-298.

<sup>35</sup> El programa *Sky v. 5.0* da como resultado el año 2476 a.C.

con Mizar arriba y Kochab abajo o viceversa, se adapta bien a las desviaciones observadas en las tres pirámides de Snefru, y las de Khufu, Khafra, Menkaura, Sahura y Neferirkara. Sin embargo, contra este método, hemos de señalar que no tiene carácter universal. Spence desecha para su hipótesis la pirámide de Djeser (180' de error) por que considera que antecede a los primeros intentos serios de orientación N-S de una pirámide. Así mismo, prescinde del resto de pirámides del Imperio Antiguo no indicadas en su modelo porque considera que no existen medidas precisas de sus orientaciones. Respecto a esto último, no obstante, podemos advertir que si tomamos las desviaciones E-O de dichas pirámides (publicadas por Gadré<sup>36</sup>) como media aproximada de lo que serían sus alineaciones N-S, apreciaremos de inmediato como los  $11^{\circ}15' \pm 30'$  de la pirámide de Sekhemkhet en Sakkara, los  $4^{\circ}15' \pm 15'$  de la de Khaba en Zawiyet el-Aryan (III dinastía),  $1^{\circ}40' \pm 40'$  de la mastaba de Shepseskaf (IV dinastía),  $3^{\circ}30' \pm 45'$  de la pirámide de Djedkara (V dinastía),  $15^{\circ}45' \pm 30'$  de Teti,  $3^{\circ}50' \pm 50'$  de Pepi I, o los  $10' \pm 20'$  de Merenra (VI dinastía), no pueden de ningún modo compaginarse con el modelo propuesto por Spence.

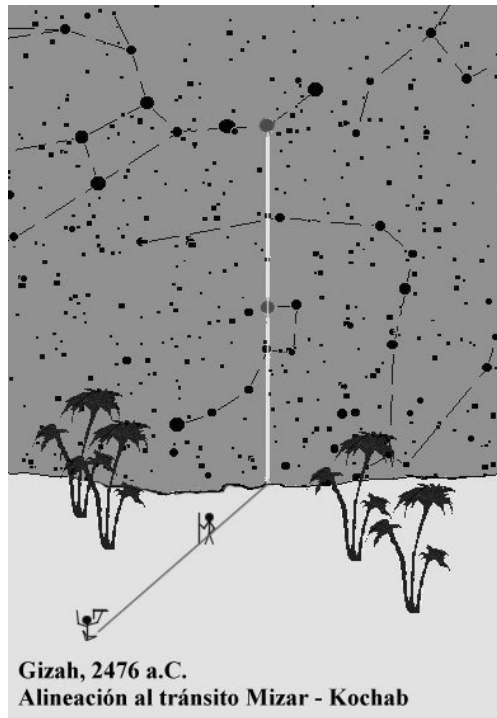


Fig. 8. Método de Spence de orientación al Norte con la observación de la culminación simultánea de Mizar y Kochab (dibujo del autor).

<sup>36</sup> Gadré (Château-Gontier, 1998), 75.

Siguiendo el mismo método que Spence, Rawlins y Pickering<sup>37</sup> han propuesto otras dos estrellas de Draco que según ellos se acomodarían mejor a las desviaciones de las pirámides mencionadas por Spence. Su tránsito simultáneo se habría dado en 2627 a.C. De todos modos, seguirían quedando fuera de este modelo las pirámides mencionadas en líneas anteriores.

Respecto a los tres últimos métodos (Gadré, Spence y Rawlins/Pickering), es interesante señalar que aunque el descubrimiento de la precesión de los equinoccios se atribuye comúnmente a Hiparco (s. II a.C.), Proclus Diadochus afirma en el *Comentario de Timeo IV* que los egipcios no sólo conocieron el avance de las estrellas fijas sino también la precesión de los equinoccios<sup>38</sup>. Si esto fuese cierto y válido ya durante el Imperio Antiguo, los egipcios no habrían caído en el error derivado de la precesión. No obstante, quizá el Imperio Antiguo sea una fecha temprana para tal apreciación.

Como conclusión general podemos señalar tres evidencias:

- 1) La pirámide de Khufu no es únicamente la mayor, más perfecta y más compleja de las pirámides construídas jamás en Egipto, es curiosamente también la que menor error presenta en su orientación a los puntos cardinales. Esto no debería ser obviado, pues ello plantea a su vez la cuestión de si *Hm-Jwnw*<sup>39</sup> tuvo la enorme suerte de contar precisamente en su época con el tránsito simultáneo de dos importantes estrellas circumpolares o si, simplemente, aplicó tanto esfuerzo en determinar el Norte verdadero como esfuerzo dedicó a la maravilla de su monumental obra, pues ni antes ni después de la Gran Pirámide ninguna otra pudo compararse con aquella.
- 2) No creemos que los egipcios hayan hecho uso de un único método de orientación. El que las mayores pirámides (Snefru, Khufu, Khafra y Menkaura) tengan los menores errores puede suponer que hayan hecho uso de un método similar con mayor o menor precisión, pero las grandes desviaciones de otras pirámides quedan fuera de todo modelo unitario. Es muy posible que algunas hayan sido orientadas comparándose con otras ya erigidas, que hayan sido orientadas al Norte con una simple observación aproximada o que incluso hayan hecho uso de las sombras proyectadas por un gnomon para determinar el eje E-O. Así mismo, no hay razón para pensar que la alineación se hiciese en un único lado y a partir de ahí se orientaran los otros

---

<sup>37</sup> J.N. Wilford, «Star-Crossed Ideas of How Pyramids Came to Point North», *The New York Times* (28.08.2001), según comunicación personal de Jack Sasson; dichos autores han criticado ciertos errores en los cálculos de Spence, pero ésta se ha defendido señalando que con los cálculos revisados el principio del modelo sigue cumpliéndose. Ver, K. Spence, «Ancient Chronology: Astronomical Orientation of the Pyramids», *Nature* 412 (16.08.2001), 699-700.

<sup>38</sup> E.-M. Antoniadi, *L'astronomie égyptienne depuis les temps les plus reculés jusqu'à la fin de l'Époque Alexandrine* (París, 1934), 78.

<sup>39</sup> Nombre del «Inspector de todos los trabajos del rey» Khufu, por lo que posiblemente sea también el responsable de la construcción de la Gran Pirámide. Fue enterrado en el cementerio Oeste, en la gran mastaba catalogada como G 4000.

tres. Si, por ejemplo, aceptamos una alineación estelar circumpolar para la pirámide de Khufu, no tenemos por qué creer que ésta se realizó originalmente en el lado Oeste porque tenga menor deriva que el Este. En realidad, tanto uno como otro lado podrían haberse alineado al Norte de manera independiente pero siguiendo el mismo método (por culminación de una o varias estrellas), tal que la diferencia en sus respectivas derivas se deba sencillamente a errores propios de los instrumentos utilizados, de la capacidad de los observadores o de la transpolación de los resultados obtenidos a la notable longitud del lado en cuestión. Así, aunque una alineación original en el lado Oeste pudiera quedar patente en que en las pirámides de Snefru (Meidum y Dashur Sur) y Khufu el lado Este acumula mayor deriva, el hecho de que la pirámide de Khafra presente el mismo error de alineación N-S en ambos lados (-6'), y que la de Menkaura y Unas tengan más deriva en el lado Oeste (12.4' Este y 14.1' Oeste, y 17.1' Este y 17.4' Oeste, respectivamente) hablan contra una alineación única y directa desde el lado Oeste. Ello demuestra que incluso en ese aspecto podemos aceptar que en algunas ocasiones las pirámides se alineasen al norte desde el lado Oeste, el Este, ambos, o incluso desde un punto central situado en la bisectriz de sus lados Norte y Sur (cosa que no podría aceptarse en la pirámide de Khufu debido a que esta conservó en su núcleo una pequeña elevación de roca).

- 3) Sin el apoyo de textos egipcios difícilmente podremos aceptar la validez de ningún método, pues todos ofrecen posibilidades de orientación que se acomodan mejor o peor a una pirámide o a un conjunto de estas. Además, aunque por los ataúdes del Imperio Medio y los techos astronómicos del Imperio Nuevo sabemos que la Osa Mayor (*Mshṯjw*) tiene una reconocida importancia para el mundo celeste egipcio, ninguna de sus estrellas puede servir a un modelo universal para todas las pirámides.

Por tanto, es nuestra opinión que la perfección en la orientación de la pirámide de Khufu obedece simplemente a un esfuerzo sin precedentes en busca del Norte verdadero, esfuerzo en el que los egipcios habrían puesto al límite de sus posibilidades e instrumentos dicho objetivo. De hecho, como señalan Clarke y Engelbach<sup>40</sup>: «*the Great Pyramid appears to be by far the most accurately set-out monument in Egypt*». La orientación a una estrella circumpolar parece la opción más probable por su mayor capacidad de precisión pero no es posible señalar con rotundidad la autenticidad de ningún método relacionado. La bisectriz sobre un horizonte artificial del ocaso y el orto de una estrella, la observación de la culminación de una o varias estrellas, todo ello puede ofrecer una precisión semejante a la observada en el caso de Khufu.

Como colofón a nuestra crítica hemos de añadir que la ansiada búsqueda de una cronología absoluta para el Imperio Antiguo es un riesgo si dependemos de modelos que, como los de Spence o Rawlins/Pickering, aunque muy atractivos y

---

<sup>40</sup> Clarke y Engelbach (Nueva York, 1990), 65.



acomodables a una serie de pirámides, no son universales. Por lo tanto, de momento parece más cauto que los egiptólogos tengamos que seguir conformándonos con la cronología relativa.