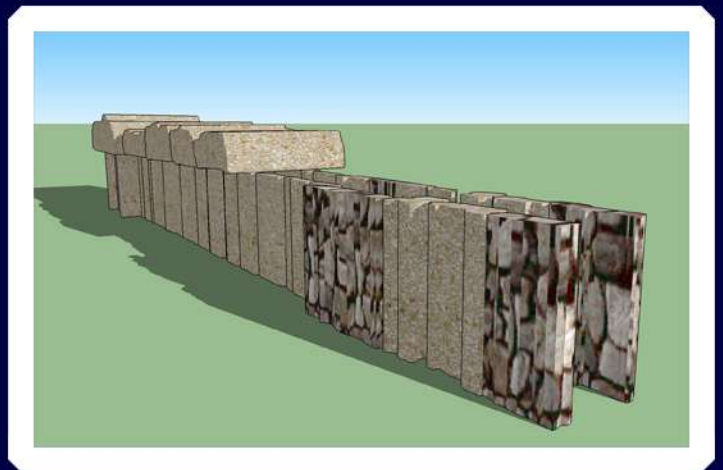


Trabajos de Arqueooastronomía

Juan Carlos Terradillos Jiménez



Publicaciones de ApEA nº 38

TRABAJOS DE ARQUEOASTRONOMÍA

Juan Carlos Terradillos Jiménez

Publicaciones de ApEA

Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

Nº 38 (Secundaria) – Octubre de 2020

Publicaciones de ApEA nº 38
Asociación para la Enseñanza de la Astronomía
© Texto, fotos: Juan Carlos Terradillos Jiménez
Dibujo de Portada: Tanguy
Foto de Portada José Manuel Pérez Redondo (ApEA)
Comité de Redacción:
Ederlinda Viñuales, Antonio Arribas y Ricardo Moreno
Dirección:
Ricardo Moreno (Vocal Editor de Publicaciones de ApEA)
rmluquero@gmail.com

ISBN: 978-84-939250-9-3



Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

AUTOR

Juan Carlos Terradillos Jiménez



Juan Carlos Terradillos Jiménez fue maestro de Educación Primaria, desde 1979 hasta su jubilación en 2016.

Después de cursar los estudios de Magisterio, completó la licenciatura en Historia, con especialidad en Prehistoria, en la Universidad Complutense de Madrid.

Desempeñó su función educativa en distintas

localidades de la Comunidad de Madrid, especialmente en el pueblo de Zarzalejo. Fue en este pueblo, donde intentó transmitir a sus alumnos su pasión por la astronomía, a través de los talleres que realizaba con ellos todos los años.

Su vinculación con esta rama ancestral del saber viene desde el año 1992 cuando, con otros compañeros de profesión, fundaron el Grupo Docente de Astronomía Kepler, artífice del Aula de Astronomía de Fuenlabrada, que tan extraordinaria labor educativa desempeña en la actualidad para el alumnado madrileño.

También es socio de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, ApEA, con la que colabora en la divulgación de esta interesante actividad.

ÍNDICE

Presentación	5
Objetivos	6
MEGALITISMO Y ASTRONOMÍA.....	7
El conjunto megalítico de Antequera	7
Menga	9
Viera.....	12
El Romeral	13
Templos neolíticos de Mnajdra (Malta).....	15
Mnajdra I, Templo del Este	17
Mnajdra II, Templo del Medio.....	18
Mnajdra III, Templo Sur.....	21
LAS ESTRELLAS EN LA HISTORIA	25
El orto helíaco de Sothis (Sirio) en el Antiguo Egipto.	25
El cúmulo de las Pléyades a lo largo de la historia.....	30
La cueva de Lascaux	32
La ciudad de Uruk.....	35
La ciudad de Nippur	38
La ciudad de Atenas	43
ARQUITECTURA Y ASTRONOMÍA	49
El templo de Abu Simbel	49
Observatorio de Ulugh Beg en Samarkanda	53
HISTORIA Y ASTRONOMÍA.....	57
La batalla del eclipse solar	57

PRESENTACIÓN

Arqueoastronomía es un término de reciente implantación entre el público en general, y entre los investigadores en particular. Hasta ahora, se podía trabajar sobre contenidos de las dos Ciencias, Arqueología y Astronomía, e incluso se podían ver connotaciones astronómicas en ciertos monumentos, de los que Stonehenge es el paradigma perfecto. Sin embargo, no se indagaba en el hecho "arqueoastronómico" como tal, presente en ciertas huellas del pasado: restos materiales, obras en las distintas artes, o escritos antiguos y no tan antiguos.

Hoy me encuentro inmerso en rescatar de la memoria, o en redescubrir esas improntas astronómicas presentes en el legado material dejado por las distintas culturas a lo largo del tiempo. Gran parte de estas líneas deben su existencia al conocimiento que tuve después de verlos, y también de sentirlos.

Así, el primer bloque sobre el Megalitismo surge de la sorpresa que me produjo ver la Peña de los Enamorados enmarcada desde el interior del dolmen de Menga. También de la admiración colectiva que generaron en mí los templos malteses, cuando tuve la oportunidad de visitarlos en su conjunto, de los cuales Majdra es el que presenta unas alineaciones astronómicas más claras. Ambos monumentos te invitaban a estudiarlos con más profundidad.

El segundo bloque responde a mi interés personal en el Egipto faraónico, que se materializó en la visita de los principales monumentos que se ofertaban en el programa turístico, que incluían lo poco que queda de Menfis y el grandioso templo de Ramsés II en Abu Simbel. Si la relación de Menfis con el orto heliaco de Sothis se puede considerar arbitraria, pues podía haber elegido otra ciudad, no ocurre lo mismo con el templo ramésida y su famosa Hierofanía solar.

El resto de temas tratados son deudores de mi pasión por la Historia, y en especial por los autores clásicos. El Observatorio Astronómico de Samarkanda, y los restos del sextante de Ulugh Beg que vi al visitar esta legendaria ciudad me dieron mucha luz. Las lecturas de Herodoto y Hesiodo, mi interés por el arte rupestre prehistórico y, cómo no, mi reciente visita a Irán y sus emblemáticas ruinas de Persépolis, posibilitaron el resto de trabajos, entre los que destaca el estudio histórico de las Pléyades. Por último, trato sobre la batalla del eclipse, que tuvo lugar en la Capadocia turca, región enigmática que también tuve la suerte de visitar.

Estar en esos sitios actúa en mí como un resorte motivador. El resto lo hace mi vocación de docente, de la que queda, a modo de inercia, el enseñar y el compartir con los demás todo lo que sé.

OBJETIVOS

En estos trabajos, me he marcado unos objetivos como docente, que son:

- Divulgar la Arqueoastronomía entre el público en general.
- Alentar entre los estudiantes y/o estudiosos de la Astronomía y de la Historia a realizar trabajos de investigación sobre estos temas.
- Enseñar una metodología apropiada, que ayude en estas investigaciones.
- Recordar a los docentes las amplias posibilidades de trabajo multidisciplinar que permiten este tipo de actividades entre los alumnos.

No me queda más que agradecer a todo el Comité de Redacción de las publicaciones de ApEA, y en especial a nuestro compañero Ricardo Moreno, que tan acertadamente me han asesorado en este monográfico, la posibilidad que me han brindado para que estos "Trabajos de Arqueoastronomía " vean la luz.

MEGALITISMO Y ASTRONOMÍA

En este primer bloque de contenido arqueoastronómico se van a presentar dos de los monumentos megalíticos más importantes que se pueden ver en Europa. Uno es el conjunto funerario de la Necrópolis de Antequera (Málaga), formado por tres impresionantes túmulos que albergan en su interior sendas tumbas de diferente morfología, técnica constructiva, y distinta cronología en el tiempo. El segundo, corresponde a los templos malteses de Mnajdra, también un conjunto de tres templos megalíticos con diferencias singulares entre ellos, tanto constructiva, como cronológicamente hablando.

El conjunto antequerano es, sin duda, una arquitectura funeraria de la comunidad neolítica que habitó la zona, mientras que Mnajdra es uno más de los templos civiles que se distribuyen por la isla de Malta. Son, por tanto, dos monumentos que fueron construidos para desempeñar varias funciones sociales, desconociéndose los diferentes ritos y ceremonias que, en su interior, pudieron tener lugar, dando rienda suelta a la imaginación del observador para poder crear variados escenarios sobre estos dos diferentes “teatros” de la Prehistoria. Yo, por mi parte, solo puedo decir que ambos me dejaron una gran impresión y unos gratos recuerdos cuando los visité.

Es bien cierto que a todo monumento megalítico europeo se le ha querido ver una connotación astronómica determinada, teniendo a Stonehenge como ejemplo icónico de ello, pero no es menos cierto que estas extraordinarias construcciones, que conllevaron tantas horas de trabajo y de planificación detallada para realizarlas, en unas comunidades agrícolas y ganaderas, que contaban para su ejecución con unas herramientas tan rudimentarias y básicas, debió de estar plenamente justificado el esfuerzo, y no tenía cabida en el proyecto el azar y la improvisación; todo lo contrario, todo estaba pensado y, dentro de la idea inicial, la astronomía tenía un componente fundamental desde el primer momento, es decir, desde la misma alineación de los monumentos, como voy a intentar exponer a continuación.

El conjunto megalítico de Antequera

De entre todos los dólmenes que conozco no puedo ocultar la especial vinculación que me une a los antequeranos. Los he visitado varias veces y nunca dejan de sorprenderme. Su especial ubicación geográfica, sus diferentes técnicas constructivas, sus diferentes orientaciones, su encuadre en un marco cronológico y temporal consecutivo, según mediciones calibradas del carbono-14, y por último, su encaje cultural dentro del contexto prehistórico propio de la comarca de Antequera, y del sur peninsular en general; todo ello explica mi interés en ellos.

El espacio geográfico sobre el que se asienta la necrópolis es la Depresión de Antequera, por cuyo fondo discurre el río Guadalhorce. Esta unidad de relieve constituye un nudo de comunicaciones, pues supone un cruce natural entre los caminos que unen la Vega de Granada con el Valle del Guadalquivir, con dirección este-oeste, y la costa con el interior, en la norte-sur.

Íntima e indisolublemente vinculados a ella encontramos dos espacios naturales de sobrecogedora belleza, los cuales han estado siempre muy presentes en los grupos humanos que han poblado esta comarca; me estoy refiriendo a la Peña de los Enamorados y al Torcal.



La Peña es una enorme masa de caliza que se alza majestuosa sobre la llanura de la vega del río Guadalhorce, con tantas connotaciones y leyendas, con tantos restos arqueológicos a sus pies, tan simbólica ella cuando evoca, desde lejos, el perfil de una cara que mira al cielo, descansando inerte sobre el terreno.

El Torcal es un alarde de la naturaleza, pura fantasía geológica, fruto de la erosión kárstica sobre la masa de caliza que lo constituye, y que se alza, a modo de atalaya, sobre el pueblo de Antequera.

Toda la región ha estado habitada desde tiempos remotos, como lo atestiguan tanto los restos óseos de neandertales, encontrados en la cueva del Boquete de Zafarraya, como las pinturas rupestres paleolíticas de las cuevas de Nerja, la Pileta y Ardales.

Es durante el Neolítico cuando se observa una mayor ocupación humana por parte de grupos de agricultores y ganaderos y, consecuentemente, una mayor alteración del paisaje por el hombre. Es entonces cuando se levantan los dólmenes de Menga y Viera y se pintan las paredes del abrigo de Matacabras, en la base de la Peña de los Enamorados, y cuando parece que los grupos ganaderos se extienden por el valle del Guadalhorce y abandonan las cuevas naturales del Torcal, que les dieron cobijo hasta entonces, si hacemos caso a la estratigrafía que presenta la cueva del Toro.

Pero es en la fase siguiente, el Calcolítico, cuando asistimos a una verdadera explosión de yacimientos en toda la comarca de Antequera. Es el momento en el que empieza a aparecer una nueva sociedad, con los primeros objetos metálicos de cobre, el comercio de materiales de alto valor suntuario que dan prestigio a las élites locales, traídos de zonas lejanas, la introducción de una nueva técnica en la construcción de tumbas de inhumación colectiva, como es el tholos, con su cámara circular cerrada por medio de aproximación de hiladas y también la aparición de una nueva cerámica, la campaniforme, de uso restringido a las clases sociales más altas, en cuya cima se encuentran ya los reyes y sacerdotes y, por debajo de ellos, los metalúrgicos, artesanos y comerciantes. Es por ello que surge la necesidad de proteger los bienes y

propiedades de la comunidad, por lo que se construyen murallas y empalizadas que les defiendan de los enemigos, y también de nuevas tumbas que reivindicuen ante ellos la propiedad de la tierra de sus antepasados. Como vestigios de esta época, y del posterior Bronce Antiguo de comienzos del II milenio A.C., encontramos el yacimiento del Cerro del Marimacho, contiguo a la necrópolis, y más lejos, en la vega del río, el poblado de Los Silillos, la necrópolis de Alcaide, el cortijo de "El Tardón", los restos metalúrgicos dispersos encontrados en las laderas oeste y sur de la Peña de los Enamorados y, por último, el tercer dolmen del conjunto, El Romeral, alejado unos dos kilómetros de los otros dos dólmenes.

Antes de entrar a analizar el contexto astronómico en el que pudieron estar inmersos cada uno de ellos, es necesario facilitar una serie de datos relativos a tres dólmenes:

- Coordenadas geográficas:

Dolmen	Menga	Viera	El Romeral
Latitud ϕ	37°,024166 N	37°,023333 N	37°,034444 N
Longitud λ	4°,548333 O	4°,548888 O	4°,535000 O

- Acimut del eje axial (medido desde el sur, en el sentido de las agujas del reloj):

Dolmen	Menga	Viera	El Romeral
Acimut	225°	276°	19°

- Cronología asignada (C-14 para Menga y Viera, y tipológica para El Romeral):

Dolmen	Menga	Viera	El Romeral
Cronología	3.700 A.C.	3.300 A.C.	2.500 A.C.

- Inclinación de la Eclíptica:

Año A.C.	3.700	3.500	3.300	3.000	2.500
Eclíptica ϵ	24°,079786	24°,063820	24°,047183	24°,021012	23°,974323

Menga

Es un dolmen galería de grandes dimensiones, con unos 27 m de largo, 6 m de ancho y 3,5 m de alto, aproximadamente. Se halla cubierto por cinco enormes lajas de piedra, pesando la del fondo, la más grande, 180 Tm. A lo largo de su eje axial nos encontramos tres pilares de piedra, de base cuadrada, sobre los que descansan las losas de la cubierta en sus puntos de unión de una con otra. Al fondo de la sala, junto al tercer pilar, durante la campaña de excavaciones del año 2005, se encontró un pozo de boca circular, de unos 19 m de profundidad.



Menga está unido visualmente con la Peña de los Enamorados. Quien desde su interior mire hacia la puerta de entrada del dolmen, observará como la Peña queda perfectamente enmarcada entre sus dos ortostatos verticales y el dintel, es decir, la tumba fue proyectada con esta intención; una no existiría sin la otra. De forma inmediata y espontánea pueden surgir las siguientes preguntas astronómicas al visitante, como sucedió en mi caso:

1ª. ¿Qué estrellas o constelaciones se podían ver sobre la Peña de los Enamorados, en el 3.700 A.C., cuando comenzaba el crepúsculo astronómico matutino o finalizaba el vespertino, los días correspondientes a la entrada en cada una de las estaciones astronómicas?

2ª. ¿Existían algunos marcadores astronómicos, en relación con ella, además de las trayectorias solares, que pudieran señalar el comienzo de cada estación y ayudar de esta manera a las comunidades neolíticas de la comarca?

Responder estas preguntas exigían dar unos pasos previos:

- Elaborar un catálogo de estrellas de los dos hemisferios celestes, hasta una declinación de $\delta = -65^\circ$, en el marco de referencia J2000, para después hacer las correcciones a cada estrella, derivadas de la precesión de los equinoccios, hasta conseguir sus coordenadas ecuatoriales, (δ, α) , para la fecha de destino, en el año 3.700 A.C. Solo fue corregida también de movimiento propio la estrella Sirio, dada su proximidad al Sol.

- Hallar la inclinación de la Eclíptica para ese año y las declinaciones solares (δ) para cada uno de los días del mismo.

- Calcular la duración de los crepúsculos astronómicos correspondientes a los días de entrada en cada estación astronómica y así poder calcular el momento de comienzo o final de los mismos ese día.

- Calcular las coordenadas ecuatoriales (δ, α) , del punto celeste que se encontraba sobre la Peña, en el 3.700 A.C., en esos momentos crepusculares concretos. Conocidas estas coordenadas, se pudo saber la constelación que se hallaba sobre la Peña en cada estación, resultando ser estas las siguientes:

Crepúsculo	Invierno	Verano	Primavera	Otoño
Matutino	Cefeo	Leo Menor	Lynx	β Hércules
Vespertino	Coma Berenice	Camelopardis	Lira	α Lynx

- Hallar las fechas en las que se producían los ortos/ocazos, tanto cósmicos como helíacos, para algunas estrellas de gran magnitud, o un cúmulo como las Pléyades. Los resultados obtenidos fueron:

Estrellas	Orto cósmico	Orto helíaco	Ocaso cósmico	Ocaso helíaco
Sirio	10 de junio	24 de junio	4 de abril	20 de marzo
α Cruz del Sur	4 de septiembre	23 de septiembre	6 de junio	17 de mayo
Denébola	10 de junio	30 de junio	8 de julio	19 de junio
Régulo	1 de junio	21 de junio	1 de julio	10 de junio
Pléyades	23 de febrero	18 de marzo	2 de marzo	9 de febrero

Analizando los resultados obtenidos, vemos que en los momentos crepusculares propuestos no había sobre la Peña ninguna constelación muy llamativa por su asterismo en el cielo, como hubiera podido ser, por ejemplo, Orión, Leo o Tauro.

Diferente es si nos fijamos en fenómenos helíacos, pues tanto Sirio como Régulo, por medio de sus ortos helíacos, podían funcionar como buenos marcadores estelares para la entrada del verano, la estación en la que se recogen las cosechas de cereales y se lleva en trashumancia al ganado desde los pastos de invierno a los de verano, por ejemplo, al Torcal.

Como marcadores de los equinoccios pudieron servir la misma Sirio, durante su ocaso helíaco, para la primavera; y para el otoño, una estrella visible entonces en esas latitudes, α de la Cruz del Sur ($\delta = -35^\circ,3$), cuando se la viera aparecer por primera vez, por el horizonte sureste, con un acimut, $A = 302^\circ,2$. Había llegado entonces el momento de preparar los campos para la siembra de los cereales de invierno.

¿Cómo podían saber cuándo se producía la entrada del invierno? Para responder nos tenemos que fijar en las declinaciones, en ese tiempo, tanto de Sirio ($\delta = -25^\circ,17$) como la del Sol en el solsticio de invierno ($\delta = -24^\circ,08$). Estas declinaciones nos indican que los ortos y ocazos de Sirio y los del Sol en el solsticio de invierno eran muy similares, es decir, que las trayectorias en el cielo de la estrella y la del Sol, el día que entraba el invierno, eran muy parecidas. Por todo esto, concluimos que Sirio, además de marcarnos la primavera y el verano mediante sus fenómenos helíacos, también nos podía marcar el invierno con solo observar los días en los que el Sol seguía una trayectoria diurna similar a la de la estrella durante la noche.

Concluimos pues que, un observador del cielo nocturno de aquella época podría ser capaz de saber cuándo se iniciaban cada una de las estaciones, y así, acompasar sus actividades agrícolas y ganaderas con el discurrir anual de las mismas.

Si nos fijáramos en la constelación de Leo, en particular en sus dos estrellas más importantes, Régulo (α) y Denébola (β), asistiríamos a un bonito espectáculo veraniego. Régulo tenía su orto helíaco el 21 de junio, comienzo del verano, sobre las 3 h 30 m de la mañana, mientras el resto de estrellas de su asterismo permanecían ocultas por el resplandor del Sol. Había que esperar al 30 de junio para que ocurriera el orto helíaco de Denébola ($\delta = 36^\circ,1$), entonces ese día aparecería, majestuosa, encima de la Peña de los

Enamorados, sobre las 3 h 45 m.y a su derecha; un poco más alto y hacia el este, veríamos todo el cuerpo y la cabeza de Leo, siendo testigos de tan bonito espectáculo nocturno. Aclarar que en aquella época Régulo se encontraba casi sobre la Eclíptica, con lo que sus ortos y ocasos, respecto al Sol, serían muy parecidos.

Respecto a las Pléyades, había que esperar un poco de tiempo para que fueran más valiosas.

Viera

Se localiza muy cerca del dolmen de Menga, en el recinto denominado Campo de los Túmulos. Viera es un típico dolmen de corredor, con una cámara final cuadrangular de 1,8 m x 2,1 m, a la que se accede a través de una puerta cuadrada, perforada en la losa de entrada a la misma. El corredor, de unos 20 m de largo, está formado por ortostatos de piedra (catorce en el lado izquierdo y quince en el derecho) y una cubierta con cinco losas completas, aunque se le supone que tuvo otras tres o cuatro originalmente. El dolmen se halla cubierto por un túmulo de unos 50 m de diámetro.

Al igual que ocurre con la mayoría de los dólmenes europeos, el de Viera también parece orientarse a la salida del Sol, en concreto al orto solar, durante los equinoccios.

Aunque es innegable que el Sol ilumina el corredor al ascender sobre el horizonte estos dos días, un estudio más profundo del evento me permite albergar ciertas dudas al respecto de su posible orientación al orto solar, mientras que se abre otro candidato a ser el protagonista último de su orientación, este nuevo candidato es el cúmulo de las Pléyades y se justifica porque su orto helíaco en esta época se produciría el 21 de marzo, día del equinoccio de primavera.



Si tenemos en cuenta que en el 3.300 A.C. la declinación de las Pléyades era $\delta = -2^{\circ},09$ y que la altura necesaria para que fueran visibles sobre el horizonte este era $h = 4^{\circ}$ (dos grados corresponderían al tamaño angular aparente de las Pléyades (110' de arco), y los otros dos a la altura de las montañas); entonces su acimut al orto sería $A = 275^{\circ},6$, muy próximo a los 276° del acimut del eje axial, mientras que el Sol aparecería por el horizonte con un acimut $A = 271^{\circ},9$, unos cuatro grados menos respecto a dicho eje del corredor.

Esta nueva interpretación astronómica para la orientación de Viera no resulta tan extraña si pensamos en la importancia que tuvieron las Pléyades en el mundo circunmediterráneo durante el IV milenio A.C.

El Romeral

Alejado unos 2 km de los anteriores, El Romeral pertenece al tipo "Tholos" con un corredor de sillares de piedra pequeños, de unos 26 m de largo, y cubierta de losas planas. Al final del mismo llegamos a la cámara sepulcral, de planta circular, de unos 5 m de diámetro, construida en aparejo pequeño, que se cierra por la técnica de aproximación de hiladas o falsa bóveda.



El Romeral se encuentra en la misma línea visual que forman Menga y el abrigo de Matacabras, casi a medio camino entre ambos. De nuevo en el Romeral nos encontramos con una orientación extraña respecto al resto de megalitos europeos, pues su acimut es $A = 19^\circ$ (hacia el oeste desde el sur) para el corredor de entrada. No encontramos ninguna estrella o constelación importante en esta época, 2.500 A.C. que, para la latitud de Antequera, pudiera tener su ocaso con este acimut. La única que se le aproximaría sería la Cruz del Sur, pero poco, ya que su estrella α , ($\delta = -39^\circ,8$) se ocultaría con un acimut, $A = 36^\circ,5$, bastante lejos del acimut del corredor del dolmen.

Estos resultados me llevan a considerar como acertada la explicación que da el profesor Michael Hoskim para la orientación del Romeral, en cuanto a que se orienta hacia el Torcal, concretamente hacia el Camorro de las Siete Mesas, una de sus mayores alturas, con 1.346 m y hacia la Cueva del Toro, cercana a él, o bien hacia donde a mí me parece también importante, al nacimiento del río de La Villa, que ha jugado siempre un importantísimo papel como corriente de agua dulce para aprovisionarse, que quedaba cercano a los dólmenes.

Como reflexión final sobre el Conjunto de los Dólmenes, quiero aportar algunos comentarios personales de interpretación, dejando claro que son sólo eso, personales.

- Los tres dólmenes no están dispuestos sobre el paisaje al azar, sino que debe haber una justificación para su distribución espacial, en relación con su entorno geográfico.

- Que tanto la Peña de los Enamorados como el Torcal han estado siempre omnipresentes para sus pobladores, desde tiempos muy remotos.

- Que los habitantes de la comarca, cuando bajaron del Torcal al Valle del Guadalhorce, durante el IV milenio, veían siempre la "Cara Tumbada" desde su primer asentamiento, el Cerro del Castillo, la actual Alcazaba. Esa atracción hipnótica sobre la Peña les hizo pintar algunas figuras sobre las paredes del abrigo rocoso de Matacabras.

- Esta fijación por la Peña hizo que recorrieran muchas veces el camino hacia ella, jalonando el camino a recorrer con algunas paradas o hitos importantes: primero, el río de la Villa, después el llano próximo al Cerro del Marimacho, en donde hay un manantial de agua potable donde aprovisionarse; pero la Peña sigue viéndose al fondo y hay que continuar el camino hacia ella y es conveniente, antes de cruzar el otro río, el Guadalhorce, hacer un alto en el camino y, por qué no, en el llano del Romeral que se encuentra a mitad del recorrido; de esta forma la "romería" se hace más llevadera y alegre; ya sólo queda cruzar el río, ascender por la suave pendiente del cerro de la Peña, hasta llegar al Abrigo, el abrigo rupestre, primigenio, de nuestros antepasados, donde se completa todo el ceremonial o los rituales que se tenían previstos realizar.

Esta recreación podría explicar por qué el Cerro del Castillo, Viera, Menga, el Romeral y la Peña de los Enamorados se encuentran en línea recta, en la misma visual.

- Que Menga está asociado al culto de los antepasados, los primeros en hollar esa tierra, que Viera tiene una connotación astronómica clara, pero para el Romeral, su cronología y su tipología constructiva hacen necesario algo más para explicarlo. Como las ideas se difunden con rapidez en el III milenio A.C., de ahí su similitud con los dólmenes de Valencina de la Concepción (Sevilla) y de Millares (Almería), pero también lo hacen los pueblos, como el Campaniforme pastoril, o del norte de Africa, huyendo de la desertización del Sahara que se producía en ese momento, que traen la cazuela carenada, nueva en la zona, ambos pacíficos; otros serán violentos como el pueblo Yamna, indoeuropeos, pertenecientes a la cultura de los Kurganes, con su cerámica cordada y sus hachas de combate, sus arcos compuestos, sus caballos y sus carros de cuatro ruedas y también los enterramientos en túmulos; realizando rápidamente grandes sustituciones de población masculina en toda Europa Occidental, incluida España... pero esa es otra Historia a contar.

Templos neolíticos de Mnajdra (Malta)

El país de Malta está formado por un conjunto de islas e islotes más o menos pequeños, cercanos a la costa, siendo la propia isla de Malta la mayor de todas ellas. Su superficie total es de 316 km². No tiene grandes montañas, la más alta es Ta' Dmejrek con 253 m y se encuentra no muy lejos de nuestro templo de estudio. Su litología está formada totalmente por roca caliza y su costa es rocosa y recortada, con numerosos acantilados, bahías y calas. Tiene clima mediterráneo y no cuenta con cursos de agua permanentes, por lo que el suministro de agua se ha limitado, a lo largo de su historia, a la recogida mediante tanques o aljibes excavados en la roca.

El archipiélago se encuentra a unos 100 km de Sicilia, por el norte, a 300 km de las costas de Libia y Túnez, por el sur, y a 800 km de Creta por el este, es decir, se halla relativamente aislado en medio del Mediterráneo.

Las primeras poblaciones humanas, formadas por grupos de agricultores y ganaderos, correspondientes al periodo del Neolítico Antiguo, arribaron a la isla entre el 5.200 y el 4.500 A.C., procedentes de Sicilia, aprovechando la existencia de corrientes marinas favorables para navegar hacia Malta, sobre todo durante la primavera y el verano, pero muy peligrosas para las embarcaciones de la época en la dirección contraria.



Es durante el siguiente periodo, conocido como el de Los Templos (4.100-2.500 A.C.), cuando se asiste a un fuerte crecimiento de la población y consecuentemente a la aparición de los primeros templos como Skorba, Ta' Hagra y Ggantija, en la isla de Gozo, que se hacen cada vez más complejos en su estructura. Es al final de este periodo, en la fase conocida como de Tarxién (3.150 - 2.500 A.C.), cuando se produce el apogeo y plenitud de la cultura megalítica maltesa. Entonces es cuando vemos cómo los templos se enriquecen con estructuras internas complicadas, y se adornan con bellos relieves naturalistas los dinteles y pilastras que dan entrada a los ábsides.

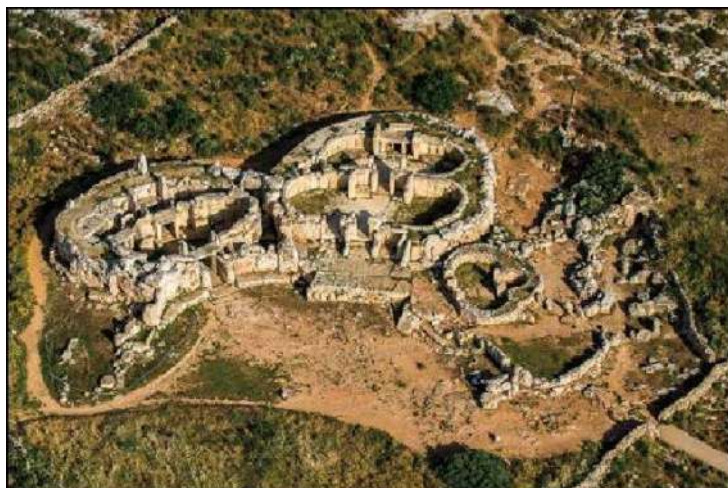
En su interior se han encontrado numerosas figuritas de piedra y barro cocido representando mujeres con sus atributos femeninos bien marcados, además de tallas sobre huesos de animales de carácter fálico. Esto parece indicar unas concepciones religiosas basadas en el culto a los antepasados y a la gran Diosa Madre, omnipresente en todo el Mediterráneo oriental durante el Neolítico, una diosa de la fertilidad y posiblemente también diosa de los muertos.



Toda esta magnífica y original cultura desaparece bruscamente sobre el 2.500 A.C., dentro de un contexto arqueológico extraño, en el que se pueden observar unas prácticas religiosas diferentes y una cultura funeraria importada de fuera, pasándose de inhumar los cadáveres en tumbas megalíticas colectivas a incinerarlos de forma individual, o lo que es lo mismo, se abandona la Edad de la Piedra y se entra en la Edad del Bronce.

Es sobre todo este substrato geográfico y cultural sobre el que se asientan los templos. Mnajdra se encuentra situado al sureste de Malta, sobre una ladera que cae, mediante abruptos acantilados, al mar. Enfrente, a unos 5Km de la costa, se encuentra el islote de Filfla, una meseta en forma de altar, con acantilados de 60 m. de altura.

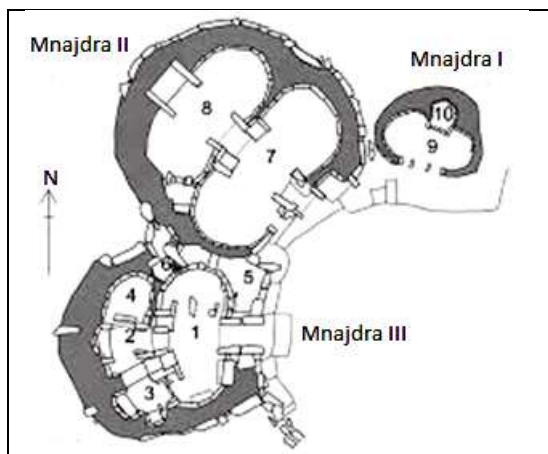
Alrededor del complejo se ven otras ruinas, posibles restos de otras estructuras que existieron y hoy han desaparecido. También, a unos 250 m. de distancia, se hallan excavados en las rocas del lugar unos tanques o cisternas interconectadas entre ellas, que pudieron ser utilizadas para el suministro de agua, tanto para los templos de Mnajdra como para los de Hagar Qim, muy próximos entre sí. El conjunto está formado por tres templos, que el visitante se encuentra sucesivamente, según se accede al recinto vallado y techado en la actualidad, para preservar todo el yacimiento.



El primero de ellos, al que llamaremos Mnajdra I, es un pequeño templo trilobulado orientado al suroeste, el segundo es el templo del medio, Mnajdra II, insertado entre los otros dos y el tercero es el templo sur, Mnajdra III, orientado hacia el este y enmarcado por una fachada de rocas grandes megalíticas.

Todos ellos están contruidos en piedra caliza local, la más dura y resistente ante la erosión para los muros exteriores, mientras que la más blanda y modelable se aplicó en la decoración interior.

En cuanto a su cronología, hay que decir que se construyeron en distintos momentos o fases, según parecen confirmar los restos arqueológicos encontrados en ellos, sobre todo cerámica.



- Mnajdra I es el más antiguo, construido entre los años (3.600-3.200 A.C.).

- Mnajdra II fue construido en distintos momentos del periodo (3.150-2.500 A.C.).

- Mnajdra III se hizo en varias fases, primero las salas 3ª, 2ª y 4ª, por este orden, a mediados del IV milenio, después sobre el 3.000 A.C. la sala 1ª, y al final del periodo templario, sobre el 2.500 A.C., la 5ª, añadida a modo de capilla para orar.

En vista de una cronología tan amplia y, con el objetivo de poder trabajar con una fecha en concreto a la hora de realizar los cálculos necesarios y así interpretar los posibles alineamientos presentes en cada templo, yo he elegido el año 3.000 A.C., fecha central de sus periodos constructivos y, como datos necesarios en el cálculo están también sus coordenadas geográficas y la inclinación de la Eclíptica en ese momento.

Latitud: $35^{\circ} 49' 36'' = 35,82^{\circ} \text{ N}$; **Longitud:** $14^{\circ} 26' 11'' = 14,43^{\circ} \text{ E}$. **Eclíptica:** $24,02101^{\circ}$

Mnajdra I, Templo del Este



Tiene forma de hojas de trébol, y lo que parece ser un altar, en su parte del fondo.

Está orientado hacia el suroeste, con un acimut $A = 30^{\circ}$, hacia la isla de Filfla, con la que parece guardar una relación especial. Lo más destacable que presenta este templo, aparte de su orientación a la isla de Fifla, son sus dos losas verticales ortostáticas que flanquean la puerta de entrada a la sala del fondo del templo. En ellas se pueden ver varias filas de puntos agujereados que discurren paralelamente unas con otras. El número aproximados de puntos en cada uno de los pilares es de unos 179-181, es decir, alrededor de medio año, en días, del calendario solar, por lo que podemos hacernos la pregunta de si hay alguna cuenta de días detrás de estas representaciones de puntos. F. Ventura, G.F. Serio y M. Hoskin sugiere dos hipótesis explicativas:



La primera de ellas defiende que los agujeros de las dos losas representan la cuenta de los días que tiene un año, y de medio año si se toma solo la más conservada y clara de las dos, la de la derecha o este geográfico, o también si podía corresponder cada fila de puntos a los días transcurridos entre las distintas festividades anuales de la comunidad, pero nunca lo sabremos.

La segunda hipótesis, la más elaborada, fijándose en particular en el bloque del este, señala que el templo Mnajdra III también estuvo alineado al orto del cúmulo de las Pléyades en el 3.000 A.C., y que cada una de las filas de puntos corresponderían a los días transcurridos entre los ortos helíacos de las principales estrellas, más el cúmulo de las Híades, en una secuencia que ellos proponen y que comienza con el orto helíaco de las Pléyades.

Yo he intentado contrastar dicha secuencia, trabajando con los seis primeros astros de su lista, con las coordenadas ecuatoriales que tenían en el 3.000 A.C., para después calcular sus ortos helíacos, obteniendo los resultados siguientes:

Astro	Asc. recta (α)	Declinación (δ)	Orto cósmico	Orto helíaco
Pléyades	349°,822518	0°,3344001	2 de marzo	24 de marzo
Aldebarán	3°,223694	5°,506924	31 de marzo	19 de abril
Híades	1°,141259	6°,471088	29 de marzo	21 de abril
Betelgeuse	24°,500599	7°,535507	5 de mayo	25 de mayo
Bellatrix	17°,80897	11°,260776	29 de abril	19 de mayo
Rigel	20°,591031	25°,793666	19 de mayo	8 de junio



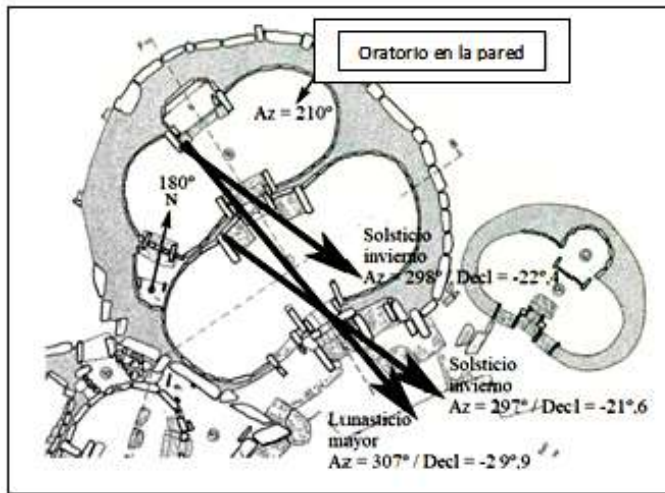
Con todas las reservas que mi afirmación conlleva, mis resultados no concuerdan con los suyos, y pienso que el Templo I de Mnajdra solo está asociado a la isla de Filfla, que destaca en el horizonte local y debió jugar un importante papel para estas comunidades neolíticas.

En la imagen de al lado se ve a la isla perfectamente enmarcada en la puerta de entrada a Mnajdra I.

Mnajdra II, Templo del Medio



Construido en piedra caliza blanda, consiste en una estructura con cuatro ábsides, orientado hacia el sureste. Tiene un corredor central que nos lleva a un altar situado al fondo del mismo. Su parte frontal es una plataforma de unos 2,5 m de alta y 7 m de ancha. Puede que esta plataforma sea una reconstrucción hecha a mediados del siglo XX.



Consta de dos habitaciones, la primera de 17m x 2m, y la segunda, de 14m x 6m.

A los dos lados de la puerta que comunica la primera con la segunda sala a través de un pequeño corredor, hay dos piedras horizontales enmarcadas cada una por otras dos verticales, a modo de hornacinas para colocar objetos de culto. En su

fondo hay un altar que está alineado con el corredor central del templo. En esta misma sala hay un pequeño nicho al que se accede por una puerta de entrada.

Después de haberse fijado el acimut del eje axial del templo en $A = 318^{\circ},5$, voy a exponer algunas de las alineaciones astronómicas propuestas por algunos investigadores.

M. Vasallo observó que los rayos del orto solar, durante el solsticio de invierno, iluminan la esquina de la pared correspondiente al nicho izquierdo de la puerta de entrada de la primera sala a la segunda, cuando pasan, al amanecer, a través de la puerta de entrada. Tore Lomsdalen, por su parte, ha propuesto las distintas alineaciones que se ven en el dibujo de arriba.

Un nicho situado en la pared izquierda de la segunda habitación presenta un acimut $A = 180^{\circ}$, es decir, directamente al norte. También afirma que el Sol se alza en invierno con un acimut $A = 297^{\circ}$, correspondiente a una declinación $\delta = -21^{\circ},6$ y sobre una altura en el horizonte de $0^{\circ},5$. Colocándose en la parte izquierda del altar más al fondo del templo, dos alineaciones han sido posible hacer. La primera se dirige, a través de la puerta del corredor que comunica las dos salas, hacia el solsticio de invierno, con un acimut $A = 298^{\circ}$. Esta última alineación pudo cumplir su función astronómica en el caso, muy probable, de que esta segunda sala existiera mucho antes de que se construyera la primera y el frente del templo. La segunda, con origen en ese mismo punto del altar del fondo, pasando a través del lado izquierdo del corredor que une las dos salas, apuntaría al lunasticio mayor en ese momento de la construcción, con un acimut $A = 307^{\circ}$, correspondiente a una declinación lunar igual a $\delta = -29^{\circ},87$.

El lunasticio, mayor o menor, es un fenómeno astronómico que ocurre, por término medio cada 18,61 años y que está relacionado con el ciclo de regresión o precesión de los nodos de la órbita lunar, es decir, es el movimiento equiparable al de la precesión de los equinoccios para la órbita de la Tierra (cada 25.776 años), pero aplicado a la órbita de la Luna alrededor de la Tierra. Los dos nodos lunares son los puntos en el espacio en los que la órbita de la Luna intersecta al plano de la Eclíptica. Estos momentos de declinación máxima y mínima varían porque la órbita lunar está inclinada unos $5^{\circ},14$ y la dirección del eje de rotación en el espacio varía con ese periodo de 18,61

años, sumando o restando, alternativamente, esta inclinación a la correspondiente inclinación de la Tierra de $23^{\circ},439$. Estos fenómenos ocurren siempre alrededor de las fechas correspondientes a los equinoccios, tanto de otoño como de primavera. Como consecuencia, la declinación de la Luna varía entre:

$$23^{\circ},439 - 5^{\circ},14 = 18^{\circ},299 \quad \text{y} \quad 23^{\circ},439 + 5^{\circ},14 = 28^{\circ},579.$$

Los cálculos realizados por mí, respecto al acimut del orto del Sol el día del solsticio de invierno, en relación con las alineaciones propuestas, no concuerdan totalmente con los dados por T. Lomsdalen. Tomando como declinación solar $\delta = -24^{\circ},02101$, y teniendo en cuenta el efecto de la refracción atmosférica, (35'), además del radio angular aparente del Sol, (16'), el acimut al orto solar que obtengo es $A = 299^{\circ},444$, diferente a los 297° o 298° reflejados en el dibujo de las alineaciones. Esto me lleva a pensar que parece existir una alineación intencionada hacia el orto solar durante el solsticio de invierno, desde y a través de distintos elementos constructivos que se toman como referencia (altares laterales, corredor central, puerta de entrada), pero que el origen exacto de la alineación presenta cierta incertidumbre, aunque la orientación general del templo al sureste invite a creer que la hipótesis es correcta.

En cuanto a la alineación al lunasticio mayor, mis resultados arrojan una declinación de la Luna para este lunasticio igual a $\delta = -29^{\circ},758598$, valor obtenido teniendo en cuenta su paralaje diurno para la latitud de Mnajdra, pero no la refracción. Con esta declinación, entonces el acimut al orto es $A = 307^{\circ},746$, casi igual a los 307° mostrados en el dibujo.

Esta orientación al lunasticio mayor es observada también por J.Cox en otros tres templos de Malta, en Hagar Qim, en Ta' Hagarat y en Ggantija.

Resulta muy estimulante para la imaginación el pensar como la observación y el cómputo de estos amplios ciclos astronómicos, similares en duración temporal a la vida media aproximada de una generación durante el Neolítico, pudieron servir para señalar el momento de ciertos festivales o rituales de especial importancia para la Comunidad.

Relacionando este ciclo de los lunasticios mayores y menores con el correspondiente al de los saros de 18 años y 11 días aproximadamente, surge inmediatamente la pregunta de si pudo servir este evento astronómico como ciclo temporal para hacer un seguimiento de los eclipses de luna, ya que la secuencia de los mismos se repite y son visibles en todo el hemisferio nocturno y, lo que es más importante, si tres lunasticios mayores consecutivos pudieron servir para predecir, con un cierto grado de exactitud, los eclipses solares, ya que cada tres saros se repite, aproximadamente, la secuencia de los mismos y en las mismas zonas geográficas. Por otro lado, los mayores y menores lunasticios se producen siempre cerca de los puntos vernal y otoñal, posibilitando que los tres astros se encuentren alineados y puedan eclipsarse mutuamente.

Mnajdra III, Templo Sur



Al igual que el anterior Templo Medio, Mnajdra III es una estructura formada por cuatro ábsides. Su fachada cóncava está compuesta de seis bloques megalíticos, tres a cada lado de la entrada principal, la cual se abre a un patio o espacio abierto parcialmente pavimentado.

El corredor central mide unos 15,5 m desde la entrada hasta el altar del fondo. La primera sala tiene unas dimensiones de 14 m x 7 m, con restos en el suelo

formado por una especie de cemento de piedra caliza, y las paredes son bloques de piedra verticales de 2 m x 1,5 m, cubiertos por otros bloques horizontales.

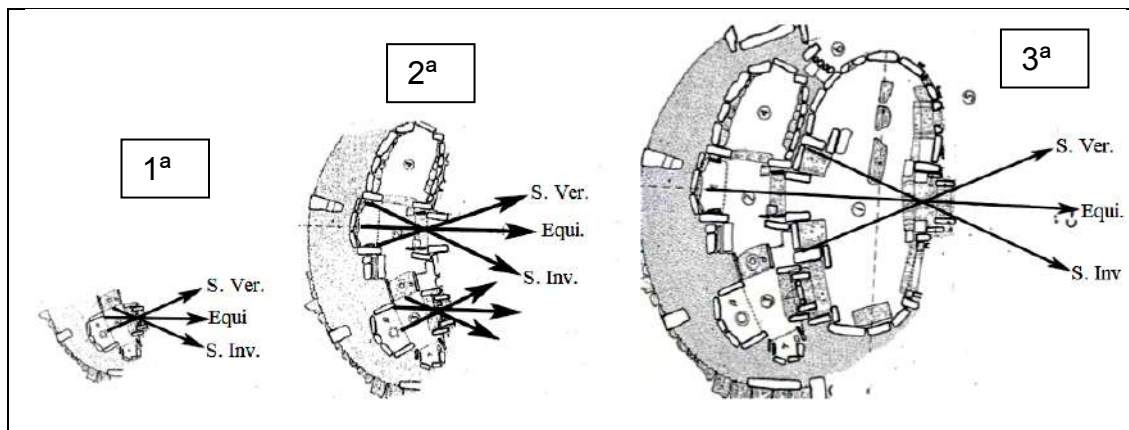
La puerta de entrada desde la primera sala a la segunda presenta, a cada lado, un altar con lajas decoradas con agujeros.

En el fondo de esta sala hay un nicho a modo de altar, centrado a lo largo del corredor principal, con una losa horizontal de 2,7 m de largo por 1,25 m de ancho, asentada sobre pilares.

Al lado derecho del altar se abre una sala pequeña, en la que por los restos encontrados en ella (huesos, partes del cuerpo en arcilla, restos de pierna de una estatua, etc.) pudo cumplir la función de sala dedicada a una deidad de la Salud.

Para el estudio de este templo vamos a seguir nuevamente las alineaciones propuestas por T. Lomsdalen. Él defiende hasta doce alineaciones al orto del Sol durante los equinoccios y los solsticios, correspondientes a las diferentes salas del templo, y que pudieron ir cumpliendo su función a medida que se fueron construyendo, durante esas cuatro etapas constructivas que menciona. Paulatinamente las alineaciones de las salas más antiguas fueron quedando obsoletas, sustituidas por las más modernas, aunque manteniendo sus orientaciones iniciales.

En el dibujo de abajo se ve la evolución de los alineamientos según las etapas constructivas.



En este estudio solo se van a tener en cuenta las alineaciones finales de la primera sala, ya que son las más interesantes y están bien documentadas por varios autores.

Mnajdra III es el único templo de toda Malta cuya orientación principal es hacia el este. Esto pone de manifiesto una intencionalidad por parte de sus constructores para seguir el recorrido del Sol durante todo el año, ya que el corredor central se ilumina completamente al amanecer de los equinoccios, mientras que durante los solsticios, dos ortostatos verticales son también iluminados por el Sol al orto.

Es fundamental, para el que no haya estado allí, el poder hacerse una idea del horizonte local, ya que sobre el mismo se van a observar todos los ortos solares a lo largo del año. En la fotografía de abajo se puede ver este horizonte, tal como se ve desde el Templo III.



Sobre su horizonte Este se perfila la silueta de una colina, como a unos 500 m de distancia, que se ve en su punto noreste con una altura de unos $4^{\circ},5$ y que, paulatinamente va descendiendo hasta los 0° , cerca del punto del orto de invierno, lugar donde se juntan el cielo, el mar y la tierra. Más hacia el sur tenemos los acantilados que caen abruptamente sobre el mar.

Según observaron F. Ventura, G.F. Serio y M. Hoskin, la orientación principal del templo es hacia el Este, por tanto orientado hacia el orto solar en los equinoccios, tomando como alineación la visual con origen en el altar más al fondo, pasando a través de la puerta que comunica las dos salas y la que da entrada al edificio. Midiendo el acimut de esta alineación dio que era $A = 272^{\circ},5$ ($0^{\circ},5$ más que T. Lomsdalen), señalando hacia un punto sobre la colina, de 4° de altura sobre el nivel del mar.



Realizados los cálculos, el acimut al orto en el solsticio de invierno que se obtiene, sin tener en cuenta refracción, radio angular y paralaje diurna, es igual a $A = 300^{\circ},136$. En ese momento, el ortostato vertical correspondiente a la especie de hornacina del lado derecho de la puerta que comunica las dos salas, es iluminado por un fino haz de luz vertical. En simetría con el ortostato vertical iluminado durante el solsticio de invierno, también el ortostato vertical del lado izquierdo es iluminado en el solsticio de verano, como se pueden ver en las fotografías de arriba (el de verano a la izquierda y el de invierno a la derecha). Su acimut teórico al orto, sin refracción, sería $A = 239^{\circ},86$, pero se hallaría debajo del horizonte que conforma la pendiente de la colina. Repitiendo ahora los cálculos para el verano y teniendo en cuenta la refracción, obtengo que, para un acimut de $A = 243^{\circ}$ (T. Lomsdalen da 244°), el Sol saldría por un punto de la colina que tiene una altura sobre el horizonte de $4^{\circ},084$, lo que se ajusta bastante bien a la realidad.



La otra alineación que queda por analizar es al equinoccio y al orto de las Pléyades. Esta alineación ha sido observada por numerosos investigadores en este Templo Sur.

Se define el equinoccio como el momento en el que el Sol tiene unas coordenadas ecuatoriales, $\delta = 0^{\circ}$ y $\alpha = 0^{\circ}$, e iguales a sus coordenadas eclípticas. Ese día, el Sol tiene su orto con un acimut, $A = 270^{\circ}$, saliendo por el este. No obstante, el acimut con el que se le ve aparecer en Mnajdra esa mañana equinoccial es $A = 272^{\circ},5$ y cuando ya tiene una altura $h = 4^{\circ}$.

Realizados mis cálculos para ese acimut y con refracción, obtengo que su altura es $h = 3^{\circ},94$, casi igual a lo observado. En ese momento el corredor es iluminado por la luz del Sol como se ve en la foto de arriba.

La segunda posible alineación, sugerida por F. Ventura y su equipo en 1991, propone que este templo estaría orientado hacia el orto helíaco del cúmulo estelar de las Pléyades.

El acimut teórico de las Pléyades al orto es $A = 270^{\circ},41$, ya que entonces su declinación era $\delta = -0^{\circ},3344$, por lo que sería posible verlas salir desde el corredor central del templo. Así mismo hay otra característica, muy importante para esta sociedad neolítica, como era que su orto helíaco se producía entonces alrededor del equinoccio de primavera, pues según mis cálculos ocurriría sobre el 24 de marzo. Por consiguiente, tanto el Sol como las Pléyades indicarían que la primavera ha llegado.

Al igual que hice con el conjunto de dólmenes de Antequera, quiero finalizar aquí con una opinión personal acerca de estos maravillosos templos de Mnajdra, y en general, de Malta.

- Resaltar la originalidad de estas construcciones, encuadradas en un marco temporal tan antiguo y que no presenta paralelismos con ninguna arquitectura contemporánea del mundo antiguo mediterráneo y solo algo, en cierta medida, con el megalitismo en la Península Ibérica.

- Mnajdra es un complejo templario sabiamente dispuesto por sus constructores. Sobrecoje a quien lo visita por su armonía y relevancia funcional como posible observatorio astronómico.

- Mnajdra es uno más de los templos malteses que se distribuyen de forma equilibrada por toda la isla, cada uno ocupando un territorio local y todos dirigidos por una clase social elitista, encarnada en la casta sacerdotal, que sería la encargada de dirigir los rituales y festejos de la comunidad.

- Esta sociedad neolítica, autóctona y aislada de los circuitos de difusión de ideas que circulaban por el Mediterráneo, se enfrentaba a numerosos retos o problemas a solucionar como eran: la sobreexplotación de los recursos económicos, la erosión de los suelos, la sobrepoblación, la endogamia intrínseca de un grupo que está aislado geográficamente, las enfermedades y epidemias llegadas del exterior como consecuencia de las relaciones esporádicas con otros grupos humanos, y algunos más que seguro existieron también. Es por ello que me formulo una serie de preguntas: ¿habría rituales específicos en los templos relacionados con la fertilidad cada vez que se cumplía un ciclo?, ¿señalarían los astros del cielo los momentos adecuados para las reuniones entre las poblaciones de los diferentes territorios?, ¿servirían para, a modo de nuestras romerías, combatir la excesiva endogamia local mediante las relaciones entre poblaciones de todo el archipiélago?, ¿indicarían el momento oportuno para enviar expediciones fuera del territorio insular, con diferentes objetivos, como pudieran ser la obtención de productos de los que carecían, esclavos, entre otros más?

- El hecho de que las plantas de casi todos los templos malteses son polilobuladas y con varios ábsides en la mayoría de ellos, junto con las figurillas de terracota halladas en muchos de ellos, representando a mujeres de amplias formas, con sus atributos femeninos acentuados, me reafirma en mi creencia de que hay una relación especial entre los templos y la fertilidad.

- Me pregunto también si el final de esta extraordinaria cultura, incluyendo la sustitución de todo el componente genético de la población por otro nuevo, la aparición de la metalurgia, la construcción de sistemas defensivos para los poblados y el surgimiento de una nueva cultura funeraria no pudo estar causada por sucesivas oleadas de pueblos protoindoeuropeos relacionados con la expansión de la cultura de la cerámica cordada a los Balcanes, para desde allí, y a través de la Península del Peloponeso, llegar a Malta, como parecen demostrar los restos de cerámica encontrados en el archipiélago maltés. ¿Otra vez el pueblo Yamna barriendo esta cultura maltesa, a mediados del III milenio, como pudo suceder también en Antequera?

LAS ESTRELLAS EN LA HISTORIA

Es innegable el influjo y fascinación que las estrellas, aisladas o agrupadas formando un asterismo en el cielo, han tenido sobre el ser humano, probablemente ya desde etapas muy tempranas de la evolución humana, llegando este sentimiento hasta el día de hoy. Esos cielos más limpios permitirían observarlas con mayor nitidez, espoleando su imaginación, evocándoles formas familiares y desarrollando mitos y leyendas sobre ellas, que consolidaran, a la vez, la conciencia de grupo y la cohesión del mismo. Su propia supervivencia les iba en ello.

En este segundo bloque de contenido sobre arqueoastronomía, me voy a fijar en la importancia que tuvieron para algunas sociedades antiguas una estrella brillante en particular, o un cúmulo muy visible de ellas, en general. Me estoy refiriendo a la estrella Sirio, en el Egipto faraónico y a las Pléyades en diferentes culturas, desde el Paleolítico Superior hasta la Grecia clásica.

El orto helíaco de Sothis (Sirio) en el Antiguo Egipto.

Sirio es el nombre latino dado a la estrella más brillante de la constelación del Can Mayor (α CMa), y también de todo el cielo nocturno. Es un sistema binario formado por Sirio A, una estrella blanca y por su compañera, Sirio B, una enana blanca. El sistema se halla a una distancia de 8,6 años/luz. Sus coordenadas ecuatoriales, ascensión recta (α) y declinación (δ) son: $\alpha = 6^h 45^m 9^s = 101^\circ,2875$ y $\delta = -16^\circ 42' 58'' = -16^\circ,7161$.

Algunas características físicas y dinámicas de Sirio necesarias para los cálculos a realizar, respecto a su orto helíaco, son las siguientes:

- movimiento propio en $\alpha = -546,01$ mas/año (miliarcosegundos por año)
- movimiento propio en $\delta = -1223,07$ mas/año
- velocidad radial = $-5,5$ km/s
- distancia = 8,6 años-luz, igual a 2,64 parsecs
- paralaje = $379,21$ mas
- masa = $2,02$ masas solares

A la derecha se puede ver una representación de la constelación del Can Mayor.

Se define el orto helíaco de una estrella como el momento en el que se ve aparecer a la estrella por primera vez, después de un tiempo de invisibilidad, por el horizonte este de un lugar, un poco antes de que salga el Sol durante el amanecer. En el caso de Sothis este periodo de invisibilidad era de setenta días y está claramente relacionado con los setenta días que, según Herodoto, pasaba un cadáver en la "Casa de los muertos" para ser embalsamado. Resulta complicado buscar la fecha exacta del orto helíaco de una estrella, por la incertidumbre asociada a una serie de variables que intervienen en el fenómeno astronómico como pueden ser: la topografía del horizonte local, las condiciones de la atmósfera en el momento de la observación, la refracción atmosférica y la elección del "arco de visión" adecuado, para que el resplandor



del Sol todavía no sea mucho e impida que se vea la estrella; entendiendo por arco de visión la distancia angular, vertical, medida en grados, entre la estrella y el Sol. Además hay que tener en cuenta que la fecha del orto helíaco varía con el paso del tiempo y con la latitud del lugar, y esto es necesario decirlo, pues se pretende hallar el día que ocurría el orto helíaco de Sothis en la antigua ciudad de Menfis, para un intervalo de tiempo que va desde el 3.000 A.C. hasta el año 0; así mismo hay que tener en cuenta que Egipto es un país que tiene hoy en día más de 1100 km de norte a sur, y que en la Antigüedad se extendía entre los 22° y los 31° de latitud norte. Por consiguiente, no se producía el orto el mismo día en la ciudad de Tebas que en la de Menfis.



Siendo Egipto "un don del Nilo" como decía el historiador Herodoto, era imprescindible la creación de un calendario que regulara las actividades agrícolas y, fundamentalmente, que fuera capaz de predecir la inundación anual del río con la mayor precisión posible. Para llevar a cabo esta función tan importante, existía en la sociedad egipcia unos sacerdotes, conocidos como "los observadores de los secretos del cielo", con frecuencia representados cubiertos con una piel de pantera decorada con estrellas. Eran los encargados, entre otras cosas, de la predicción de los ortos y ocasos de las estrellas, fundamentalmente de la estrella Sothis, cuyo orto helíaco marcaba el comienzo del año civil y, por tanto, del calendario. Destacaban por encima de los demás sacerdotes, los consagrados en Heliópolis al dios Ra. Como el calendario lunar no posibilitaba la exactitud requerida, tuvieron que crear uno solar. El año constaba

de 365 días, divididos en doce meses, de treinta días cada uno, a los que se añadían cinco días adicionales conocidos como "epagómenos", dedicados al nacimiento de los dioses Osiris, Horus, Seth, Isis y Neftis. Estaban divididos en tres estaciones, Akhet (la inundación), Peret (la siembra) y Shemu (la cosecha), cada una con una duración de cuatro meses, y cada uno de los meses tenía tres semanas, de diez días cada una de ellas.

Comenzaba el año con el orto helíaco de Sothis, que se producía al comienzo de la inundación del Nilo. Como este año era de 365 días, frente a los 365,25 del año juliano, se producía un retraso de un día cada cuatro años en el comienzo del año civil, no volviendo a coincidir de nuevo el comienzo del año astronómico con el civil hasta transcurridos 1.460 años (365×4). A este ciclo se le conocía como ciclo sothiaco.

Con objeto de evitar este desfase, durante el reinado de Ptolomeo III (238 A.C.) se añadió un sexto día, epagómeno, cada cuatro años. Con posterioridad, Julio Cesar en el año 45 A.C. introdujo su calendario solar de 365,25 días. Este calendario "juliano" estuvo vigente en toda la cristiandad, menos en el mundo ortodoxo, hasta el 1582, cuando entró en vigor la reforma llevada a cabo por el Papa Gregorio XIII, durante Concilio de Trento.

Ya que vamos a trabajar sobre la ciudad de Menfis, necesitamos conocer sus coordenadas geográficas: latitud $\phi = 29^{\circ},84466 = 29^{\circ} 50' 40,8''$ y longitud $\lambda = 31^{\circ},25083 = 31^{\circ} 15' 3''$. Menfis se encontraba cerca de donde se

abre el Delta del Nilo y cerca de la ciudad de Heliópolis, donde tenía lugar el principal culto al dios solar Ra.



En la foto de al lado se pueden ver, tanto las ruinas de Menfis como la pirámide escalonada de Saqqara. Fue la capital del país durante todo el Imperio Antiguo en el III milenio A.C.

Como siempre que hay que realizar cálculos astronómicos sobre fenómenos que sucedieron hace bastante tiempo, en este caso varios

milenios, es necesario llevar a cabo una serie de correcciones sobre los datos con los que se van a trabajar, y que en este caso son:

1º. Corregir tanto de precesión como de movimiento propio a la estrella, para cada una de las fechas del intervalo. Esto se justifica dado el tiempo transcurrido, de varios milenios de años, así como del movimiento propio de Sirio, que es significativo, por estar solo a 8,6 años-luz de distancia. Las fórmulas para calcular la corrección por precesión no las voy a dar, pero se pueden ver en cualquier anuario del Real Observatorio de Madrid.

2º. Hallar la inclinación de la Eclíptica para cada fecha del intervalo. Esto supone admitir una variación en la latitud de los Trópicos en función del tiempo y, por consiguiente, una variación de la declinación del Sol para cada uno de los días del año. La siguiente fórmula de J. Laskar nos permite hallarla:

$$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21'',448 - 4.680'',93 U - 1'',55 U^2 + 1.999'',25 U^3 - 51'',38 U^4 - 249'',67 U^5 - 39'',05 U^6 + 7'',12 U^7 + 27'',87 U^8 + 5'',79 U^9 + 2'',45 U^{10}$$

Aquí la variable $U = 1$ corresponde a un periodo de 10.000 años, contado a partir de J 2.000, + hacia adelante en el tiempo y - hacia atrás.

3º. Hallar la declinación del Sol para cada día del año, y para cada fecha de intervalo. La siguiente expresión nos permite hallar la declinación para cada día.

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \cos \left[(360^{\circ}/365,24) \cdot (N+10) + (360^{\circ}/\pi) \cdot 0.0167 \cdot \sin \left[(360^{\circ}/365,24) \cdot (N-2) \right] \right]$$

en la que N es igual al número del día del año, siendo $N=1$ para el 1 de enero y $N= 365$ para el 31 de diciembre.

Los resultados obtenidos para las coordenadas ecuatoriales de Sirio y para el valor de la inclinación de la Eclíptica fueron:

Año A.C.	Asc. recta, α°	Declinación, δ°	Eclíptica, ϵ°
3.000	46°,6048953	– 22°,5081504	24°,0210123
2.500	51°,9987064	– 20°,8391488	23°,9743232
2.000	57°,4055298	– 19°,3850333	23°,9240851
1.500	62°,8319676	– 18°,1595955	23°,8706487
1.000	68°,2809083	– 17°,1749179	23°,8143805
500	73°,7520601	– 16°,4410832	23°,7556608
0	79°,2425393	– 15°,9658916	23°,6948814

Partiendo de estos datos, se puede hallar la fecha en la que se producía el orto helíaco de Sothis correspondiente a cada año de intervalo, siguiendo el método siguiente:

Los dos objetivos a conseguir son: primero, hallar su orto cósmico (momento en el que el Sol y la estrella tienen su orto al mismo tiempo), y segundo, evaluar cuantos días tienen que transcurrir para que se produzca su orto helíaco, los cuales serán sumados al día del fenómeno cósmico. Según el arco de visión elegido, éste hará variar la fecha. Yo he elegido un arco de visión para Sirio de 10° , (2° por encima del horizonte y 8° el Sol por debajo).

Los pasos concretos a dar, dentro del método general enunciado anteriormente, son:

1°. Hallar el tiempo sidéreo en el que ocurre el orto de la estrella. Para conocer este tiempo tienes que calcular su ángulo horario, H , en ese momento, y sumarlo a la ascensión recta de Sirio.

2°. Hallar los tiempos sidéreos al orto del Sol. Para no tener que hallarlo para cada uno de los días del año, el proceso se acota a un intervalo de días alrededor de cuando esperamos que se produzca su orto helíaco. En este caso, como sabemos que el orto helíaco anunciaba la inundación del Nilo, y ésta se producía al comienzo del verano, se hallan estos tiempos sidéreos correspondientes a mayo, junio y julio. Calcular el tiempo sidéreo de cada día, implica obviamente conocer su ángulo horario, H , y su ascensión recta, α ; porque se define el tiempo sidéreo, θ , como el ángulo horario del punto vernal y, entonces, $\theta = H + \alpha$.

Creo conveniente detallar los pasos de cómo se halla este tiempo sidéreo al orto del Sol.

a) Evaluar el intervalo de Acimut A en el que se mueve el orto del sol durante esos meses. Ten cuidado porque al producirse el solsticio en junio, los acimutes serán simétricos los días antes y después de este solsticio. Toma las declinaciones solares δ correspondientes al 1 de mayo y al 31 de julio (recuerda que se hallaron antes) y usa la expresión siguiente:

$$\cos A = -\sin \delta / \cos \varphi$$

b) Conocido este intervalo de acimut, y haciendo una gradación del mismo de $0^\circ,5$, o de $0^\circ,1$ (según el grado precisión que quieras lograr), haces de nuevo uso de la anterior expresión, para obtener la declinación precisa, δ ,

correspondiente a cada acimut, A , propuesto. Estas declinaciones, al igual que el acimut, serán simétricas respecto al solsticio.

c) Hallar el ángulo horario, H , del Sol al orto para cada declinación, δ , hallada antes. Usa la expresión $\cos H = -\tan \varphi \cdot \tan \delta$

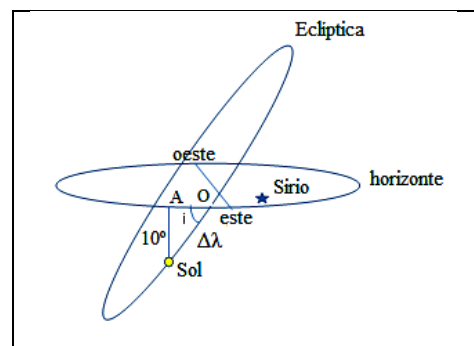
d) Calcular la longitud eclíptica del Sol (L), correspondiente a cada una de las declinaciones solares (δ), por medio de la expresión $\sin L = \sin \delta / \sin \varepsilon$.

e) Hallar la ascensión recta del Sol (α) en función de la longitud eclíptica (L), anteriormente hallada, y de la inclinación de la eclíptica (ε), mediante la siguiente expresión: $\tan \alpha = \cos \varepsilon \tan L$. La α hallada te ayudará para aclarar las dudas de los pasos a) y b).

f) Hallar el tiempo sidéreo (θ) del orto del Sol, para cada uno de los valores de su ascensión recta (α) y de su ángulo horario (H), dentro de los intervalos respectivos anteriormente mencionados.

Realizado este último paso, busco el tiempo sidéreo al orto del Sol igual, o lo más próximo posible, al tiempo sidéreo, también al orto, de Sirio, es decir, me aseguro que los dos ortos se produzcan al mismo tiempo, sean simultáneos. Ahora veo cuáles son la ascensión recta α , y la declinación δ , del Sol, relacionados con su tiempo sidéreo, cotejando de nuevo los pasos e) y b). Los valores de ambos me indicarán el día del año en el que se produce el orto cósmico. Una cosa es saber el orto cósmico y otra calcular su orto helíaco. La cuestión a resolver es: ¿cuántos días hay que sumar al orto cósmico del Sol y la estrella para que el primero de ellos se halle 10° por debajo del horizonte y permita que se vea salir la estrella por su horizonte?

El dibujo de al lado nos señala cuáles son las incógnitas a resolver en el triángulo rectángulo (en A), a saber, la inclinación i que forma la trayectoria del Sol con el horizonte y el lado $\Delta\lambda$ (incremento en la longitud eclíptica del Sol ganado por el Sol desde el momento del orto cósmico hasta el helíaco). Para calcular la inclinación, i , sirve la expresión: $\cos i = \sin \varphi \cdot \sec \delta$. Aquí, hay que hacer una estimación aproximada de la declinación, δ , ya que no es la que tenía el Sol el día de su orto cósmico, sino el que puede tener el día de su orto helíaco, por lo que le sumamos por estimación unos días más a la fecha cósmica (en el caso de Sirio yo añadido siete días).



Conocida la inclinación, la expresión $\sin \Delta\lambda = \sin 10^\circ / \sin i$, nos da el valor de la otra incógnita a despejar, $\Delta\lambda$. Ya sólo queda saber los días que el Sol tarda en recorrer ese arco de la Eclíptica; para ello lo dividimos entre $0^\circ,98564736$, que son los grados que se desplaza durante un día.

Una vez se ha expuesto el método para hallar el orto helíaco de Sothis para cada una de las fechas elegidas, se va a recoger en un cuadro los resultados obtenidos:

Año	θ Sothis	θ Sol	Inclin i	$\Delta\lambda$	nº días	Orto cosm.	Orto Hel.
– 3.000	330°,358	330°,378	57°,055	11°,94	12,11	5 de junio	17 de junio
– 2.500	334°,613	334°,689	57°,010	11°,94	12,12	10 de junio	22 de junio
– 2.000	339°,052	339°,022	57°,017	11°,94	12,12	15 de junio	27 de junio
– 1.500	343°,679	343°,685	57°,090	11°,93	12,11	21 de junio	3 de julio
– 1.000	348°,495	348°,499	57°,160	11°,92	12,10	24 de junio	6 de julio
– 500	353°,499	353°,497	57°,274	11°,91	12,08	28 de junio	10 de julio
0	358°,690	358°,692	57°,447	11°,88	12,06	3 de julio	15 de julio

Un análisis detenido de los mismos nos señala que para los egipcios, casi a lo largo de toda su historia, ha existido una relación entre el orto helíaco de la estrella Sothis y el periodo en el que se producía la crecida del Nilo y la posterior inundación de los campos de cultivo. El espectáculo debía de ser extraordinario para el pueblo, de ahí la importancia que se daba a este fenómeno astronómico.

La fecha del orto helíaco sothíaco no se producía el mismo día, a lo largo de toda la historia de la civilización egipcia, sino que iba avanzando en el calendario, una media de cinco días por cada 500 años, o un día por cada 100 años, aproximadamente. Para finalizar, hay que decir que, para un mismo año, el orto no se producía el mismo día en todas las ciudades del Egipto faraónico, sino que por cada grado que se sube o se baja en latitud, la fecha sube o baja un día con respecto a Menfis. Por ejemplo, en el 1000 A.C. en Sais, ciudad del delta del Nilo de $\varphi = 30^\circ 57'$, es decir un grado más de latitud que Menfis, el orto se produciría el 7 de julio aproximadamente; en Tebas, de latitud $\varphi = 25^\circ 42'$, se produciría el 2 de julio; y en Elefantina, de latitud $\varphi = 24^\circ 5'$, el fenómeno aparecería, también aproximadamente, el 1 de julio.

El cúmulo de las Pléyades a lo largo de la historia.

Desde siempre ha sido visible el cúmulo de las Pléyades para todo aquel que se detuviera a observar el cielo nocturno una noche estrellada, con la atmósfera limpia y con menos contaminación lumínica que hay en la actualidad.

Normalmente se observa como una mancha nubosa y, dependiendo de la agudeza visual del observador, se pueden contar individualmente seis o siete estrellas, no excesivamente brillantes. No es de extrañar pues que se le conozca también como “las siete hermanas” o “las siete cabrillas”.



Se encuentran menciones de ellas en los registros chinos, mesopotámicos y egipcios, además, también aparecen en la Biblia, la Odisea, la Ilíada y en “Los trabajos y los días” de Hesiodo. Forman parte de las leyendas de numerosos pueblos del continente americano como los Navajos, Kiowas, Aztecas, Mayas e Incas y de otros más remotos como los Polinesios y los aborígenes australianos.

El cúmulo se originó en uno de los brazos de nuestra galaxia espiral la Vía Láctea. Tiene una antigüedad de entre ochenta y cien millones de años y, por tanto, no es muy viejo. Está formado por entre quinientas o mil estrellas, las cuales se encuentran a una distancia de unos 135 pársecs, es decir a unos 440 años-luz. La mayor parte son estrellas jóvenes azules, pero también hay enanas marrones y blancas, estas últimas como evolución de sistemas binarios formados por dos estrellas, una de las cuales es engullida por la otra. El cúmulo presenta una magnitud angular en el cielo de unos 2° y un diámetro de unos 12 años-luz. En las fotografías parece flotar sobre un hermoso velo azulado de polvo interestelar. Por mucho tiempo se pensó que esto era la nube primigenia que dio origen a las Pléyades, pero hoy se sabe que fue el cúmulo el que se encontró con la nube en su continuo movimiento de rotación alrededor del centro de la Vía Láctea.

Antes de adentrarnos en cada uno de los momentos de estudio de las Pléyades, es necesario conocer las coordenadas ecuatoriales y eclípticas del mismo, en el marco de referencia J2000, pero teniendo en cuenta que, al ser un cúmulo, las mismas reflejarán las medias de las coordenadas respectivas de cada estrella.

ascensión recta $\alpha = 56^{\circ},444027$ longitud eclíptica $\lambda = 59^{\circ},646198$

declinación $\delta = 24^{\circ},263704$ latitud eclíptica $\beta = 4^{\circ},291191$

Se han elegido cuatro momentos históricos de estudio, pero podían haber sido muchos más, correspondientes a tres sociedades o culturas, muy representativas cada una de ellas del genio y el progreso humano, muy alejadas en el tiempo entre sí, y también geográficamente.

Estos momentos y estas culturas elegidas son:

1°. Cueva de Lascaux (15.300 A.C.)

2ª. Ciudad de Uruk (4.000 A.C.)

3°. Ciudad de Nippur (1.300 A.C.)

4°. Ciudad de Atenas (600 A.C.)

Con el objetivo de facilitar la comprensión de los fenómenos astronómicos que se comenten sobre cada uno de los momentos de estudio elegido, se aportarán, tanto las coordenadas geográficas del lugar desde el que se observa, como otros datos, necesarios para los cálculos a realizar, o simplemente para situarnos en el contexto general celeste existente en cada año cronológico con el que va asociado. Así se darán: las coordenadas ecuatoriales y eclípticas de las Pléyades, y de otras estrellas relacionadas con ellas, si fuera necesario, la inclinación de la Eclíptica, los puntos celestes correspondientes al Polo Norte y al Punto Aries y una representación de las constelaciones zodiacales, sobre una banda, sobre la que se disponen sus estrellas principales, según sus coordenadas eclípticas.

La cueva de Lascaux

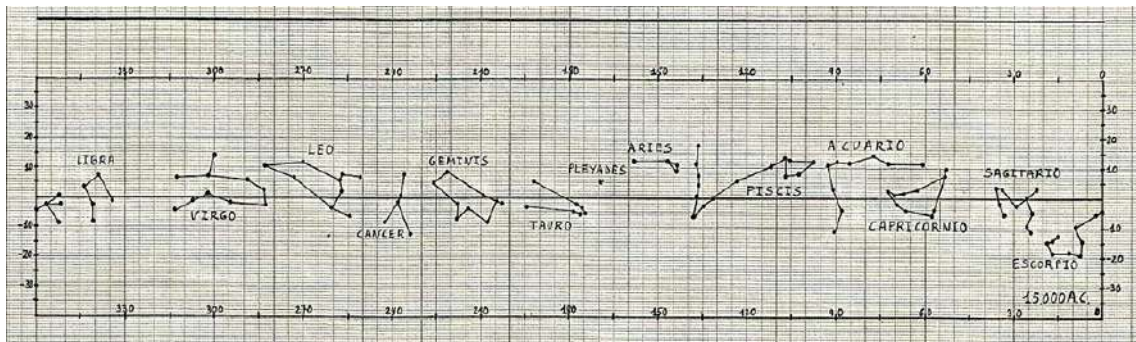
La cueva de Lascaux se encuentra en el suroeste de Francia en el Valle de la Vézère, cerca de Montignac (Dordoña). Allí se localizan numerosos sitios y cuevas prehistóricas, con representaciones tan emblemáticas como La Venus de Laussel, el abrigo de Le Moustier, epónimo de la cultura Musteriense asociada al hombre de Neandertal, el abrigo de Cro-Magnon, que da nombre a nuestra especie de Homo Sapiens por los esqueletos allí encontrados, correspondientes al periodo del Paleolítico Superior y la propia cueva de Lascaux, entre otros tantos yacimientos más, declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 1979. Sus coordenadas geográficas son: Latitud ϕ : $45^\circ 2' 34''\text{N} = 45,042833$ y Longitud L: $1^\circ 10' 20''\text{E} = 1,17233$

Sus coordenadas astronómicas eran:

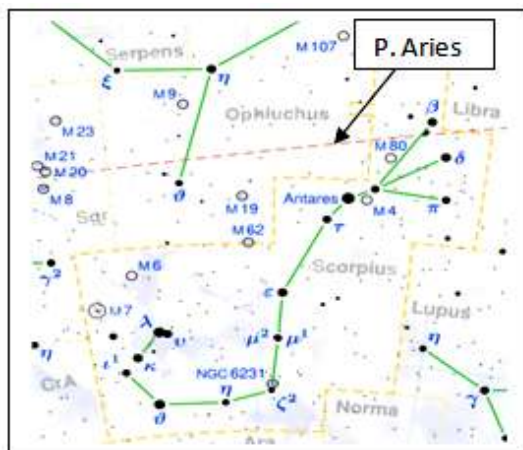
Pléyades	Asc. recta (α)	Declinación (δ)	Long. eclípt. (λ)	Lat. eclípt. (β)
	172°,323220	8°,905745	169°,3786	5°,0470

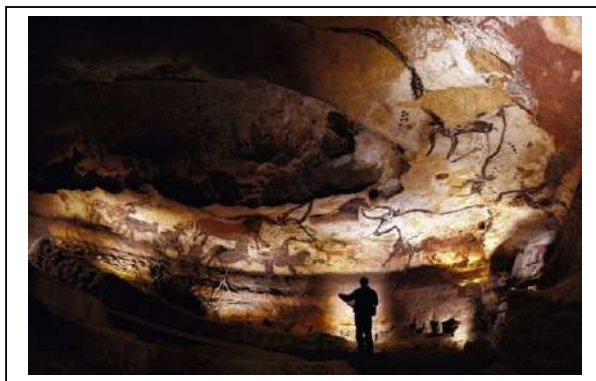
La inclinación de la Eclíptica era: $\epsilon = 23^\circ, 9291014 = 23^\circ 55' 45''$

Abajo, las constelaciones del zodiaco en coordenadas eclípticas (λ , β) para el 15.000 A.C.



Una consecuencia del movimiento de precesión de los equinoccios es el cambio del Polo Norte celeste y del Punto Aries, como se ve en los dibujos de abajo.





La cueva está compuesta por una serie de salas y pasillos, denominadas por el abate Breuil, eminente prehistoriador francés del siglo pasado, el Abside, la Nave, la Sala de los toros, el Pozo y otras más galerías. Es en la Sala de los toros en la que vamos a centrar nuestra atención, la primera de todas ellas, con forma circular, y la más

importante, por la cantidad y calidad de los animales representados. Hasta hace poco las teorías sobre el arte rupestre prehistórico hablaban del “arte por el arte” así como del arte como actividad propiciatoria de la caza, además, como una representación de la dualidad masculino - femenino, entre otras teorías más para explicar su origen. Hoy se abre paso una nueva teoría que relaciona este arte con los conocimientos astronómicos que poseían estos grupos recolectores - cazadores del Paleolítico.

Esto es lo que defienden autores, como el arqueoastrónomo Michael Rappenglück y la profesora Chantal Jegues Wolkiewicz, los cuales ven en las representaciones que hay en las paredes de la cueva un intento de reflejar el cielo, con sus constelaciones principales formadas por las estrellas más brillantes, tal y como se veían desde la colina de Lascaux en el Magdaleniense Inferior, hace unos 17.300 años.

Lo primero a señalar es que se aprecia una cierta relación entre la orientación geográfica que presenta la cueva y el arte de su interior, es decir, existe una intencionalidad en hacer de esta cavidad natural un santuario de su saber astronómico.

Según estos autores, esto no era excepcional, sino que ocurría también en otras cuevas de la región, las cuales estaban orientadas al orto o puesta del Sol, durante los solsticios o los equinoccios. Mirando los planos en planta de la cueva, vemos que la dirección del eje axial de la entrada tiene un acimut de 304° , contados a partir del punto Norte (acimut civil), o 124° de acimut astronómico, aunque ya desde un acimut de 122° la Sala de los Toros era iluminada por el Sol.

Realizados los cálculos oportunos, se observa que el acimut al ocaso del Sol es $A = 125^\circ,03$ además, la altura solar para un $A = 124^\circ$ resulta ser de $h = 0^\circ, 853$, correspondiente a un ángulo horario, $H = 114^\circ,92$, y dividiendo entre 15° hora, a una hora local de 19 h 40 m 41 s.



Antes se dijo que la Sala de los Toros quedaba iluminada desde que el Sol se encontraba ya con un acimut de 122° ; entonces el Sol tenía una $h = 2^\circ,55$ y eran las 19 h 28 m 11 s.

Como la hora a la que el Sol se ocultaba era a las 19 h 45 m 32 s, concluimos que como mínimo, sin tener en cuenta el fenómeno de la

refracción atmosférica y la influencia de la orografía local, la galería de entrada estaría directamente iluminada unos 18 minutos durante varios días seguidos, mientras la declinación del Sol no variara mucho durante el solsticio de verano; esto permitiría a los pintores realizar su obra artística. Así pues, parece que la elección de la cueva, al igual que sucede con otras muchas más de la zona, estaba justificada por su alineación al ocaso del Sol, durante el solsticio de verano.



Es hora de centrar nuestra atención en las Pléyades y su posible representación en el toro nº 19 de la Sala, en el que se pueden apreciar seis puntos negros pintados sobre su cerviz, con una distribución muy similar a la que tienen las estrellas principales del cúmulo. ¿Qué papel jugaban las Pléyades para esta sociedad paleolítica en su existencia diaria?

Parece lógico pensar que, al igual que ocurrirá en posteriores sociedades históricas, como pudieran ser la egipcia y la mesopotámica, el orto y el ocaso de las Pléyades, dentro de la constelación de Tauro, tendrían una importancia destacada, pero ¿en qué fechas del año se producía y qué significado se le daba?

Nuevamente los cálculos me llevan, para un arco de visión de 18° , a que su puesta heliaca ocurría el 29 de agosto, y su orto heliaco, el 5 de octubre.

¿Qué interpretación podemos hacer del posible uso de estas fechas por los habitantes prehistóricos de la cueva de Lascaux?

Si nos fijamos en la banda zodiacal dada anteriormente, vemos que las Pléyades, con una $\lambda = 169^\circ, 389$, se encontraban muy cerca del Punto Libra, cuando el Sol tiene una $\lambda = 180^\circ$, situado entonces en la constelación de Tauro. Más o menos a mediados del mes de septiembre se encontrarían en conjunción con el Sol, impidiendo su visibilidad. Es por esto que desde su última aparición el 29 de agosto, durante el crepúsculo vespertino, hasta su primera aparición, al amanecer del día 5 de octubre, el cúmulo permanecería invisible durante 37 días. Llegados aquí, parece conveniente decir que, si se hubiera elegido 20° como arco de visión, entonces la fecha para la puesta heliaca sería el 26 de agosto y el orto heliaco se produciría el 9 de octubre, con lo que el periodo de invisibilidad sería de unos 44 días. Estas fechas son, más o menos las que defiende Karl Fabricius en su artículo *"Lo que los pintores de*

la cueva de Lascaux nos cuentan sobre lo que nuestros ancestros sabían de las estrellas”.

En cualquier caso se puede inferir que, transcurrido la mitad de su periodo de invisibilidad, se producía la entrada en el equinoccio de otoño, con la importancia que esto tendría en los cambios que se darían en su medio natural y en sus formas de vida como pudieran ser la recolección de los frutos de otoño, la igualdad del periodo de luz y oscuridad, el apareamiento de algunos mamíferos vitales para ellos, las migraciones anuales de animales, el traslado a los campamentos de invierno, entre otras actividades más. En una sociedad nómada de cazadores-recolectores estos cambios no podían pasar desapercibidos, pues estaba en juego la propia supervivencia del grupo, si no se tenían en cuenta.

Añadir que, transcurridos seis meses, las Pléyades se encontrarían en oposición con el Sol, que en ese momento se estaría próximo a alcanzar el Punto Aries, situado entonces en la constelación de Escorpión, anunciando la llegada de la primavera y los cambios asociados a la misma. Entonces, se encontrarían a medianoche en su culminación superior, en el punto Sur, alcanzando una altura meridiana de $h = 53^\circ, 862$, mientras el Sol se encontraba en su culminación inferior, en el punto Norte.

Es lógico pensar que como consecuencia de la observación diaria de las trayectorias, tanto del Sol como de las estrellas, tendrían localizados en su horizonte local los puntos cardinales. A modo de conclusión, podemos intuir la importancia del ciclo anual de las Pléyades que, a modo de marcador temporal, servirían para medir el paso del tiempo durante generaciones y generaciones a estos grupos tribales del Mediodía francés, durante el Paleolítico Superior.

La ciudad de Uruk



La antigua ciudad de Uruk, la moderna Warka, se encuentra situada al Sur de Irak, dentro de la zona que los griegos denominaron "Mesopotamia", que significa "país entre ríos", es decir, la región que quedaba comprendida entre los ríos Éufrates y Tigris. Esta zona del Próximo Oriente formó parte de lo que se conoce como Creciente Fértil, la zona nuclear

donde se produjo la Revolución Neolítica a partir del VI milenio A.C. con yacimientos tan emblemáticos como Hassuna, Halaf, Samarra y el Obeid. La llegada a la región a principios del IV milenio A.C. del pueblo sumerio, cuyo origen se desconoce, aunque en su mitología se localice su cuna o "Paraíso" en Dilmún, el actual archipiélago de Bahrén, en el Golfo Pérsico, trajo consigo múltiples avances en todos los campos del saber y la consecuente Revolución Urbana, momento en el que surgen multitud de ciudades-estado en el territorio de Sumer.

Entre estas ciudades se encuentra Uruk, la bíblica Erech fundada por Nimrud, uno de los hijos de Ziusudra, nuestro Noe, aunque según la Lista Real Sumeria fue fundada por el rey Enmerkar, soberano de la I Dinastía, sobre el 2.900 A.C.

Uno de sus personajes más legendarios es Gilgamesh, el héroe-rey constructor de su muralla con una longitud de unos 9 Km y una altura de 15 m. En su interior la ciudad albergaba dos barrios principales, en donde se encontraban las construcciones más importantes y monumentales con una función político- religiosa todavía no muy clara, el Eanna y el Kullab.

Las coordenadas geográficas de Uruk son:

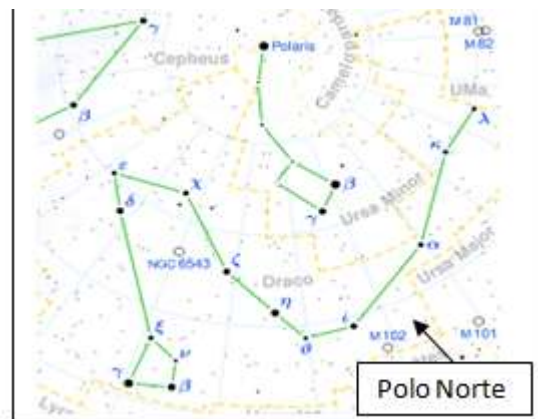
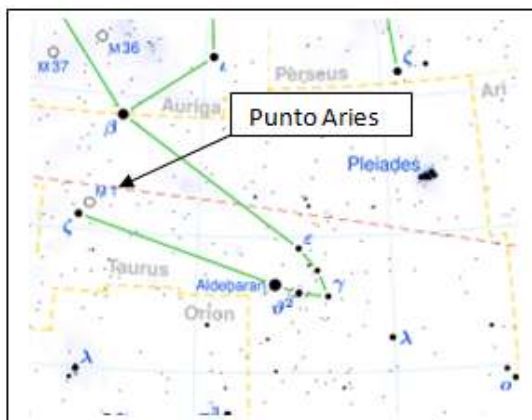
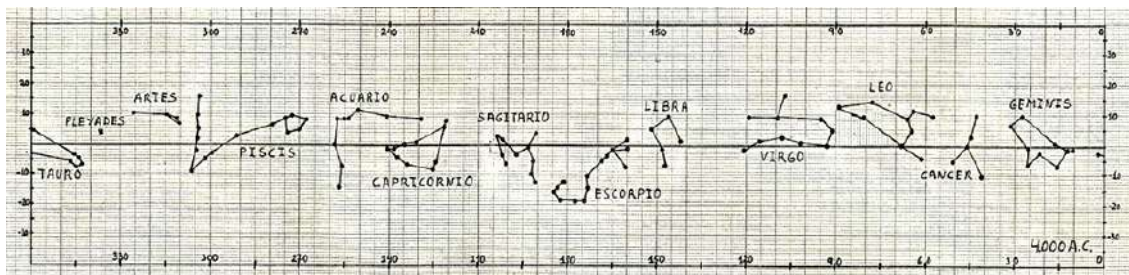
Latitud $\varphi = 31^\circ 19' 20''\text{N} = 31^\circ,32222$ y Longitud $L = 45^\circ 38' 10''\text{E} = 45^\circ,63611$

Sus coordenadas astronómicas eran:

Pléyades	Asc. recta (α)	Declinación (δ)	Long. eclípt. (λ)	Lat. eclípt. (β)
	337°,285113	- 5°,786877	336°,886	3°,7181

La inclinación de la Eclíptica era: $\varepsilon = 24^\circ,1024357 = 24^\circ 6' 9''$.

Abajo, las constelaciones del zodiaco en coordenadas eclípticas (λ , β) para el 4.000 A.C.



El eje temático sobre el que va a girar el desarrollo de contenidos va a ser el motivo, tantas veces representado en todas las artes decorativas de Mesopotamia a lo largo de su historia, correspondiente al combate entre el león y el toro.



Según distintos investigadores que se han interesado por el tema, ambos animales se identifican con las constelaciones de Leo y Tauro, que junto con Escorpio, aparecen en diversas obras artísticas, acompañadas en ocasiones, de otros elementos decorativos como estrellas, puntos y esferas, ya desde el IV milenio, y se prolonga hasta la época persa.

Para la explicación de este motivo decorativo, el cual yo pude observar repetidas veces en las ruinas de Persépolis durante mi visita a Irán, voy a seguir la hipótesis enunciada por Willy Hartner en su trabajo "La historia antigua de las constelaciones en el Próximo Oriente y el motivo del combate entre el león y el toro".

Según él, en el 4.000 A.C durante los primeros días del mes de febrero al atardecer, un observador situado en Persépolis, a una latitud $\varphi = 29^{\circ},934$, con el Sol situado unos 20° por debajo del horizonte vería lo siguiente:

- Las Pléyades se encontrarían en su ocaso o puesta heliaca.
- Las pinzas de la constelación de Escorpio más Libra estarían saliendo por el horizonte Este en su "orto acrónico".
- Las estrellas Régulo, α de Hidra y Canopus (α Carinae) se encontrarían en ese momento culminando, con esta última estrella unos pocos grados sobre el horizonte Sur, mientras que Leo estaría en el cenit, con Régulo unos 8° alejado del mismo.

Esta puesta heliaca ocurría a la vez que el orto heliaco de las constelaciones de Aries y del Triángulo. Estos dos fenómenos indicaban al pueblo el comienzo de las labores agrícolas de arar, rastrillar y sembrar, con el objetivo de poder recoger la cebada en el mes de mayo.

Esta disposición de las constelaciones en el cielo sería representada mediante la escena del león (en el cenit, en su máximo poder) devorando al toro, que está desapareciendo por el horizonte oeste (en un intento por escapar de él), para permanecer después invisible durante unos cuarenta días, hasta su reaparición en el orto heliaco.

Este orto heliaco se produciría en una fecha muy próxima al equinoccio de primavera, una hora antes de la salida del Sol, unos pocos grados separados del Este, viéndose a su derecha Aries, mientras que por el horizonte oeste se apreciaría la puesta de Antares, la estrella principal de Escorpio.

Con objeto de completar este escenario hay que decir que, así como el orto heliaco de las Pléyades señalaban el comienzo de la primavera, los de Régulo, Antares y β Pegaso marcaban, respectivamente, el comienzo (más o menos) del verano, otoño y del invierno; siendo esta última estación anunciada durante unos cuantos días por el orto heliaco de los cuernos del íbice, (Casiopea).

Si nos fijamos en la banda zodiacal, podemos apreciar como las tres constelaciones de Tauro, Leo y Escorpio no ocupan en la Eclíptica los puntos que corresponden a los equinoccios y al solsticio de verano, sino que los preceden cerca de unos 15° . Esta relativa proximidad a los puntos que marcaban la entrada en cada estación, hacía imposible para un observador ver la constelación cuando ésta se encontraba en conjunción con el Sol, pero sí era posible observar los ortos u ocasos helíacos de sus estrellas principales, que mantenían una periodicidad exacta a lo largo del año. Como marcador celeste del invierno las débiles estrellas de Acuario no eran las más adecuadas, por lo que se servían de otras estrellas de primera magnitud, en concreto de los ortos helíacos de α y β de Pegaso.

Realizados los cálculos oportunos, encontré que, para un arco de visión de 18° , las Pléyades tenían su orto helíaco el 15 de marzo y su ocaso helíaco el 4 de febrero; si el arco de visión fuera de 20° , entonces las fechas respectivas serían el 17 de marzo y el 2 de febrero. Respecto a los ortos helíacos de las estrellas de Régulo, Antares y β Pegaso, salieron las fechas, respectivamente, del 15 de junio, 26 de septiembre y 26 de diciembre.

Hallando también, con objeto de interpretar en su totalidad la hipótesis de Hartner, qué estrellas o constelaciones salían por el este mientras ocurría el ocaso helíaco de las Pléyades (es decir, se encontraran separadas 180° sobre la Eclíptica) encontré que eran γ de Libra ($\lambda = 152^\circ, 19$), β Escorpio ($\lambda = 160^\circ, 38$), δ Escorpio ($\lambda = 159^\circ, 79$) y ρ Escorpio ($\lambda = 160^\circ, 44$), tal y como él afirma en su trabajo.

Faltaba por comprobar si, efectivamente la constelación de Leo se hallaba en el cenit, y los resultados lo confirmaron, pues Régulo, su estrella α , estaría en su culminación superior con una altura sobre el horizonte sur de $h = 80^\circ, 89$, unos nueve grados alejada del cenit.

La ciudad de Nippur



Nippur fue una de las más importantes ciudades sumerias, pues se encontraba en el medio de Mesopotamia, situada entre el territorio Akadio, al norte, y el sumerio al sur. Era el centro ceremonial y religioso más preeminente de Sumer, atendido por una casta sacerdotal encargada del santuario de Enlil, "señor del viento", "rey de los países extranjeros", uno de los dioses de la principal triada mesopotámica, junto con An, "señor del cielo estrellado" y "Enki", "señor de la tierra".

Sus restos más antiguos se remontan al V milenio A.C. y se prolongan hasta el siglo VIII D.C., con una fase de abandono entre los años de 1.800 y 1.400 A.C., originado por el desvío del cauce del río Éufrates durante ese periodo, ya que la ciudad era atravesada desde su origen por este río,

dividiéndola en dos sectores. Era la ciudad encargada de otorgar la realeza sobre Sumer y Akkad.

En ella se encontraron más de 30.000 tablillas de arcilla que recogen casi toda la literatura sumeria que nos ha llegado, ya que existió una importante escuela de escribas allí. Entre esos textos escritos en escritura cuneiforme se encuentran poemas tan interesantes como el de "La creación" y "el Diluvio".

Aunque las Tablillas Mulapin no fueron encontradas en esta ciudad, la elección de Nippur se justifica por su importancia y su carácter sacerdotal a lo largo de toda su historia, además de localizar geográficamente al posible observador del cielo, en un lugar concreto y para una fecha concreta, el 1.300 A.C.

Las dos Tablillas Mulapin fueron encontradas en la librería del palacio del rey asirio Assurbanipal, en las ruinas de la antigua ciudad de Nínive, estando datadas a principios del siglo VII A.C. (687 A.C.), aunque se cree que sus fuentes se remontan a un periodo anterior, como afirma el astrofísico Bradley Schaefer, que las sitúa en la ciudad de Assur y las data sobre el año 1.370 A.C. Son la principal fuente para el conocimiento astronómico mesopotámico. Su denominación deriva de la primera constelación que en ella se recoge, "Mulapin", que significa estrella-arado y está formada por las estrellas α y β del Triángulo, más la γ de Andrómeda.

Tablilla nº 1

- Enumera las constelaciones y sus estrellas principales y las distribuyen en tres bandas o "caminos" correspondientes a las tres principales deidades, (An, Enlil y Enki) en función de su latitud eclíptica. A Enlil se le asignaban 33 estrellas, las situadas por encima del Trópico de Cáncer, a An se le adjudicaban 23 estrellas, las situadas entre los trópicos, siendo el Ecuador celeste "el camino de An", y a Enki 15 estrellas, las situadas por debajo del Trópico de Capricornio.

- Se señalan las fechas del orto helíaco de 34 estrellas y constelaciones a lo largo del año.

- Las estrellas y constelaciones que tienen su orto y ocaso al mismo tiempo.

- Los días que transcurren entre los ortos de ciertas estrellas y constelaciones.

- Las estrellas y constelaciones que tienen su orto y culminación al mismo tiempo.

- El "camino" de la Luna (Eclíptica), con las constelaciones y estrellas que lo recorren.



Tablilla nº 2

- Los nombres del Sol y los planetas y cómo viajan por el camino de la Luna, y los métodos a seguir para regular el calendario.

- Las estrellas que ascienden y su relación con la Luna llena en los solsticios y equinoccios.

- Los ciclos lunares y solares.

- Ortos de estrellas en relación con la dirección del viento.

- Periodos de invisibilidad de los planetas y sus ciclos asociados.

- Fechas en los que el Sol recorre cada uno de los tres "caminos" divinos.

- Métodos de intercalación en relación con las fechas ascendentes de ciertas estrellas y de la posición de la Luna, entre ellas mismas y las constelaciones.

- Duración del día y la noche en los solsticios y equinoccios y como varía la sombra del gnomon durante los mismos.

- Momentos para el orto y ocaso de la Luna en cada mes.

- Presagios astrológicos.

Las coordenadas geográficas de Nippur son:

Latitud $\varphi = 32^\circ 7' 34''\text{N} = 32^\circ,12611$ y Longitud $L = 45^\circ 13' 51''\text{E} = 45^\circ,23083$

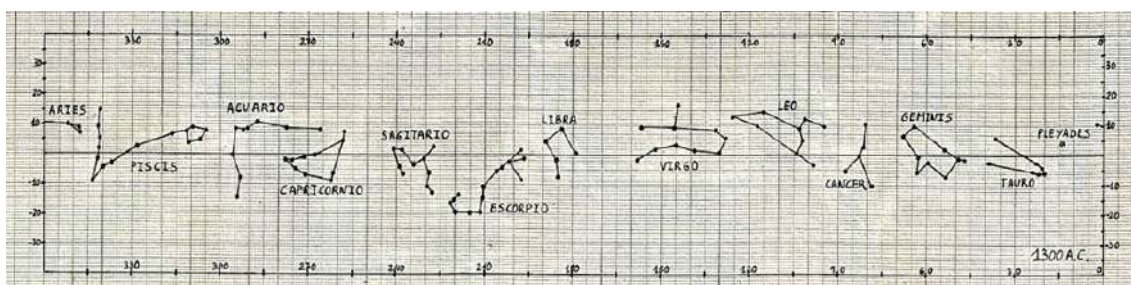
Las coordenadas astronómicas de las Pléyades eran:

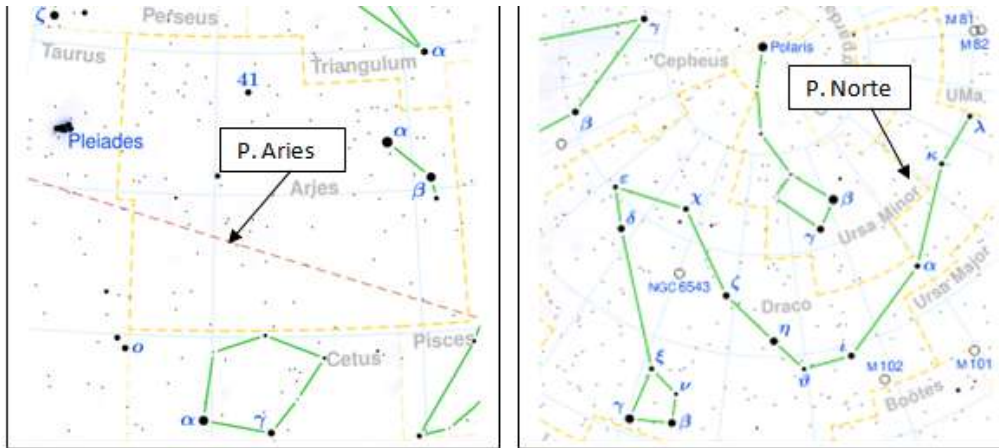
Pléyades	Asc. recta (α)	Declinación (δ)	Long. eclípt. (λ)	Lat. eclípt. (β)
	11,175018	9,188376	13,8932	3,9389

La inclinación de la Eclíptica era: $\varepsilon = 23^\circ,8484602 = 23^\circ 50' 54''$

El objetivo que se persigue en este apartado es contrastar matemáticamente lo que esté recogido en la tablilla nº 1 Mulapín, y que haga mención expresa de las Pléyades o de la constelación de Tauro con la que, desde muy antiguo, ha sido asociada.

Abajo, las constelaciones del zodiaco en coordenadas eclípticas (λ , β) para el 1.300 A.C.





Los resultados de los cálculos nos informan que el orto helíaco de las Pléyades se producía el 18 de abril y el 12 de marzo su puesta helíaca, con un arco de visión de 18°, si tomamos 20°, entonces las fechas serían el 20 de abril, para el orto, y 10 de marzo para el ocaso; con lo que su periodo de invisibilidad sería de 41 días.

Las citas que aparecen en la Tablilla nº 1 sobre las Pléyades y su constelación Tauro son:

1º. Ortos helíacos de estrellas, tablilla 1, lista II, columna II, líneas 36-37 y líneas 1-2

- El día 1 de Ajjaru (20 de abril - 20 mayo) las Pléyades (Mul - mul) son visibles.
- El día 20 de Ajjaru la quijada del toro (Aldebarán) es visible.

2º. Ortos y puestas de estrellas, tablilla 1, lista III, col. III, líneas 13-33

Aquí figuran las estrellas que salen a la vez que otras se ponen.

- Las Pléyades (Mul - mul) salen y el Escorpión (Gir₂ - tab) se pone.
- El Escorpión sale y las Pléyades se ponen.
- El Toro Celeste sale (Gu₄ - an - na) y (Shu - pa), el Boyero, se pone.
- El Escorpión (Gir₂ - tab) y el Perro Sentado (Ur - ku), la parte sur de Hércules, y la Estrella de Eridú (Nun), parte de la Popa y la Vela salen y las Pléyades se ponen.

3º. Diferencias entre ortos de estrellas, tablilla 1, lista IV, columna III, líneas 34 - 50

- Entre el orto de la Azada (Auriga) y el orto de las Pléyades hay 10 días.
- Entre el orto de las Pléyades y el orto del Toro Celeste hay 20 días.
- Entre el orto del Toro Celeste y el orto del Verdadero Pastor Celeste (Sipa - zi - an - na) hay 20 días.

4º. Estrellas Ziqpu, tablilla 1, lista Vb, columna IV, líneas 1 - 30

Son las estrellas que se ven en el meridiano local mientras otras están saliendo. Las observaciones se realizaban por la mañana, antes del alba, mirando hacia el Sur.

- El día 1 del mes de Ajaru el Pecho de la Pantera (Ud - ka - duh - a), Deneb, está en el meridiano, mientras las Pléyades salen.

Después de haber hallado las coordenadas de todas las estrellas que aparecen mencionadas en las citas, ya corregidas de precesión, y realizados los cálculos oportunos, con estas nuevas coordenadas, los resultados que obtuve fueron los siguientes:

Las fechas de los ortos helíacos de las estrellas citadas eran:

Aldebarán	Capella	Rigel	θ del Auriga	ζ de Tauro
15 de mayo	1 de abril	15 de junio	1 de mayo	19 de mayo

Los resultados obtenidos se ajustan a los reflejados en la tablilla, punto nº 1, para el caso de las Pléyades, ya que su orto helíaco, como se dedujo anteriormente, se producía el día 1 de Ajaru (20 de abril), mientras que para la "quijada del toro", Aldebarán, se da la fecha del 20 de Ajaru (10 de mayo) y en los resultados de este trabajo sale el 15 de mayo. Es probable que las pequeñas diferencias en los días que marcan las tablillas y las que yo he obtenido se deban a criterios diferentes seguidos respecto al arco de visión o también el haber tomado una cronología distinta a la elegida por mí para este estudio (1.300 A.C.).

Para poder analizar el punto nº 2, necesitamos las coordenadas eclípticas de sus estrellas.

Estrellas	β Escorpión	Aldebarán	μ Hércules	λ Vela	Arturo
Lat. eclíp. β	1,413865	5,193547	54,002896	56,026415	38,3674
Long. eclíp. λ	197,418300	23,883396	220,8307	116,194693	159,1569

Para poder contrastar los resultados obtenidos sobre este punto, nos es de gran ayuda el dibujo con las constelaciones zodiacales, dibujadas en función de sus coordenadas eclípticas. Así, hallando las coordenadas de dos puntos que se encuentren sobre la Eclíptica y que estén separados 180° entre sí, vemos que, cuando las Pléyades tienen su ocaso, en el lado opuesto de la Eclíptica se produce el orto de un punto con una $\lambda = 194^\circ,5283$ (las pinzas de Escorpio), y cuando es el orto de las Pléyades, un punto de $\lambda = 188^\circ,0732$ (entre Libra y Escorpio) se está poniendo por el oeste.

Respecto a la relación entre el orto de Tauro y el ocaso del Boyero, al tratar sobre constelaciones tan extensas, se puede admitir como cierta esta relación reflejada en el punto 2º, ya que los tiempos sidéreos de sus orto y ocaso respectivos son casi iguales, demostrando esto que cuando sale una se pone la otra, o viceversa.

En el último apartado se relacionan las constelaciones del Escorpión, Hércules y parte de la Vela con las Pléyades. Aquí, relacionando los tiempos sidéreos de sus estrellas (β Escorpio, μ Hércules y λ de Vela) al orto, con el tiempo sidéreo al ocaso de las Pléyades, concluimos que β Escorpio y μ Hércules si salían, más o menos, cuando las Pléyades se ponían, pero no ocurría lo mismo con λ de Vela, por lo que se deduce que no podía ser ésta la "Estrella de Eridú" (Nun) mencionada en la tablilla.

El punto tercero nos habla de las diferencias, en días, entre los ortos de estrellas o constelaciones. El primer apartado nos dice que transcurren 10 días entre el orto helíaco de la Azada, (Auriga) y el orto de las Pléyades. Anteriormente se concluyó que, según los cálculos realizados, el orto de θ Auriga, estrella que tomamos como referencia para la Azada, tenía lugar el día 1 de mayo, mientras que el orto helíaco de las Pléyades ocurría el 20 de abril, fechas que se ajustan a los 10 días de diferencia que decía la tablilla existir entre ambas. No hay esa exactitud en los dos próximos apartados del punto, porque si hacemos corresponder el orto helíaco del Toro Celeste al de su estrella principal Aldebarán, que ocurre el 15 de mayo, entonces la diferencia es de 25 días y no 20 como dice la tablilla, y si tomamos el Toro Celeste cuando ya ha salido toda la actual constelación de Tauro y, por lo tanto, ya ha aparecido sobre el horizonte su estrella ζ (el cuerno más hacia el este), que tiene su orto helíaco el 19 de mayo, entonces la diferencia se nos va a 29 días. En el tercer apartado se cifra en 20 días la diferencia entre ortos helíacos del Toro Celeste y del Verdadero Pastor Celeste (Sipa-zi-an-na), la constelación de Orión. Si tomamos como referencia de Orión su estrella Rigel, que tiene su orto helíaco el 15 de junio, entonces la diferencia de días, según se elija Aldebarán o ζ de Tauro para la comparación, serían respectivamente, de unos 30 o 26 días.

Puede que el año de observación, 1.370 A.C. y el lugar de redacción de las tablillas, Assur, que dio el astrofísico Bradley Schaefer, sean la explicación para estas discrepancias, puesto que yo he trabajado con la fecha de observación del 1.300 A.C. y, como lugar de observación, la ciudad de Nippur.

El punto cuarto trata de las estrellas "ziqpu", en concreto señala que, el día 1 del mes de Ajjaru (20 de abril), el Pecho de la Pantera (Ud - ka - duh - a), Deneb, está en culminación superior, en el punto sur, cuando se produce el orto helíaco de las Pléyades.

Las coordenadas eclípticas de Deneb eran:

$$\lambda = 290^{\circ},225034 \text{ y } \beta = 60^{\circ},105085$$

Cuando una estrella culmina en el punto sur, mientras que otra tiene su orto por el este, entonces sus tiempos sidéreos son los mismos. Conocidos estos tiempos sidéreos al orto de las Pléyades y de Deneb ($\alpha = 282,483621$ y $\delta = 37,144553$), vemos que hay una diferencia entre los dos tiempos sidéreos de aproximadamente unos $7^{\circ},5$, lo cual nos indica que, una media hora después del orto de las Pléyades, Deneb culminaría en el Sur, por lo que podemos considerarla una estrella "ziqpu", como dice la tablilla.

La ciudad de Atenas

El siguiente escenario de nuestro estudio sobre las Pléyades nos lleva a la ciudad de Atenas y al siglo VII A.C., aunque la elección de la capital griega es un poco arbitraria, ya que el objetivo en este nuevo apartado es analizar los comentarios realizados por el poeta Hesíodo en su obra "Los trabajos y los días", en relación con el cúmulo de las Pléyades.

Hesíodo es, junto con Homero, uno de los mayores poetas de la antigüedad griega. Si al autor de la *Ilíada* y la *Odisea* se le asigna el siglo VIII

para su nacimiento, con Hesíodo no hay acuerdo, pues unos lo sitúan como su contemporáneo y otros lo trasladan al siglo siguiente el S. VII.

Yo he elegido el año 600 A.C. como fecha de estudio, y a Atenas como lugar de observación.

Su obra "*Los trabajos y los días*", presenta un gran componente didáctico para los agricultores, artesanos, comerciantes y marineros de la época, ya que en ella refleja las actividades a realizar por cada uno de ellos, en relación con las estaciones del año, y las conductas adecuadas para una vida fructífera y feliz.



En su época, Atenas ya era la capital del Ática, aunque todavía no había alcanzado la cima de su poder. La ciudad debe su nombre a la diosa Atenea, su diosa protectora.

Su mayor esplendor lo alcanzó en el siglo V, siglo marcado por la impronta de Pericles en todos los aspectos, económicos, culturales, científicos, militares, aunque también el siglo de grandes enfrentamientos militares entre potencias de la época, como fueron las Guerras Médicas con los persas y la Guerra del Peloponeso contra Esparta, la otra potencia.

El siglo IV supuso para Atenas una pérdida de poder, puesto que perdió su libertad al quedar bajo el poder del estado macedónico, la nueva autoridad emergente griega, después de su derrota ante el rey Filipo de Macedonia en la batalla de Queronea (338 A.C.).

Durante el siglo III asistimos a la aparición de los distintos reinos helenísticos, surgidos después de la muerte de Alejandro Magno (323 A.C.), pasando a continuación Grecia a estar bajo el dominio del nuevo amo de la política mediterránea, la República Romana, tras perder ante ésta su libertad, en la batalla de Pidna (169 A.C.).

Las coordenadas geográficas de Atenas son:

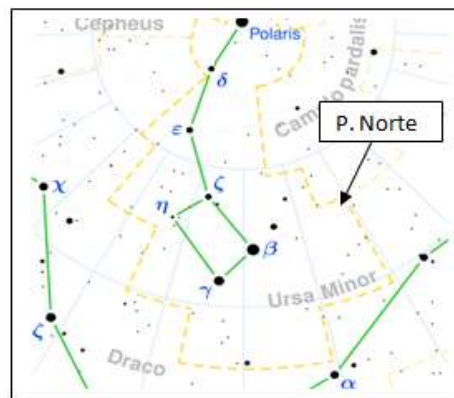
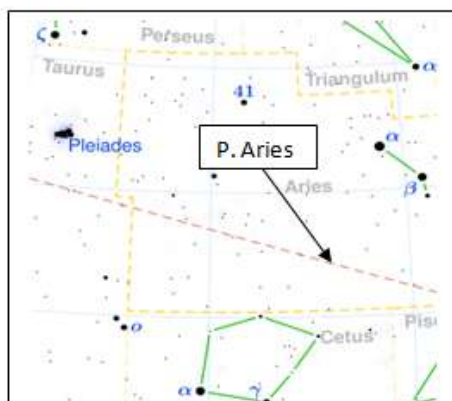
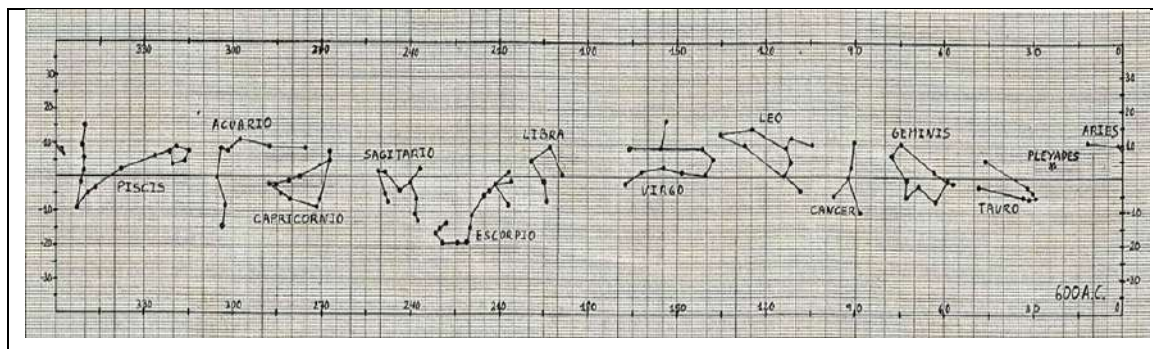
Latitud $\varphi = 37^\circ 58' 54''\text{N} = 37^\circ,9816$ y Longitud $L = 23^\circ 42' 58''\text{E} = 23^\circ,7161$

Sus coordenadas astronómicas eran:

Pléyades	Asc. recta (α)	Declinación (δ)	Long. eclípt. (λ)	Lat. eclípt. (β)
	15°,752278	12°,973927	19°,52585	5°,67277

La inclinación de la Eclíptica era: $\varepsilon = 23^\circ,7675822 = 23^\circ 46' 3''$

Las constelaciones zodiacales en el año 600 A.C. se pueden ver abajo.



Los cálculos para el orto y el ocaso helíaco de las Pléyades, con un arco de visión de 18° , nos llevan al 21 de abril para su orto y al 18 de marzo para el ocaso; pero si tomamos un arco de 20° , entonces la fecha del orto helíaco sería el 24 de abril y el ocaso helíaco el 15 de marzo. Entonces el periodo de invisibilidad de las Pléyades sería de 40 días, como afirma Hesíodo en su obra.

Estos resultados servirán para interpretar los comentarios que hace Hesíodo sobre los trabajos a realizar en cada estación y la importancia de las Pléyades, y otras constelaciones, como marcadores temporales de los mismos.

Así, en su "*Proemio del calendario del labrador*" leemos:

"Al surgir las Pléyades descendientes de Atlas, empieza la siega; y la labranza cuando se ocultan. Desde ese momento están escondidas durante cuarenta noches y cuarenta días y de nuevo al completarse el año empiezan a aparecer cuando se afila la hoz".

En el párrafo anterior hemos visto como el ocaso helíaco, es decir la última vez que se ven las Pléyades en el horizonte oeste una vez que se ha ocultado el Sol, y habiendo finalizado ya el crepúsculo astronómico (20° por debajo del horizonte), tenía lugar el 15 de marzo, y era el momento de preparar todos los aperos de labranza con objeto de tenerlos disponibles para la siega, el acarreo y el almacenaje de los cultivos, en el caso de los cereales; abonar y quitar las malas hierbas en el olivar, y cavar el suelo alrededor de la cepa para el otro cultivo mediterráneo, la vid.

A partir de este momento las Pléyades permanecían invisibles durante 40 días, por estar en conjunción con el Sol, hasta que reaparecían el 24 de abril por el horizonte este en su orto helíaco, más o menos cuando comenzaba

el año para los griegos, en el momento de transición del invierno a la primavera. A partir de este día, se van haciendo visibles cada noche un poquito antes del crepúsculo matutino y también, paulatinamente están más altas en el cielo. Era el tiempo de empezar a preparar la siega, justificándose este momento más temprano para estas labores por la latitud de Atenas, ya que cuanto más baja está una zona en latitud la recolección se realiza antes en el tiempo.

En "Los trabajos de primavera" encontramos:

"Pero en cuanto el que lleva su casa encima remonte las plantas desde el suelo huyendo de las Pléyades, entonces ya no es tiempo de cavar las viñas, sino que ahora afila las hoces y despierta a los esclavos. No te sientes a la sombra y deja la cama temprano en la época de la siega, cuando el sol reseca la piel".

Aquí, el que lleva la casa encima se refiere al caracol, en concreto al caracol que aparece con las lluvias de primavera, que suelen ser frecuentes en el clima mediterráneo, como el que tiene Atenas. No es el tiempo de cavar las viñas para quitar las malas hierbas, ya que esta labor se realizaba en el mes de marzo, ni de podar la vid, pues para eso están los meses de enero y febrero; Hesíodo se refiere a finales de abril y al mes de mayo, cuando ya las Pléyades habían tenido su orto helíaco y comenzaban las labores de siega.

En "Los trabajos de verano" vemos:

"Luego que se ocultan las Pléyades, las Híades y el forzado Orión, acuérdate de que empieza la época de la labranza. Y ¡ojalá que el año sea propicio dentro de la tierra!"

La primera parte del párrafo recoge los momentos del año en los que se producen las "puestas acrónicas" de las Pléyades, las Híades y de Orión, es decir, los momentos en los que los dos cúmulos estelares y "el cazador" tienen su ocaso por el oeste, mientras que el Sol tiene su orto en el este. ¿Cuándo se producían?, esa es la cuestión a resolver.

Se necesitan las coordenadas ecuatoriales y eclípticas de los astros citados, a saber:

Astro	Ascensión recta (α)	Declinación (δ)	Longitud eclíptica (λ)	Latitud eclíptica (β)
Aldebarán	33°, 295231	7°, 592689	33°, 637026	- 5°, 64588
Rigel	48°, 014532	- 14°, 690423	40°, 662127	- 31°, 457861
Betelgeuse	54°, 323847	2°, 818439	52°, 617189	- 16°, 379187
Híades	31°, 353572	6°, 417952	31°, 412514	- 6°, 089866

Desarrollados los cálculos oportunos para hallar las puestas acrónicas de Rigel (β Orión), que es la primera estrella de la constelación que desaparecería por el horizonte oeste, y después para Betelgeuse (α Orión), que sería la última en hacerlo; éstos indican que:

La fecha en la que se producía la puesta acrónica de Rigel era el 21 de octubre. Al estar los dos astros en el horizonte, el resplandor del Sol impide ver

ponerse a la estrella. Al ser una estrella de primera magnitud, el Sol tiene que estar unos 15° por debajo del horizonte, es decir, se verá esa mañana a Rigel por el oeste, un poco antes de que salga el Sol. Como el Sol ese día tenía su orto a las 6h 36m 7s, Rigel esa noche la veríamos desaparecer del cielo a las 5h 18 m, con el Sol a -15° de altura. En ese instante la altura de la estrella sobre el horizonte sería de $h = 13^\circ$, 8426.

Actuando de igual manera con Betelgeuse, la otra estrella de Orión, y con los cúmulos de las Pléyades y las Híades, obtenemos las fechas de sus puestas acrónicas, a saber, el 7 de noviembre para Betelgeuse, el 13 de octubre para las Pléyades y el 22 de octubre para las Híades. El tiempo solar local y su altura sobre el horizonte, en sus respectivas fechas, se hallarían teniendo en cuenta que, para los cúmulos de estrellas, los grados del Sol por debajo del horizonte tienen que ser más, unos 18° ; por debajo de esta cantidad el resplandor del Sol las haría invisibles. Analizando las fechas, vemos que las Pléyades son las primeras en ponerse, les seguirían, casi al mismo tiempo, Rigel y las Híades y la última en hacerlo sería Betelgeuse. Ahora se entiende el orden en que son citados por Hesíodo.

Concluyendo, se puede afirmar que para Hesíodo, la labranza debe comenzar a mediados de octubre y debe estar acabada, si se puede, antes de mediados del mes de noviembre, aprovechando de esta forma el tiempo meteorológico otoñal, con lluvias abundantes y temperaturas todavía suaves en el clima mediterráneo griego, al igual que sucede hoy en día.

En el apartado dedicado al *"Calendario de navegación"* encontramos lo siguiente:

"Si se despierta el deseo de la arriesgada navegación, te advierto que cuando las Pléyades huyendo del forzudo Orión caigan al sombrío Ponto, entonces soplan ráfagas de toda clase de vientos y entonces, acuérdate, ya no debes tener las naves en el vinoso Ponto, sino trabajar el campo recordando mis consejos."

Arrastra la nave a tierra y cálzala con piedras por todas partes para que resista el embate de los vientos que soplan húmedos; y protégela de las tormentas para que no la pudra la lluvia de Zeus. Guarda con orden en tu casa todos los aparejos en buenas condiciones y remienda las velas de la nave surcadora del Ponto; cuelga el bien trabajado timón sobre el humo del hogar y espera tú mismo hasta que llegue la época de la navegación. Entonces saca al mar la rápida nave y dentro pon la carga bien dispuesta, para que de regreso a casa obtengas ganancias".

Hesíodo como hijo de comerciante y contemporáneo de las grandes colonizaciones griegas de los siglos VII y VI A.C. por todo el mar Mediterráneo y el mar Negro, quiere dejar constancia de qué fechas no son aptas para la navegación, por el peligro que entraña para las empresas comerciales y los marineros en general.

Su consejo de arrastrar la nave a tierra, calzarla con piedras y guardar todos los aparejos hasta que llegue de nuevo la época de navegación lo enmarca temporalmente, según su costumbre, para cuando las Pléyades, huyendo del forzudo Orión, caigan sobre el sombrío Ponto, pero ¿en qué fechas ocurre esto? El fenómeno que recoge es la puesta acrónica de las Pléyades en el crepúsculo matutino, un poco antes de que Orión comience su

ocaso por el oeste del horizonte. Su fecha ya la habíamos indicado en el apartado de los trabajos de verano y correspondía al 13 de octubre, cuando la estación del otoño se encuentra ya avanzada con sus fuertes vientos y sus borrascas, que traen asociadas a las precipitaciones más abundantes en el Mediterráneo, cuando no, sus temidas "gotas frías".

El momento en el que las Pléyades desaparecerían del horizonte este, un poco antes del orto solar, sería a las 4h 53m 25s. Su altura sobre ese horizonte sería de $h = 18^{\circ},184421$, y su acimut, $A = 87^{\circ},516158$, o lo que es lo mismo muy cerca del punto cardinal oeste.

Con este estudio sobre el calendario para la navegación concluyo esta interpretación astronómica de la obra de Hesíodo "Los trabajos y los días", el último de los dedicados a estos cuatro momentos en la Historia que había elegido para trabajar sobre el cúmulo globular abierto de las Pléyades.

ARQUITECTURA Y ASTRONOMÍA

En este tercer bloque de contenido se va a tratar sobre la vinculación que desde siempre ha existido entre la arquitectura y la astronomía, ejemplificado en dos monumentos alejados entre sí, tanto en el tiempo como en el espacio geográfico, y tan distintos en sus características, pues uno es un templo, único, grandioso e irrepetible, muy visitado en la actualidad; mientras que el otro solo alberga un resto, testigo mudo de su antiguo esplendor, y mucho menos conocido y visitado. Me estoy refiriendo al Templo de Abu Simbel, en Egipto, y al antiguo Observatorio Astronómico de Ulugh Beg, en la ciudad de Samarkanda, Uzbekistán.

El primero presenta una "hierofanía" solar, mediante la cual se vincula al Sol con el faraón Ramsés II, visible durante dos fugaces momentos del año; el segundo permite ver lo que queda del enorme sextante que construyó Ulugh Beg en su observatorio, o escuela de astronomía, que fundó en esa legendaria ciudad en la primera mitad del siglo XV.

El templo de Abu Simbel

Abu Simbel es un conjunto arqueológico formado por dos templos, contruidos por el faraón de la XIX dinastía Ramsés II (1.303 – 1.213 A.C.) en la orilla del río Nilo, a unos 300 km de la actual ciudad de Asuán. El primero de ellos, y el más grande y majestuoso, está dedicado a glorificar su persona deificada, mediante cuatro colosales estatuas sedentes de él mismo en su frontal, enmarcando en su medio a una alta puerta que da acceso a diferentes salas interiores, en las que se representan, mediante grabados, las batallas victoriosas llevadas a cabo por el faraón, como la famosa de Kadesh (1.274 A.C.) contra los hititas, en la región de Siria.



Una vez traspasada la puerta, nos encontramos con una gran sala a modo de pronaos con techo plano, sostenida por ocho enormes pilares osiriacos que representan al faraón, cubierto con las coronas del Alto y Bajo Egipto. La siguen unas salas secundarias a ambos lados, un vestíbulo, una sala de

ofrendas y por fin, el santuario, una pequeña sala con cuatro estatuas, que representan a los dioses Ptah, Amón, Ra y la del propio faraón colocada entre estos dos últimos.



Es la pequeña sala santuario del templo mayor, en la que se encuentran las tres estatuas de los dioses y del faraón, la que despierta nuestro interés astronómico, ya que, dos veces al año, durante el orto solar, los rayos del sol iluminan las estatuas del faraón y los dioses Ra y Amón, pero no la del dios del inframundo Ptah. Este fenómeno solar ya se producía en la antigüedad, cuando fue construido, con una orientación

adecuada para que se diera durante el amanecer y se sigue produciendo hoy en día, a pesar de haber sido desplazados desde su emplazamiento original a otro 63 m más arriba y unos 200 m más lejos, para evitar quedar inundados por las aguas de la gran presa de Asuán, cuando se construyó en los años 60 del pasado siglo.

Hay que señalar que, este fenómeno solar, seguido por muchos turistas todos los años, es un proceso paulatino durante unos días, teniendo su punto álgido de espectacularidad los días 22 de octubre y 22 de febrero, aunque en la antigüedad, cuando se construyeron los templos (aprox. 1.270 A.C.) se daba un día antes, el 21 de octubre y el 21 de febrero; al igual que ocurría antes de su traslado. Esto puede deberse a que ha podido variar un poco el acimut de orientación del eje longitudinal del templo a la hora de recolocarlos en la colina artificial construida al efecto.

Hoy en día, esta "hierofanía" o manifestación de lo sagrado, se ha convertido en todo un espectáculo de masas, ya que acude gente de todo el mundo a verlo, junto con el Festival del Sol que las autoridades egipcias organizan.

Astronómicamente hablando, el fenómeno presenta unas diferencias, tanto cuantitativas como cualitativas, ya que las variables físicas que se manejan esos dos días no son las mismas y tampoco coincide la descripción visual del proceso en ambos casos.

Lo primero a reflejar, previo al análisis del hecho astronómico, es conocer las coordenadas geográficas de los templos:

Latitud $\phi = 22^{\circ},33694 = 22^{\circ} 20' 13''\text{N}$ y longitud $\lambda = 31^{\circ},62555 = 31^{\circ} 37' 32''\text{E}$

El acimut del eje axial del templo de Ramsés II es $A = 280^{\circ},55$ (acimut astronómico, no civil, a contar desde el sur hacia el oeste).

Como el objetivo del trabajo es poder interpretar el acontecimiento solar y, en la medida de lo posible, justificarlo razonadamente, se hacen necesarios la realización de unos cálculos astronómicos que nos den información objetiva sobre el hecho. Aclarar que para estos cálculos se ha tenido en cuenta el fenómeno de la refracción atmosférica, que hace que el Sol aparente tenga su

orto astronómico real cuando ya ha salido prácticamente sobre el horizonte local, es decir, contando con el diámetro solar más la refracción al orto, haciendo que en ese preciso instante su altura sea $h = -0^{\circ},8333$, y su distancia cenital, $z = 90^{\circ},8333$.

Los datos de la declinación solar y la ecuación del tiempo, para los dos días de estudio señalados, han sido sacados del Anuario Astronómico del Real Observatorio de Madrid correspondiente al año 2018.

Día	Declinación (δ)	Ecuación del tiempo ($v - m$)
22 de febrero	$-10^{\circ},291944 = -10^{\circ} 17' 31''$	- 13 m 32 s
22 de octubre	$-10^{\circ},951666 = -10^{\circ} 57' 6''$	+ 15 m 27 s

Para poder tener una visión más global de todo el fenómeno solar, para cada día se van a hallar el acimut (A), su ángulo horario (H), su altura sobre el horizonte (h) y la hora solar local (t), ya corregida del valor de la ecuación del tiempo, tanto para el momento del orto, como para el correspondiente al final del mismo, pasados unos veinte minutos, que es lo que dura la hierofanía.

Los resultados obtenidos para el 22 de febrero fueron:

Momento	Acimut	Angulo horario	Hora solar local	Altura del Sol
Comienzo	280°,789521	273°,361194	6 h 26 m 58,7 s	- 0°,8333
Final	282°,714353	278°,361194	6 h 46 m 58,7 s	3°,694475

Analizándolos detenidamente, deducimos que al acimut al orto es casi igual al acimut del eje principal del templo, mientras que al final, ha aumentado un poco más de dos grados, el ángulo horario se ha incrementado cinco grados (correspondiente a los 20 m transcurridos); y la altura solar es 3°,69, con lo que la luz desaparece ya de la pared del fondo del santuario.

Estos resultados explican que, cuando empieza el fenómeno solar, se vean iluminadas por una luz rojiza las estatuas centrales del conjunto (dios Amón y Ramsés II), mientras que Ra aparece semioscurecido; poco a poco, la luz se va desplazando hasta permitir ver las tres estatuas sedentes, pero no al dios Ptah.

Los resultados del día 22 de octubre fueron:

Momento	Acimut	Angulo horario	Hora solar local	Altura del Sol
Comienzo	281°,504095	273°,640341	5 h 59 m 6,7 s	- 0°,8333
Final	283°,430231	278°,640341	6 h 19 m 6,7 s	3°,682379

Se ve que el acimut al orto es un grado mayor que el eje del templo y se produce un poco más hacia el sur que su orto homólogo del 22 de febrero. Así mismo, observamos que empieza media hora antes y que no hay gran diferencia en la altura del Sol cuando finaliza el proceso de iluminación.

Fruto de esta disposición concreta, ahora la primera estatua en ser iluminada con los rayos rojizos es la más hacia la derecha, el dios Ra, no viéndose toda ella sino solo la parte superior, el busto, mientras Amón y Ramsés presentan una iluminación, también rojiza, sobre sus bustos

respectivos. Los rayos se vuelven más luminosos y llenan de luz completamente la mitad de la estatua sedente de Ra-Horakhty, antes de desaparecer. Es probable que el fenómeno no dure tanto tiempo como en el mes de febrero.



Como anteriormente se dijo, en la antigüedad la alineación se producía un día antes, el 21 de cada mes y también lo hacía antes de ser trasladado de lugar en la operación de salvamento llevada a cabo en 1968.

A la izquierda se pueden ver los dos templos en su anterior ubicación, a las orillas del Nilo.

Nos ha llegado una narración muy vívida de como se producía el fenómeno, por parte de la exploradora Emilda Edwards, tal y como lo reflejó en su libro "Mil millas en el río Nilo", en el año 1874 y publicado posteriormente en el 1879:

"A las 6:25 de la mañana del 21 del mes de febrero, o a las 5:55 de la mañana en la del 21 de octubre de cada año, la luz del sol entra suavemente sobre el rostro del rey Ramsés, de forma representativa abrazando y besándolo. Un flujo de luz irradia la cara del Rey en su cámara ubicada dentro del temido corazón del templo. Una sensación de miedo y un pequeño pulso hacen vibrar tu corazón como si la luz te atrapa y perturba tu profundidad con una fuerza oscura y mágica. ¡Qué magia! y qué oscuridad perturba tu existencia como si estuvieras experimentando un momento de milagro. Entonces, la luz del sol se extiende en un haz de luz, iluminando las caras de las estatuas dentro del sagrario".

Antes de terminar, quiero dar las declinaciones del Sol correspondientes a los días 21 de los meses de febrero y octubre, y la inclinación de la Eclíptica para el año 1.270 A.C., pero no se van a reproducir con ellos los mismos cálculos llevados a cabo para interpretar el acontecimiento, tal y como suceden en la actualidad.

Día 21 febrero: $\delta = -10^{\circ},736198$. Día 21 octubre: $\delta = -11^{\circ},235046$

La inclinación, $\varepsilon = 23^{\circ},8450944 = 23^{\circ} 50' 42''$

Al tener unas declinaciones similares y el enclave original ser casi el mismo, es lógico pensar que el suceso se desarrollara entonces de forma muy parecida a como lo hace hoy.

Respecto a las explicaciones del mismo hay diversas teorías. Hay quien cree que las fechas reflejan los días en los que el faraón Ramses II cumplía los años (21 febrero) y cuando fue coronado como faraón del Alto y Bajo Egipto (21 octubre). No es de esta opinión el Dr. M. A. Mosalam Shaltout, el cual defiende que correspondían, también respectivamente, a las fechas en las que el trigo se plantaba, al final de la inundación del Nilo, y al comienzo de la

cosecha. Ambas fechas se situaban 62 días antes y después del solsticio de invierno, cuando se celebraba el principal festival para los egipcios, relacionado con el nacimiento del dios Horus.

Observatorio de Ulugh Beg en Samarkanda

En las afueras de la ciudad de Samarkanda (Uzbekistán) se localiza el actual observatorio-museo de Ulugh Beg, sobre las antiguas ruinas del construido por este príncipe timúrida entre los años 1424 y 1428, cuando era gobernador de la ciudad. En este observatorio estudiaban centenares de alumnos que viajaban hasta Samarkanda para recibir las enseñanzas de sabios y maestros, financiados por el príncipe y mecenas de las ciencias. En las figuras de abajo se pueden ver el Observatorio actual y una maqueta del antiguo, en el siglo XV.



Ulugh Beg (1.394–1.449) era el hijo mayor de Shahruj Mirza y de la princesa persa Gauhar Shad. Su abuelo fue el gran conquistador Tamerlan (1.336–1.405) que llegó a dominar todo el Asia Central, durante la segunda mitad del siglo XIV. Los contactos que mantuvo desde la niñez con las regiones de Irán y de la India, cuya parte occidental formaba parte del imperio Timur, despertaron en él su afición por la Astronomía y la Matemática, ciencias que recogieron el legado griego y lo transmitieron al mundo occidental a través de la cultura islámica. Las aportaciones de los astrónomos griegos, como Hiparco y Ptolomeo, junto con los conocimientos adquiridos a través de los contactos con China, por medio del imperio mongol fueron determinantes, junto con toda la tradición científica del mundo islámico, entre los que destacó, en el S. XIII, Nasir al Din al Tusi, constructor en el noroeste de Irán del observatorio de Maragheh, que sirvió como modelo al construido posteriormente por Ulugh Beg en Samarkanda.

Todo lo que nos ha llegado de su actividad científica se encuentra recogida en sus *"Prolegómenos de las tablas astronómicas"*, tratado de todas las cuestiones astronómicas relativas a su época (S.XV) dividido en cinco partes:

1ª. Prefacio, en donde hace una justificación ante el Dios Misericordioso y Creador de toda su obra.

2ª. De la determinación de las principales eras adoptadas por los pueblos orientales.

3ª. Del conocimiento y determinación de los tiempos y del ascendiente de cada tiempo y de las cosas relativas a este objeto.

4ª. Teoría del movimiento del Sol y de los planetas; determinación de su lugar en longitud y latitud y de las cosas que dependen.

5ª. De las cosas relativas al ascendiente del nacimiento de los astros y su vinculación astrológica.

Además, formando parte de esta gran obra, en 1437 publica su Catálogo de estrellas formado por 1.018 estrellas, con todas las constelaciones conocidas del Hemisferio Norte y algunas de hemisferio Sur, dando sus nombres y sus coordenadas eclípticas.

Las principales aportaciones de Ulugh Beg a las ciencias de la Astronomía y de la Matemática fueron, entre otras:

- Midió la duración del año trópico en 365 días, 5 horas, 49 minutos y 15 segundos, con un error aproximado de unos 25 segundos

- Midió la duración del año sidéreo en 365 días, 6 horas, 10 minutos y 8 segundos con un error de unos 58 segundos

- Halló el valor de la oblicuidad de la eclíptica para aquella época en $23^{\circ} 30' 17''$, con un error de $28,5''$ sobre el valor exacto de entonces.

- Halló el valor de la longitud y latitud de la Samarkanda en $66^{\circ} 57' 35''$ E y $39^{\circ} 37' 23''$, respectivamente, con un error de $1'$ y $52''$ en la latitud".

- Dio las coordenadas geográficas de las principales ciudades del mundo musulmán de su época, tomando como origen de longitudes las Islas Afortunadas.

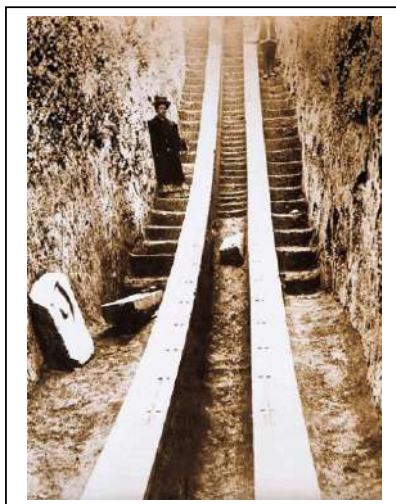
- Midió la altura del Sol, para cada día del año, en su culminación superior, además de su longitud eclíptica, acimutes de salida y puesta y demás efemérides solares.

- Construyó unas tablas trigonométricas de seno y tangentes, precisando los valores para cada minuto, hasta los 45° , y para cada 5 minutos en el intervalo comprendido entre 45° y 90° .

- Dio tablas y procedimientos para poder predecir los eclipses de sol y de luna.

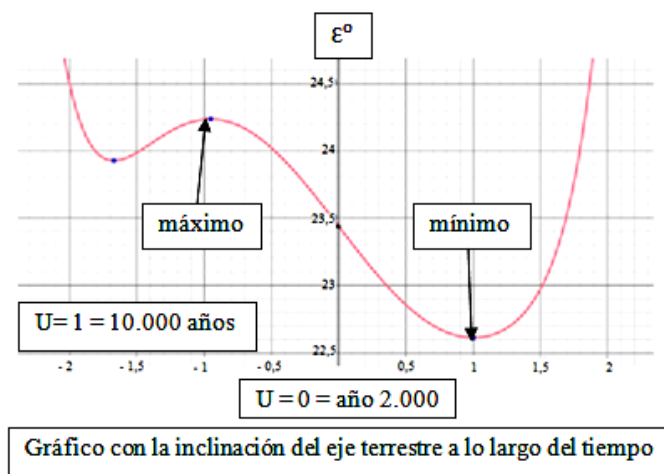
- Midió el movimiento medio de los planetas o "estrellas errantes" en la Antigüedad.

Todos estos descubrimientos los logró mediante el uso de instrumentos astronómicos gigantes como el cuadrante, el sextante, el gnomon, una gran esfera armilar y el triquetrum (para medir ángulos), instalados dentro de su gran observatorio circular, con tres niveles o pisos, de 50 m. de diámetro, 35 m. de altura, o directamente colocados sobre su techo plano que permitía su buen uso.



Para medir la oblicuidad de la eclíptica Ulugh Beg se ayudó del sextante gigante que construyó, en parte subterráneo, por debajo del suelo del observatorio, colocado en una trinchera excavada en un lado de la colina, siguiendo la línea meridiana del lugar. Estaba graduado entre 20° y 80° y su precisión llegaba hasta el segundo de arco. Tenía 11 m. de largo con escaleras a los lados para poder hacer las mediciones. El radio de curvatura del sextante era de 40 m, en algunas áreas del mismo a cada grado le correspondían 70 cm, a cada minuto 1,16 cm y a cada segundo, aproximadamente 0,2 mm, lo que le daba una gran exactitud en las mediciones. Con él se podía determinar la altura del Sol al mediodía, su distancia cenital y su declinación, que podían servir para hallar la latitud del lugar y la inclinación del eje terrestre o de la eclíptica. También se usó para las observaciones de la Luna y de los planetas. Actualmente se puede ver solo la parte que se conserva, después de la destrucción del observatorio por los radicales islámicos, a la muerte de Ulugh Beg en el año 1449. Las ruinas del mismo fueron encontradas por el arqueólogo ruso V.L. Vyatkin en 1908.

Sus mediciones arrojaron un valor de $23^{\circ} 30' 17''$, con un error de solo $28''$,5 sobre el valor real de la inclinación de la eclíptica en el año 1435, que era de $23^{\circ} 30' 45''$,5, como se puede ver en la gráfica de abajo.



año	U	ε° fecha de destino
-8000	-1	24,23284111
-7000	-0,9	24,23215096
-6000	-0,8	24,2096618
-5000	-0,7	24,1659678
-4000	-0,6	24,10243579
-3000	-0,5	24,02101232
-2000	-0,4	23,92408519
-1000	-0,3	23,81438055
0	-0,2	23,69488143
1000	-0,1	23,56875655
2000	0	23,43929111
3000	0,1	23,30981419
4000	0,2	23,18361932
5000	0,3	23,06387817

Ulugh Beg obtuvo su valor de inclinación de la eclíptica midiendo con el sextante la altura cenital (z) del Sol en los solsticios de invierno y de verano, restando esos valores y dividiendo después entre dos.

Para hallar la latitud de Samarkanda Ulugh Beg pudo utilizar procedimientos:

- Servirse de la medida de la inclinación de la Eclíptica, obtenida con el sextante, para utilizarla los días de los equinoccios, junto con la altura del Sol

en su culminación meridiana. Entonces, $h = 90^\circ - \varphi$, y se puede despejar perfectamente la latitud del lugar (φ).

- Buscar una constelación circumpolar, como puede ser la Osa Mayor, y medir la altura de una de sus estrellas (puede servir Dubhe) durante su culminación superior y su culminación inferior, después hacer la suma de ambas y dividir entre dos.



Ulugh Beg midió la duración del año trópico en 365 días, 5 horas, 49 minutos y 15 segundos, alejándose unos 26 segundos del valor calculado por las modernas teorías. La duración del año sidéreo fue fijada por él en 365 días, 6 horas, 10 minutos y 8 segundos, con una desviación de unos 58 segundos sobre el valor aceptado actualmente. La diferencia entre las dos clases de años es de unos 20 minutos y 53 segundos y fue explicada por el fenómeno de la precesión de los equinoccios, conocido ya desde la época babilónica y cuantificado en distintos valores, tanto por la escuela helenística de Alejandría (Hiparco), como por los astrónomos musulmanes desde la Alta Edad Media, Ulugh Beg estableció una ratio de 1° por cada 70 años en el movimiento retrógrado del punto equinoccial sobre el ecuador celeste. Esto nos da un valor de $51'',43$ por cada año trópico. Hay que decir que, tanto el año trópico como el año sidéreo, no son constantes en el tiempo, el primero de ellos sufre variaciones, incluso de un año para otro, por perturbaciones en la velocidad de traslación de la Tierra alrededor del Sol y en el movimiento de rotación sobre sí misma, mientras que el segundo varía levemente, como consecuencia de las correcciones relativísticas que hay que hacer a la precesión en longitud, igual a:

$$50'',291 + 0'',00022 t, \text{ (t medidos en años de 365,25 días).}$$

Ulugh Beg ya notó, en sus observaciones a lo largo de 30 años, que sus medidas del año trópico no coincidían con las mencionadas por otros astrónomos de épocas anteriores y le hicieron dudar de que fuera constante en el tiempo.

HISTORIA Y ASTRONOMÍA

El presente trabajo pretende mostrar cómo dos materias que, a primera vista pueden parecer inconexas y estancas, una respecto a la otra, como son la Historia y la Astronomía, pueden trabajar juntas, para auxiliarse mutuamente en su objetivo final: hacer ciencia. Soy consciente de que muchos no ven en la Historia una disciplina científica, yo, por mi parte, como historiador, intentaré demostrar lo contrario, puesto que trabaja con contenidos objetivos y demostrables que dan respuesta a problemas, como el de la cronología de los hechos históricos y su exégesis, es decir su origen, sus características y su interpretación final.

Valgan a modo de ejemplo, las citas de los cometas que se vieron en la Roma altoimperial, contada por Salustio en su obra *"Vidas de los doce césares"*, la representación del cometa Halley en el Tapiz de Bayeux, que representa la invasión de Inglaterra por los normandos del rey Guillermo I, y que culminan en la batalla de Hastings del 1.066; los eclipses lunares utilizados por Cristóbal Colón y Américo Vespucio para obtener su posición en longitud geográfica y, naturalmente, los eclipses solares citados en diversos textos escritos, como pueden ser el que es objeto de estudio aquí, del año 585 A.C., o el bíblico, narrado en el libro de Josué, del Antiguo Testamento de la Biblia, ocurrido el 30 de octubre del 1.207 A. C. durante la toma de la ciudad de Jericó por los hebreos. Este último nos informa del lugar, del momento, y de las características del hecho histórico acontecido.

Por razones de espacio, y por no ser un hecho al que se pueda calificar de "arqueoastronómico", puesto que no nos retrotrae al pasado, no puede desarrollarse aquí el método seguido por mí, de forma más explícita y detallada, con todo el soporte matemático utilizado en la investigación, y que me permitió calcular las características que rodearán al eclipse total de Sol, que tendrá lugar el 12 de agosto de 2026 y será visible en toda España. Decir que el método empleado para este eclipse, fue después aplicado y sirvió de modelo para "La batalla del eclipse".

La batalla del eclipse solar

A modo de introducción, el historiador griego Herodoto, en su libro I, en el capítulo 74, nos cuenta el fenómeno astronómico ocurrido durante la contienda bélica entre lidios y medos por el dominio del Asia Menor. Este hecho consistió en un eclipse solar, vivido por ambos ejércitos mientras se encontraban en plena batalla. La impresión que les causó tuvo consecuencias inmediatas, parando la lucha, ya en el atardecer, así como de más largo alcance, pues propició la firma de un tratado de paz, que puso fin a la guerra que duraba ya varios años. El texto dice:

"Aliates, como es natural, no se avino a entregar a los escitas pese a las reclamaciones de Ciaxares, y se entabló entre los lidios y los medos una guerra que duró cinco años, en el transcurso de los cuales, unas veces los medos vencieron a los lidios y,

otras, los lidios a los medos. Y durante esos años hasta libraron un combate nocturno; llevaban la guerra con suerte equilibrada, cuando, en su quinto año, ocurrió en el curso de un combate que, en plena batalla, de improviso el día se tornó en noche (Tales de Mileto, por cierto, había predicho a los jonios que se produciría esa inversión del día, fijando su cumplimiento en el ámbito del año en que justamente se produjo la inversión)”.

Si Herodoto nos informa de forma puntual, dentro del contexto general de su obra de Historia, el resto de historiadores clásicos, en sus escritos, no nos han dejado constancia ni del año en el que ocurrió, ni del lugar físico de la batalla. Si ha pasado a la posteridad es fundamentalmente por la predicción, supuestamente hecha por Tales de Mileto, y a la que, hoy en día, no se le puede asignar fecha, con suficiente exactitud, como para decir a cuál de los varios eclipses que se sucedieron en el último cuarto del siglo VI A.C. le puede corresponder esta predicción realizada por Tales.

Antes de adentrarnos más en los hechos que rodearon al evento astronómico, hay que encuadrarlo con más precisión en el espacio y en el tiempo. La batalla sucedió el 28 de mayo del año 585 A.C. (año astronómico – 584), en el interior de la península de Anatolia, la actual Turquía.

Respecto al marco geográfico, se hizo necesario, dentro del contexto espacial en el que se produjo el eclipse, acotar más este espacio y poder aproximarnos al posible escenario donde se dio la batalla. Las fuentes históricas clásicas nos sirven de orientación en esta búsqueda. De nuevo Herodoto cuenta:

- Historia I, 6: *“Creso era de origen lidio, hijo de Aliates y soberano de los pueblos al oeste del río Halis, que corre desde el mediodía por entre sirios y paflagonios y desemboca hacia el norte, en el llamado Ponto Euxino”*.

- Historia I, 28: *“Andando el tiempo, y cuando casi todos los pueblos que habitan a este lado del río Halis habían sido sometidos, pues a excepción de cilicios y licios, Creso había sometido a su poder a todos los demás”*.

- Historia I, 72, 2-3: *“Pues la frontera entre el imperio medo y lidio era el río Halis, que nace..... De este modo, el río Halis divide la casi totalidad de Asia Menor, desde el mar que hay frente a Chipre, hasta el Ponto Euxino”*.

- Historia I, 75, 3: *“Y cuando llegó al río Halis, Creso, en mi opinión, hizo pasar el ejército por los puentes allí existentes, si bien, según la versión más difundida entre los griegos, fue Tales de Mileto quien le facilitó el paso”*

- Historia V, 52, 2: *“Inmediatamente después de Frigia se halla el río Halis, a orillas del cual se alzan unas puertas que son totalmente imprescindibles franquear para poder cruzar el río; así mismo, en dicho lugar, se halla apostada una poderosa guarnición”*.



En todas estas citas aparece el río Halis, el moderno Kizilirmak, como frontera entre lidios y medos-persas, hasta la desaparición del reino lidio con la captura de su último rey y la toma de su capital Sardes, por parte de Ciro el Grande en el año 547 A.C.

Estamos hablando de todo el arco interior comprendido entre el río y las costas del Mar Negro. Esta frontera no es nueva, ya que era el núcleo originario del Antiguo Reino hitita, (1.680-1.500 A.C.), que lo separaba del reino de Mitanni por el este, del antiguo reino hurrita de Kizzuwadna por el sur y del no muy bien conocido territorio, llamado Arzawa, por el oeste.

Esta zona de la Anatolia central, morfológicamente hablando, supone los restos de un antiguo macizo, recubierto de materiales sedimentarios y salpicado de formaciones volcánicas, algunas muy erosionadas como en la zona de Goreme, en la Capadocia. Es dentro de esta zona central donde encontramos la ciudad de Delice, que está encuadrada en la provincia de Kirikkale, una de las ochenta y una que forman el país, situada al norte del río Kizil Irmak, distante unos 100 km de Ankara. La altura de Delice sobre el nivel del mar es de 700 m.

Es en esta región donde, según todos los textos, tuvo lugar la batalla, un lugar muy transitado desde antiguo, cercano a la antigua capital hitita de Pteria (Bogazköy) y por donde discurría la rama norte del Camino Real persa, que salía de Sardes y continuaba por Gordión y Ancyra (Ankara). En este tramo se han encontrado restos arqueológicos, como son los túmulos funerarios frigios o escultóricos como pueden ser los relieves esculpidos sobre rocas en sitios relevantes del Camino. Todo apunta, por tanto, a que esta vía fuera la seguida por Aliates hasta la batalla del eclipse como, con toda seguridad fue la tomada por Creso hasta su choque armado con Ciro el Grande en la batalla de Pteria.

El contexto inmediato de la batalla está protagonizado por el rey medo Ciaxares (653 – 585 A.C.) y el lidio Aliates (617 – 560 A.C.). Sobre ellos, Herodoto nos cuenta lo siguiente:

A la muerte de Fraortes le sucedió su hijo Ciaxares, nieto de Deyoces. Fue rey de los medos entre el 625 y 585 A.C. Nos informa de que fue más valiente que sus predecesores, así como el primero en dividir en cuerpos regulares a los asiáticos y el primero en determinar que cada contingente - lanceros, arqueros y jinetes- se alinearán en formación independiente, pues, con anterioridad a él, todos lo hacían en bloque, con un completo desorden. Fue él quien luchó contra los lidios en aquella ocasión en que, durante el combate, el día se convirtió en noche y quien unió a sus dominios toda Asia al este del Halis. Marchó contra Nínive para vengar a su padre, pero cuando había vencido a los asirios en una batalla campal y estaba sitiando Ninive, sufrió el ataque de un gran ejército de escitas, acaudillados por Madies, hijo de Prototies. Estos escitas habían irrumpido en Asia tras expulsar a los cimerios de Europa, y persiguiéndolos en su huida, habían llegado a territorio medo. Los medos fueron derrotados por los escitas en una batalla y se adueñaron de toda Asia durante un espacio de veintiocho años, asolando con su brutalidad las posesiones de todo el mundo y exigiendo tributo a cada pueblo. Sin embargo Ciaxares y los medos, después de haberlos agasajado y embriagado en una recepción, dieron muerte a la mayor parte de ellos y, así, los medos recobraron el poder e imperaron sobre los mismo pueblos que antes, después de someter a los asirios, a excepción del territorio de Babilonia. Tras estos acontecimientos murió Ciaxares, después de un reinado de cuarenta años, incluidos los de dominio escita. Le sucedió entonces su hijo Astiages.

Respecto a Aliates nos cuenta que llegó al trono después que muriera su padre Sadiates, que reinó doce años. Aliates hizo la guerra a Ciaxares, descendiente de Deyoces, y a los medos; expulsó a los cimerios de Asia, tomó Esmirna, que había sido fundada por colonos procedentes de Colofón, y realizó una expedición contra Clazómenas, fracasando en la misma. Prosiguió contra los milesios la guerra que había heredado de su padre, lanzando contra Mileto los ejércitos cuando la cosecha estaba madura, pero dejando intactas las casas y a las personas para que siguieran cultivando las tierras. Actuaba así porque los milesios eran los dueños del mar, de modo que el ejército no podía realizar un asedio de la ciudad. La guerra duró once años, de los que los seis primeros corresponden a Sadiates y los cinco restantes a Aliates. En el décimo primer año de guerra, el fuego que quemaba la mies, avivado por el viento prendió en el templo de Atenea (venerada bajo la advocación de Asesia), quedando reducido a cenizas. Como consecuencia de esto Aliates cayó enfermo, por lo que envió delegados al oráculo de Delfos para preguntar por su enfermedad. La respuesta fue que concertara una tregua con los milesios y reconstruyera el templo, cosa que hizo, pues construyó dos templos en honor de Atenea y se repuso de la enfermedad, terminando de este modo la guerra. Mucho tiempo después de esto murió, después de un reinado de cincuenta y siete años. A su muerte, heredó el trono su hijo Cresos, que tenía treinta y cinco años de edad.

Quiero finalizar esta introducción de los dos reyes enfrentados en la batalla con lo que Herodoto nos cuenta acerca de las consecuencias políticas que la batalla tuvo sobre los reinos contendientes:

- Herodoto I, 74, 3,4,5: *"Entonces lidios y medos , al ver que la noche tomaba el lugar del día, pusieron fin a la batalla y tanto unos como otros se apresuraron, con mayor diligencia de la habitual, a concertar la paz. Sus*

mediadores fueron: Siénesis de Cilicia y Labineto de Babilonia. Ellos fueron los que aceleraron la realización de su acuerdo y, asimismo, quienes concertaron un compromiso matrimonial, pues decidieron que Aliates entregara su hija Arienis a Astiages, hijo de Ciaxares, ya que, sin sólidos lazos de parentesco, los tratados no suelen mantenerse en vigor. Por cierto, que estos pueblos ajustan sus tratados igual que los griegos; pero además se hacen un corte superficial en los brazos y se succionan mutuamente la sangre”.



Toda esta descripción de los reyes que protagonizaron la batalla se encuadra dentro de un contexto general más amplio que nos ilustra la figura de arriba. En ella se puede ver que el poder asirio sobre la región había desaparecido ya, mientras que asistimos al ascenso y auge de los medos, con la capital en Ecbatana, que junto a los babilonios, toman la ciudad de Nínive en el 612 A.C., destruyendo definitivamente el imperio asirio.

Desde entonces y hasta su unión con los persas de la dinastía Aqueménida, que se produce con el reinado de Ciro II el Grande (579 – 530 A.C.), el territorio asirio pasa a ser controlado por los medos.

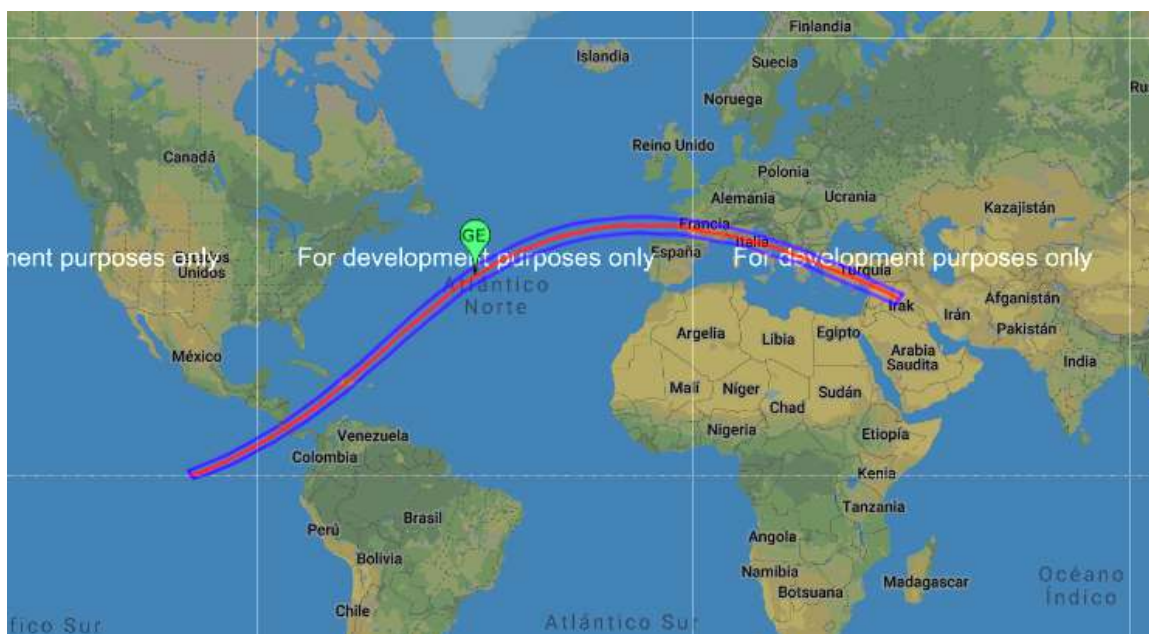
Por su parte, los babilonios se apoderan de toda Mesopotamia y su rey Nabopolasar (658 – 605 A.C.) funda el imperio Neobabilónico, que se mantiene hasta la toma por Ciro el Grande de la ciudad de Babilonia, en el año 539 A.C.

Se puede concluir que, con la llegada de Ciro al trono persa y la victoria de éste sobre Creso, el último rey lidio, después del empate bélico que para ambos reyes supuso la batalla de Pteria, y la posterior toma de la capital Sardes, termina una época en el Próximo Oriente y comienza otra completamente nueva y diferente, el Imperio Persa.

Ha llegado el momento de centrar toda la atención en el eclipse de sol. Primero es necesario conocer sus características físicas y su trayectoria.

El eclipse empezó en un puntodel Océano Pacífico de coordenadas geográficas $\phi = 0^{\circ},468$ de latitud norte y $\lambda = 103^{\circ},564$ de longitud oeste, es decir, casi sobre el Ecuador y un poco al oeste de la Islas Galápagos. En este momento, las 12h, 45m y 2s TU, el Sol estaba saliendo por el horizonte noreste, con un acimut $A = 249^{\circ},6$. La duración de la fase de totalidad al comenzar sería unos 3m, 4s. Prosiguió su camino atravesando Costa Rica y la isla de Santo Domingo. Cruzó todo el Océano Atlántico y entró en el continente europeo por Francia, desplazó su franja de totalidad por Italia, Grecia, Turquía y Siria, hasta finalizar en el noreste de Irak, cerca de su capital Bagdad, exactamente en un punto de coordenadas $\phi = 34^{\circ},32$ latitud norte y $\lambda = 42^{\circ},623$ longitud este, cuando eran las 15h, 59m, 44s TU. En ese momento el Sol se estaba poniendo sobre el horizonte noroeste con un acimut $A=114^{\circ},9$ y una duración en la totalidad de 3m, 5s.

Arriba se puede ver el dibujo con su representación ortográfica y abajo su trayectoria.



Los elementos besselianos que permiten realizar los cálculos sobre el mismo son:

Instante del eclipse máximo: 19:28:50 TDT = 14:22:26 UT JD = 1507900,312
 Gamma = 0.3201 Efemerides = VSOP87/ELP2000-82
 Magnitud del eclipse = 1.0798 Lunación No. = - 31955
 Tipo de eclipse = Total Serie de Saros = 57 $\Delta T = 18383,9$ s
 Radio lunar $k_1 = 0.272488$ (Penumbra)
 Radio lunar $k_2 = 0.272281$ (Umbra)
 Elementos besselianos para los polinomios: Hora de referencia 19.000 TDT ($=T_0$)

n	x	y	d	l_1	l_2	μ
0	-0.3662690	0.2167890	20.3646507	0.5302200	-0.0158380	107.344139
1	0.5545704	0.1819399	0.0081660	-0.0000120	-0.0000119	15.001180
2	0.0000667	-0.0001464	-0.0000040	-0.0000128	-0.0000127	0.000000
3	-0.0000094	-0.0000032	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.000000

$\tan f_1 = 0.0045938$ $\tan f_2 = 0.0045709$

Para el tiempo t_1 en horas decimales cada uno de los elementos besselianos es evaluado así:
 $a = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + a_3 \cdot t^3$
 donde $a = x, y, d, l_1, l_2$ y μ ; $t = t_1 - T_0$ (en horas decimales), y $T_0 = 19$ h TDT
 Circunstancias en el momento del eclipse máximo:
 Instante = 14:22:26 UT
 Latitud: 38.2° N Altura del Sol: 71.1° Ancho de la sombra = 271.5 km
 Longitud: 45.0° W Acimut del Sol: 158.5° (a partir del norte) Duración central = 06m 04s

En el mapa de abajo se ve la trayectoria seguida por el eclipse a su paso por Turquía.



El intervalo de meridianos elegido es el que me permite trabajar en longitud sobre el espacio en el que hay total certeza que se pudo producir la batalla. Si observamos la trayectoria seguida por la línea de centralidad del eclipse vemos que entró en Turquía por el Estrecho de los Dardanelos, barriendo de forma transversal la península siguiendo una dirección noroeste sureste, pasando por las ciudades de Konya, Adana y cerca de Alepo en Siria. La anchura de la franja de totalidad, perpendicular a la misma en cualquier punto de su recorrido es de unos 235 km.

Fijándonos en el mapa anterior, donde se ve la franja de totalidad atravesando Turquía, observamos que Delice no está dentro de la misma, por lo que el eclipse que se dio fue parcial, aunque con un grado de oscurecimiento del Sol casi total. Ha llegado el momento de abordar las circunstancias locales del eclipse en la localidad de Delice. En este punto se pretende describir, en la medida de lo posible, el escenario astronómico que acompañó al eclipse en el momento de la batalla.



En la imagen de al lado se puede ver la morfología del terreno que atraviesa la carretera que une la ciudad de Kırkkale con la localidad de Delice. El punto rojo nos indica la posible zona en la que se pudo producir el enfrentamiento. Realizados los cálculos pertinentes, los resultados obtenidos sobre las circunstancias locales del eclipse fueron los siguientes:

Elemento a medir	Primer contacto	Eclipse máximo	Último contacto
Tiempo Universal	15 h 0 m 5,7 s	15 h 56 m 35,99 s	16 h 48 m 54,8 s
Tiempo local	17 h 16 m 5,7 s	18 h 12 m 36 s	19 h 4 m 54,8 s
Magnitud	0	0,962995471	0
Oscurecimiento	0	96,56 %	0
Ratio entre diámetros	-	1,064863869	-
Ángulo P	254°,622298	168°,977435	83°,1284875
Ángulo Z	201°,194676	118°,4029668	36°,490884
Ángulo paraláctico q	53°,4276226	50°,57446819	46°6376035
Altura del Sol	19°,5204663	9°,07317014	- 0°,13263064
Acimut del Sol	100°,643836	109°,0499441	117°,176044

Antes de centrarnos en la batalla, intentando hacer una descripción de la misma, basándonos en las circunstancias locales que rodearon al eclipse, y en los antecedentes previos que la condicionaron, como pudieron ser el contexto geopolítico de Asia Menor a comienzos del siglo VI A.C., las características propias de cada ejército enfrentado y de los protagonistas regios que la comandaron; es necesario aclarar que, aunque Herodoto y Clemente de

Alejandría citan a Ciaxares como rey de los medos y a Aliates por los lidios, otros autores clásicos como Cicerón y Eusebio de Cesarea se refieren al mismo Aliates y a Astiages, hijo de Ciaxares, como los reyes presentes en la batalla.

En lo que hay unanimidad es que el tratado de paz, firmado mediante el compromiso matrimonial entre Arienes, hija de Aliates, y Astiages se hizo efectivo cuando Ciaxares ya había muerto, por lo que su muerte debió de ocurrir poco después de la batalla del eclipse.

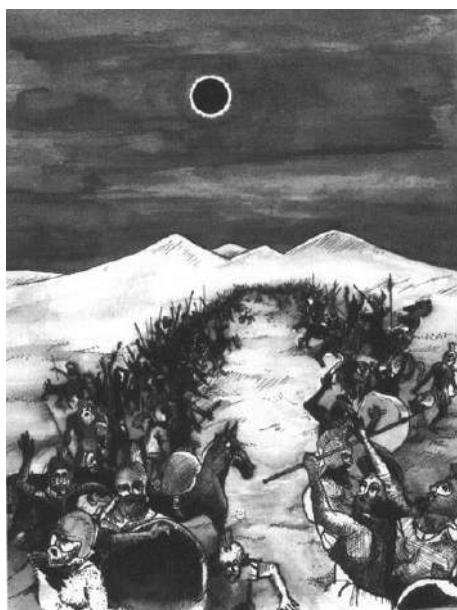
La batalla fue una más entre las muchas que se libraron en la guerra, con resultado dispar para ambos bandos. Lo que se estaba disputando en ella era el control de Asia Menor. Las fuerzas se encontraban equilibradas, Ciaxares "el Grande" controlaba la zona oriental de Anatolia, donde el poder asirio ya no existía desde la toma de las ciudades de Assur, en el 614 A.C., y la de Nínive en el 612 A.C., rematado con la derrota final de su último rey Assuruballit II en el 609 A.C.; más al norte, la toma de Tushpa, la capital del reino de Urartu en el 590 A.C., mientras que por el sur, su alianza matrimonial con el reino de Babilonia mediante el matrimonio de su nieta Amytis con Nabucodonosor II, el hijo de Nabopolasar, le habían dejado las manos libres para actuar por el oeste contra los lidios, sobre todo en la "zona de nadie" que representaba la región situada al oriente del río Halis, disputada también por el lidio Aliates.

Este rey había consolidado su poder, pues el reino de Frigia ya no existía, había logrado expulsar a los cimerios de su territorio, había firmado la paz con la ciudad de Mileto después de once años de guerra, y ganado para su causa al resto de ciudades griegas de la costa del mar Egeo, teniendo sus espaldas bien cubiertas en la retaguardia de su reino. Como además el reino de Cilicia (Khilakku) no interfería, pues su rey Siénesis había actuado como mediador en el tratado de paz, la partida bélicamente hablando se jugaría en el arco interior del río Halis, en el que la ciudad de Pteria (hoy ruinas de Kerkenes Dag) jugaba un papel esencial. Esta ciudad se había fundado a finales del siglo VII A.C., pero no se tiene certeza respecto al origen de su población, por un lado podía tener origen medo, pero por otro podía ser gente procedente de Frigia que emigró allí después de la destrucción de su reino a manos de los lidios sobre el 620 A.C.

Una prueba de que su población era foránea nos la aporta Herodoto (I, 76,2) cuando nos cuenta del trato diferente que dio Creso a los pterios de la ciudad, respecto a los sirios de los alrededores, cuando tomó Pteria (547 A.C.), al inicio de su enfrentamiento con Ciro el Grande. Pteria se encuentra a 93 Km en línea recta de Delice, equivalente a unos tres días de marcha para un ejército con su aparejo militar. Así mismo, Delice dista unos 50 Km de Kirikkale, el lugar por donde se pudo vadear el río Halis, a otras dos jornadas para otro ejército que hubiera pasado el río a las que habría que añadir una más, por lo menos, para poder poner los pontones que permitieran atravesar su corriente, ya que en esa época según nos cuenta nuestro historiador en (I,75,4) no existían puentes cuando lo atravesó Creso en su marcha hacia Pteria y, según la tradición griega, fue Tales quien dirigió los trabajos de desvío del cauce que permitiera atravesarlo al ejército.

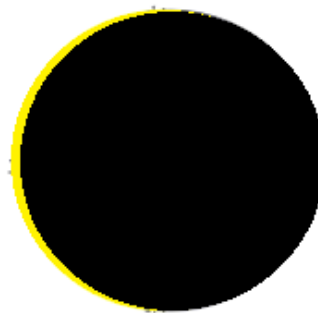
Todo este amplio preámbulo me pone en disposición de pensar que Aliates empezó su campaña anual en el mes de mayo, que atravesó el Halis por las actuales localidades de Elmedag o Kirikkale para después encaminar sus tropas valle arriba del pequeño río o torrente subsidiario del anterior, rodeado de suaves colinas hasta su cabecera. Llegado a ella y una vez pasada su parte más abrupta, siguió por el camino antiguo, atravesando un relieve más suave hasta su encuentro bélico con los medos de Ciaxares en los alrededores de Delice.

Por su parte Ciaxares, que se encontraría en Pteria, su bastión defensivo adelantado en la región, una vez que fue avisado por sus observadores dispuestos en la frontera del Halis, reunió sus tropas y fue al encuentro de los lidios. La llanura de Delice fue entonces el escenario de la batalla y del grandioso espectáculo del eclipse.



Las hostilidades se debieron iniciar por la mañana, con ambos ejércitos enfrentados, a un lado los lidios, un pueblo del que Herodoto nos dice que eran aguerridos y valerosos, que perfectamente alineados combatían a caballo provistos de largas picas; al otro lado los medos que después de la reforma que llevó a cabo Ciaxares, mediante la cual dividió el ejército en varios cuerpos, de lanceros, arqueros y caballería, siguiendo el ejemplo de la máquina militar que había sido el ejército asirio, cada cuerpo formando independientemente, y no como antes, que lo hacían desordenadamente y todos juntos.

La batalla prosiguió con muchas bajas por ambos bandos y sin ventaja para ninguno de ellos, hasta que ocurrió el eclipse. Este inusual fenómeno astronómico comenzó por la tarde, ya que el primer contacto entre la Luna y el Sol tuvo lugar a las 17h 16m 5s, localizándose este contacto sobre la superficie solar como a las cinco horas de un reloj mecánico, encontrándose el Sol en ese momento $19^{\circ},5$ por encima del horizonte oeste. Transcurrida una hora, a las 18h 12m 36s, con el Sol a $9^{\circ},07$ sobre el horizonte y con una superficie casi totalmente tapada por la sombra de la Luna, con un 96,56% oscurecido tuvo lugar el eclipse máximo. Es en ese momento cuando debió ocurrir lo que narra Herodoto, que el día se hizo noche, siendo posible incluso que se vislumbrara alguna estrella de primera magnitud, (el Sol se encontraba en esos días en la constelación de Géminis) o planeta sobre la Eclíptica. Esta visión debió de atemorizar a las tropas que dejaron de combatir y trataron, con más diligencia que de costumbre, sobre la paz. Los respectivos ejércitos retrocederían en sus posiciones hacia su retaguardia mientras que el eclipse empezaría a perder



intensidad y, poco a poco, volvía el día. El último contacto se produjo a las 19h 4m 54s, con la Luna saliendo de la superficie solar por un punto, como a las nueve y media de reloj. Este contacto, aunque hubiera podido verse, no sería visible, ya que el centro del Sol se hallaba $0^{\circ},1326$ por debajo del horizonte.

La duración total de todas las fases del eclipse fue de 1h 48m 49s, transcurriendo todo él en la zona noroeste del horizonte local.

Existe unanimidad entre los estudiosos que la notoriedad que adquirió este eclipse, tanto entre los contemporáneos al mismo como para la posteridad, se debe no tanto al suceso en sí mismo y su posterior repercusión sobre la guerra entre medos y persas, sino al asombro que provocó entre los griegos la predicción del eclipse por parte de Tales, no solo del año en que ocurriría sino también, según consta en algunos textos, el día en el que tendría lugar.

Es probable que el conocimiento que tuvo Tales de los registros de eclipses solares, llevados a cabo por los sacerdotes mesopotámicos desde épocas muy antiguas, le sirvieran empíricamente para su famosa predicción.

En cuanto al relato dejado por los autores clásicos sobre la predicción hay que hacer algunas consideraciones:

- La posible predicción debió de impresionar mucho a sus contemporáneos y a las generaciones siguientes. Esta impresión no la pudo producir el que Tales dijera solo que, en el futuro, se produciría un eclipse de sol, algo obvio y evidente, sino una declaración más espectacular como podría ser la predicción del año e incluso de la fecha del mismo. Esta predicción fue luego públicamente reconocida durante el arcontado de Damasías (582 / 581 A.C.).

- Plinio el Viejo, Diógenes Laercio y Herodoto aportan citas textuales e incluso el primero de ellos se atreve a fecharlo en el año 170 desde la fundación de Roma (583 A.C.), Aristófanes y Platón estaban impresionados por este logro, por el contrario, Aristóteles no creía que Tales hubiera predicho el eclipse.

En la actualidad, la investigación moderna oscila entre autores que creían que solo fue un mito, como afirmaban el helenista Thomas - Henri Martin en el siglo XIX y Otto Neugebauer en el XX y otros que, basándose en los eclipses que pudieron ser visibles en Asia Menor antes y durante la vida de Tales, distinguiendo en ellos las distintas magnitudes que tuvieron y analizando las características locales que fueron visibles en la ciudad de Mileto, pretenden ver la existencia de diferentes agrupamientos de eclipses que responderían a la existencia de determinados ciclos.

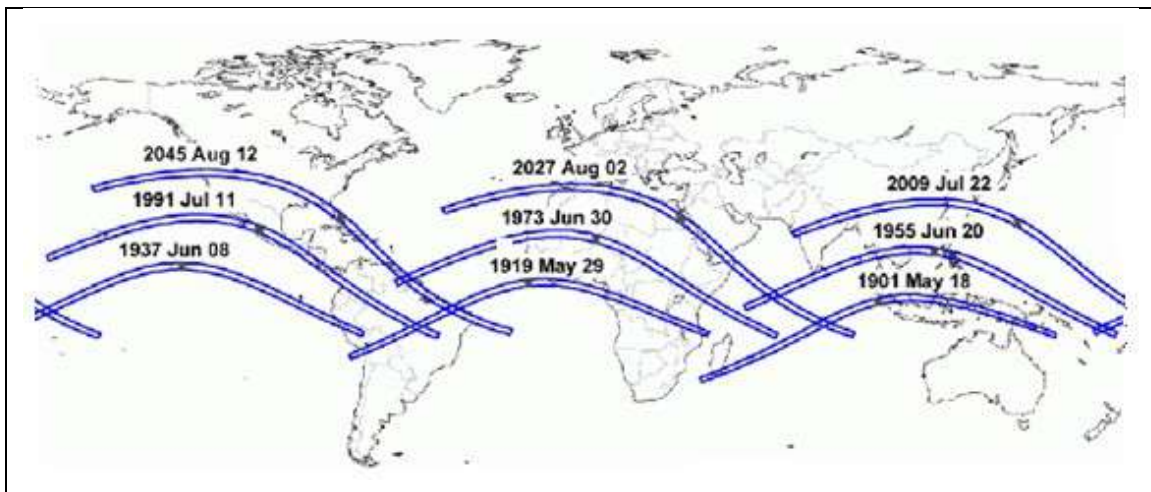
La conclusión a la que se llega es que en la antigüedad era difícil que los eclipses solares se pudieran predecir haciendo uso de distintos ciclos y que de haber utilizado alguno de ellos, los más probables habrían sido el saros y el exeligmo.

De los dos, el más conocido y antiguo aplicable a la predicción, sobre todo de los eclipses de luna, es el saros, un periodo que dura 6.585,3213 días, correspondiente a 223 lunaciones, después de los cuales los eclipses de sol y de luna se repiten con ligeras variaciones, ya que estas lunaciones equivalen a

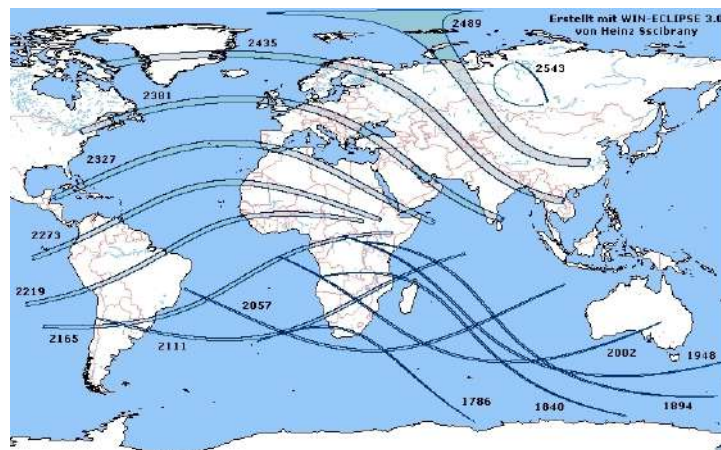
242 meses draconíticos y a 239 meses anomalísticos. Una lunación o mes sinódico (29,530588861 días) es el tiempo medio transcurrido entre dos sucesivas lunas llenas o nuevas, el mes draconítico (27,2122208 días) es el intervalo medio entre dos pasos de la Luna por el mismo nodo, ascendiente o descendiente, de su órbita. El mes anomalístico (27,55454987 días) es el intervalo de tiempo entre dos sucesivos pasos de la Luna por su perigeo.

Después de un saros se repetirá un eclipse homólogo, que ocurrirá una ocho horas más tarde durante el día correspondiente, por lo que la línea de centralidad estará 120° desplazada hacia el oeste y, por consiguiente también estará desplazada toda la región de visibilidad del eclipse.

En la siguiente figura se pueden ver los eclipses correspondientes al saros número 136 entre los años 1901 y 2045.



El exeligmo corresponde a un periodo de tres saros, por lo que el eclipse se repetirá casi a la misma hora del día, ya que los 120° , u ocho horas de tiempo, multiplicadas por tres nos trasladan al origen del anterior exeligmo. Cada uno de ellos dura 19.755,9639 días, aproximadamente 54 años y un mes, transcurridos los cuales, la línea central del eclipse se encontrará, más o menos sobre las mismas coordenadas geográficas, pero un poco desplazado hacia el norte o sur, según la estación en la que ocurra el eclipse, ya que el mes extra a los 54 años hace que el plano de la Eclíptica esté más alto o bajo sobre el horizonte local.



Existen otros ciclos, más largos o cortos, como el inex y el semestre y el mes sinódico, pero no van a ser tratados aquí, aunque el primero de ellos pudiera aportar algo más a la investigación en el presente trabajo.

Si a toda esta complejidad mostrada sobre la predicción del eclipse por Tales se le suman otros factores hasta ahora no tenidos en cuenta aquí, como la existencia o no de unas condiciones meteorológicas y astronómicas adecuadas para cada eclipse, o las circunstancias locales que tuvieron lugar (hora local, la altura y acimut del Sol, etc.) me inclinan a ser aún más escéptico y menos crédulo al respecto de lo que nos han transmitido los textos.

Este comentario pone fin a este trabajo sobre "La batalla del eclipse", como se la conoce en la historiografía y, por extensión también, al trabajo monográfico sobre arqueoastronomía. En un principio lo dividí en tres bloques de contenido más un apéndice final que era la batalla. He intentado describirla tal como yo me la imagino después de mucho trabajar sobre ella, así como sobre todos los demás trabajos. Todo resultó más fácil pues muchos de los escenarios descritos los he visitado a lo largo del tiempo como turista, y siempre me quedan, por lo menos, los recuerdos y las sensaciones.



ApEA, la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, nació en 1995 para acoger a todas las personas que se dedican a la enseñanza de la Astronomía en centros educativos, planetarios, museos de la ciencia, agrupaciones de aficionados y clubes de estudiantes.

ApEA engloba a todos los interesados en la enseñanza de todos los niveles educativos reglados -desde la enseñanza primaria hasta la universitaria- así como los no reglados. También organiza reuniones de formación para sus socios y publica materiales de interés didáctico, como la presente colección.

Más información en www.apea.es

