

Las Estrellas de Zacuto

Miguel García Ferrández

Revisión de Octubre de 2009

El texto de Zacuto, que se refiere a las estrellas fijas, sorprende por varias cuestiones. En especial destacan las denominaciones de las estrellas, y los datos astronómicos que incluye sobre ellas.

Las denominaciones de las estrellas son en su mayoría descriptivas: La mano de la virgen, el buitre cayente, el que lleva el freno, etc. Sólo algunas aparecen con sus nombres actuales (Las Pléyades, Aldebarán). O, siquiera, con nombres propios de la época (Thabor, Algumeça). Esto es menos extravagante de lo que parece, si consideramos que los nombres actuales son, en su mayoría, las expresiones árabes, griegas o latinas, para nombres comunes.

La primera dificultad con que tropezamos, en su día, fue la de identificar a qué estrellas, en términos de los identificadores modernos, se está refiriendo Zacuto. El problema se resolvió combinando un poco de investigación etimológica, repasando los mitos de los catasterismos, y un bastante de Astronomía de Posición. Los casos que resultaron más críticos se comentarán después de revisar los datos astronómicos que aporta Zacuto.

Los datos astronómicos, de cada una de las estrellas que comenta, son también peculiares. En esta descafeinada era de grados eclípticos, donde todo se refiere al plano de la órbita terrestre, y la tridimensionalidad de la esfera celeste se ha diluido hasta casi desaparecer de la práctica astrológica, el texto de Zacuto sorprende por su exquisitez geométrica: Las estrellas fijas ¡ascienden, culminan, y se ponen, con distintos grados del Zodiaco!

Esto no es algo nuevo, para cualquiera que entienda un poco la estructura de la bóveda celeste. Pero constituye una sorpresa (hablo como testigo presencial de ese tipo de reacciones) para la mayoría de los estudiantes de Astrología, que no son geómetras.

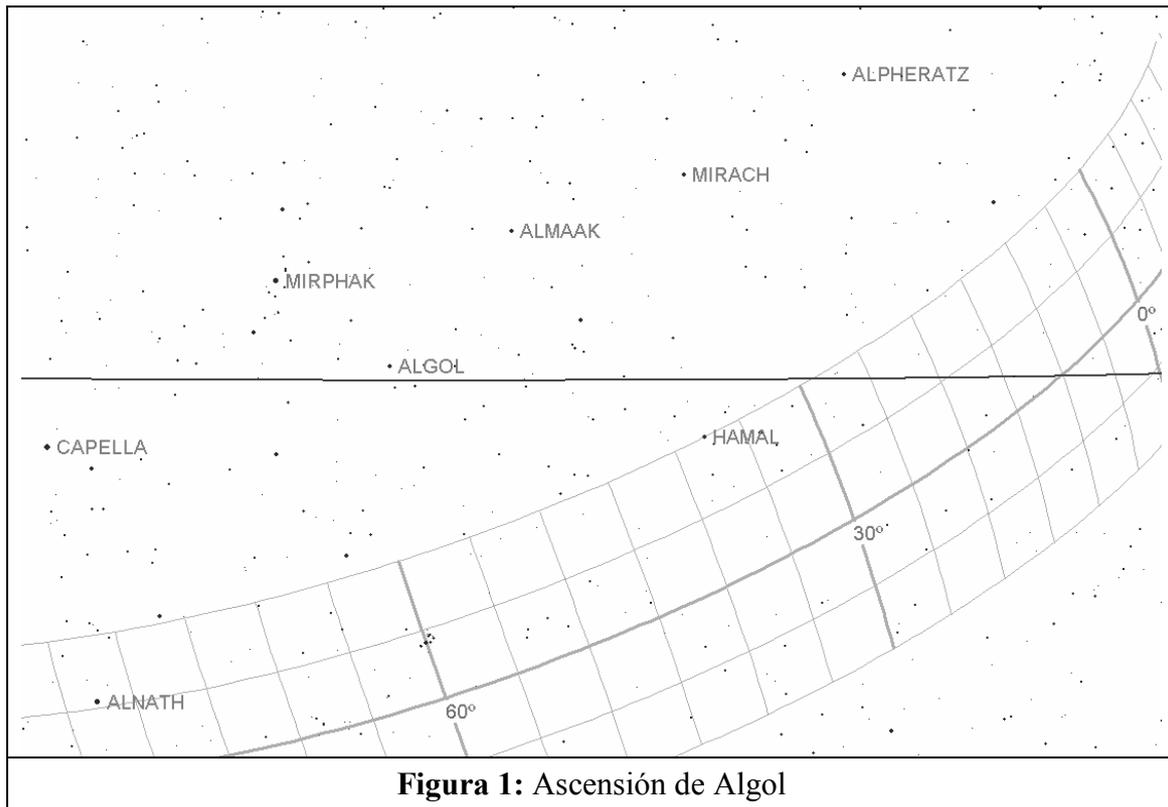
Consideremos un ejemplo cualquiera, de la lista de estrellas fijas de Zacuto.

La cabeza de Algol [que] quiere decir el diablo, ... pasa por el cenit ... con 14° de Tauro; por el Ascendente 15° de Piscis; en el occidente con 12° de Géminis ...

Notemos, en primer lugar, la descripción: La estrella beta de Perseo es *la cabeza del diablo*, no “el diablo” (al-gul, en árabe) como la llamamos ahora. Es una referencia explícita y literal al mito de Perseo. Perseo lleva la cabeza de Medusa (el demonio, el monstruo), no al monstruo entero, naturalmente.

El porqué de estos distintos grados de angularidad de Algol, se debe a que la estrella no está sobre la eclíptica. Algol tiene una latitud eclíptica de 22° 21' Norte, una separación en el cielo que, con el brazo extendido, supone casi palmo y medio de distancia al plano del Zodiaco, en línea recta.

Sigamos las posiciones de Algol, desde su salida hasta su puesta. En la Figura 1 se muestra el horizonte del Este, la línea central, unos minutos después de la salida de Algol. La banda cuadrículada, que asciende desde abajo a la izquierda, cubre 20 grados en torno a la Eclíptica.



Cada cuadrícula tiene cinco grados de lado, lo que nos permitirá realizar estimaciones de distancias angulares, sin abarrotar de datos el dibujo. Reconoceremos, probablemente, un grupito de estrellas con forma de *F* mayúscula tumbada, abajo a la izquierda. Son las Pléyades. En la fecha escogida para trazar este gráfico, están cruzando la separación entre Tauro y Géminis, sobre la marca de los 60° zodiacales.

Si contamos cuadrículas sobre la Eclíptica hacia la derecha, el grado ascendente está sobre los 10° de Aries. La posición zodiacal de Algol, que es el pié de la perpendicular a la Eclíptica, desde el punto que ocupa Algol, se sitúa entre los 25° y los 26° de Tauro. Resulta patente que Algol sale mucho antes que su grado eclíptico.

En la Figura 2 se muestra el meridiano local en el momento en que lo cruza la estrella. Dicho meridiano corta a la Eclíptica muy cerca de los 20° de Tauro. Que, comprobamos de nuevo, no es la posición zodiacal de Algol, que queda más a la izquierda.

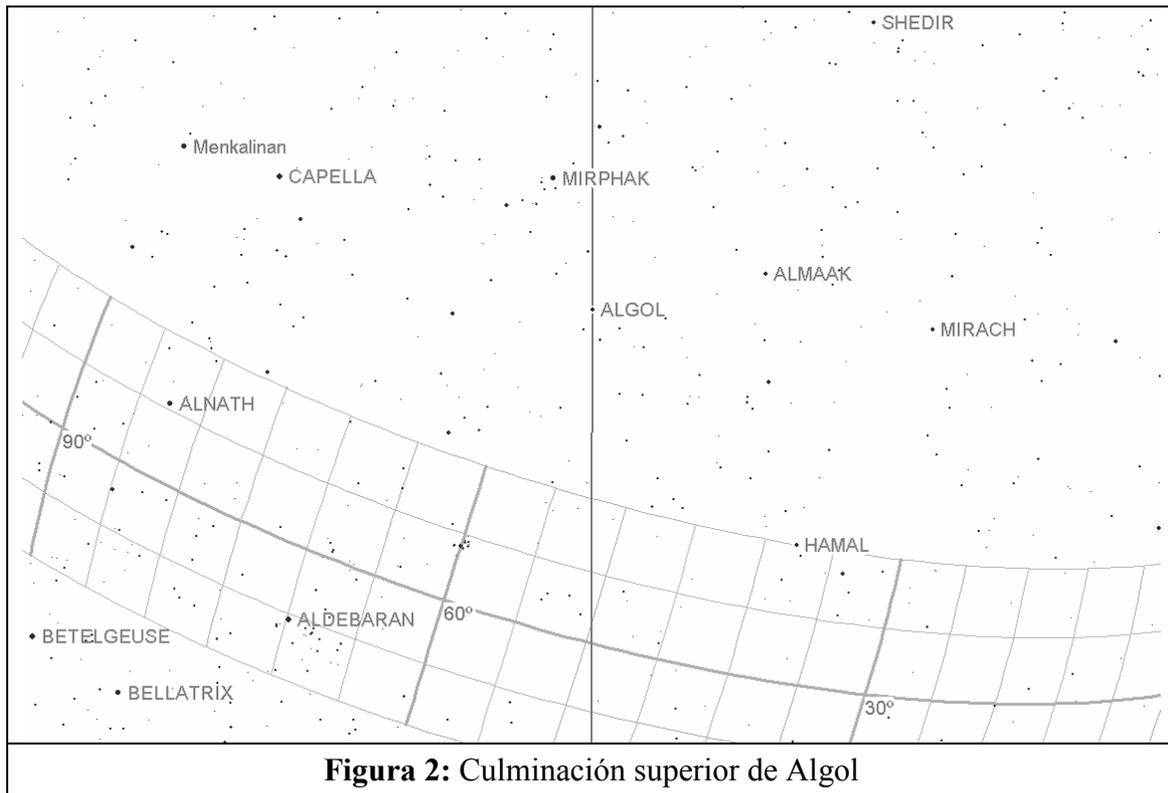


Figura 2: Culminación superior de Algal

Por último, en la Figura 3, Algal está a punto de ocultarse por el horizonte del Oeste. El grado del Descendente, en ese momento, corresponde a 11° y pico de Géminis, un poco más arriba y a la derecha, en el dibujo, de la posición de Aldebarán. El grado zodiacal de Algal se puso hace ya un buen rato.

La culminación inferior de Algal repite la geometría de la culminación superior, por lo que no se ilustrará aquí.

Resumiendo, las estrellas no tienen las mismas angularidades que sus grados zodiacales, por la simple y geométrica razón de que, la inmensa mayoría de ellas, no están sobre la Eclíptica. En particular, no lo están las estrellas brillantes de las que se ocupa Zacuto.

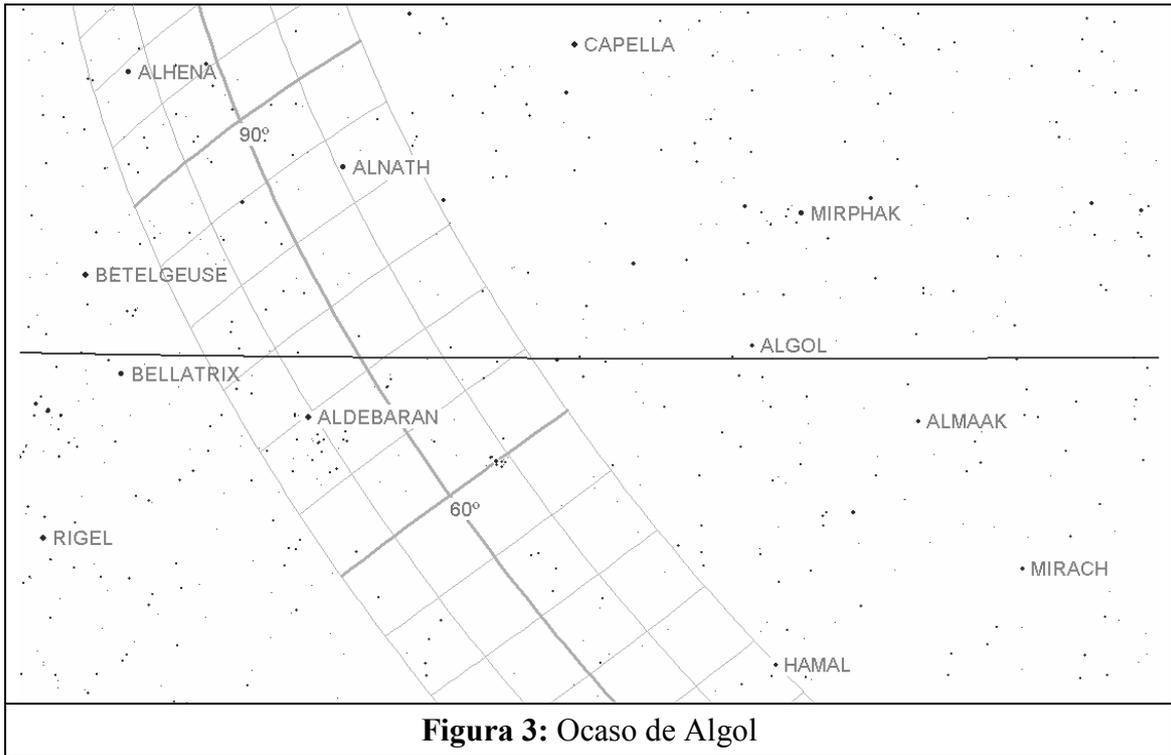


Figura 3: Ocaso de Algor

Pasemos a discutir los datos astronómicos particulares, de las estrellas que considera Zacuto. Dicha discusión se apoyará en la tabla siguiente:

estrella	N	declin	Z	culminación	Z	ascensión	Z	ocaso	ZZ
Per Bet ALGOL	5	39 N 9	41 N	12 Tau 5.6	14	18 Pis 40.6	15	7 Gem 5.2	12
Eri The1 ACAMAR	1	42 S 9	41 S	12 Tau 40.8	16	22 Can 12.2	22	19 Pis 47.2	25
Per Eta Miram	2	53 N 56	56 N	6 Tau 47.9	6	na		na	
Tau Eta ALCYONE	3	22 N 38	23 N	22 Tau 30.0	22	16 Tau 23.2	15	26 Tau 0.3	26
Tau Alp ALDEBARAN		15 N 31	16 N	4 Gem 24.0	4	10 Gem 52.6	10	29 Tau 51.7	*
Aur Alp CAPELLA	5	45 N 24	45 N	12 Gem 13.9	13	12 Ari 17.1	16	22 Can 7.9	21
CMa Alp SIRIUS		16 S 16	16 N	5 Can 38.3	6	6 Leo 12.3	6	3 Gem 28.3	4
CMi Alp PROCYON		6 N 14	6 N	17 Can 14.7	18	29 Can 58.2	**	1 Can 29.7	2
Leo Alp REGULUS		14 N 11	14 N	23 Leo 34.4	23	23 Leo 12.2	23	24 Leo 18.1	23
Leo Bet DENEbola		17 N 7	17 N	20 Vir 33.0	20	10 Vir 45.2	11	12 Lib 34.0	11
Vir Alp SPICA		8 S 45	9 S	16 Lib 34.1	16	18 Lib 8.8	18	13 Lib 5.3	13
Boo Alp ARCTURUS	6	21 N 20	22 N	0 Esc 39.7	1	6 Lib 32.9	6	11 Sag 28.5	12
Sco Alp ANTARES		25 S 21	25 S	2 Sag 25.3	2	6 Sag 37.4	6	25 Esc 55.1	26
Lyr Alp VEGA		38 N 24	39 N	4 Cap 55.2	4	9 Esc 45.6	9	28 Acu 34.1	28
Aql Alp ALTAIR	6	7 N 44	7 N	20 Cap 27.9	20	23 Sag 23.8	23	12 Acu 23.3	11
Cyg Alp DENEb		43 N 38	44 N	4 Acu 4.0	5	23 Esc 46.2	24	3 Ari 6.1	5
Equ Alp Kitalpha	4	3 N 22	4 N	10 Acu 44.0	11	17 Cap 24.5	17	25 Acu 41.0	27
PsA Alp FOMALHAUT	5	32 S 4	35 S	6 Pis 17.6	6	20 Ari 25.5	28	16 Acu 33.5	13

NOTAS:

El número de cada nota, que desarrollaré a continuación, figura en la segunda columna (N) de la tabla anterior. La última columna (ZZ) hace referencia al grado zodiacal aportado por Zacuto.

Los datos de la tabla están calculados para el 1 de Enero de 1540. Zacuto dice que los grados que consigna, para las posiciones de las estrellas, estarán “de aquí a setenta años”. No queda muy claro si quiere decir que son válidos desde que los publica hasta 70 años en el futuro, o que serán exactos setenta años después de la publicación. Como quiera que sea, considerando los márgenes de error que comentaremos, no tiene mayor importancia. Se ha elegido una fecha centrada aproximadamente en el periodo probable de aplicación.

Lo que sí cabe comentar es que se equivoca, después de esta afirmación, cuando dice que “y después de setenta años se cambian al grado anterior” Porque lo que ocurre, setenta años después, es que el punto vernal se ha desplazado un grado con respecto a las posiciones de las estrellas, retrogradando. Los grados de esta tabla, que dependen de la posición de las estrellas, se incrementan con el paso del tiempo, no disminuyen. Es decir, los grados se cambian al grado *posterior* cada setenta años (aunque esto es sólo una aproximación grosera). O se trata de un error del copista, que veremos que comete otros.

Junto a cada columna de datos astronómicos precisos, se incluye en esta tabla, en forma abreviada, el dato aportado por Zacuto, lo que nos permitirá discutir la finura de los cálculos que realizó. Las discrepancias más significativas se comentan en las notas siguientes. De hecho, como veremos, los cálculos de Zacuto son mejores de lo que puede parecer a primera vista, explorando esta tabla.

En la última columna de Aldebarán, marcada con *, Zacuto dice “principios de Géminis” lo que está bastante ajustado al dato exacto. Así mismo, en la columna de ascensión de Proción (marcada con **), Zacuto anota 1° de Leo, que también está muy próximo al valor exacto.

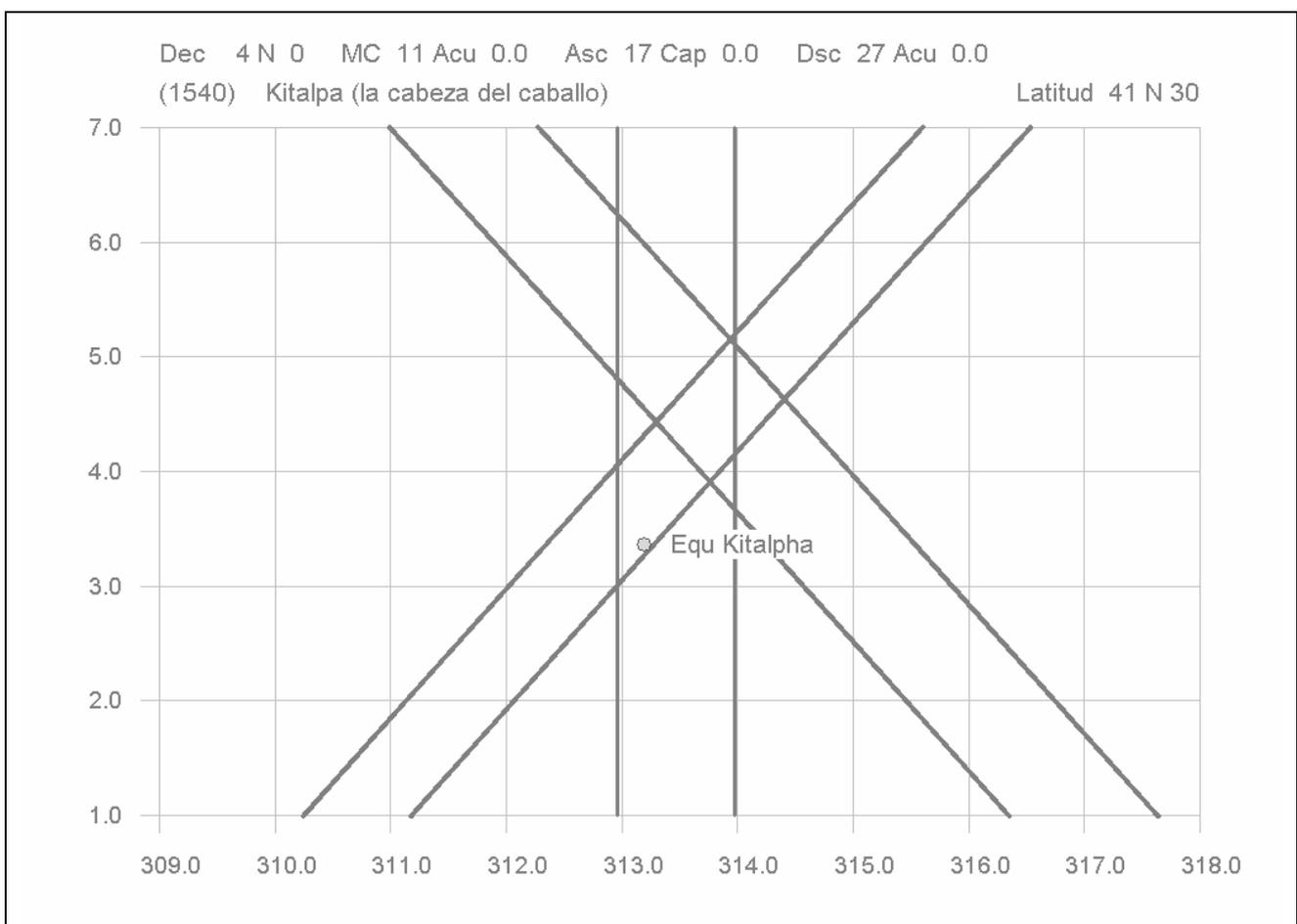
1.- El “fin del río” en palabras de Zacuto, se refiere al fin *visible* del río (Eridano) desde las latitudes de España. La estrella Achernar, conocida actualmente como *el fin del río*, no era visible desde aquí. Y continúa sin serlo. Véase, además, la nota 5.

2.- Esta estrella no asciende ni se pone en nuestras latitudes, por lo que los datos correspondientes a las columnas de *ascensión* y *ocaso* no son aplicables (*na*). Miram fue la última estrella que identificamos correctamente. La historia de este episodio de la investigación se resumirá después de discutir la precisión de los datos y los cálculos de Zacuto. Véase la nota 8.

3.- En el grupo de las Pléyades, compuesto por siete estrellas principales, que cubren una zona de algo más de un grado, la más brillante es Alcyone. Se incluye aquí como representante del grupo.

4.- *El misterio de Kitalpa*: Zacuto se refiere a “la cabeza del caballo”. Hasta que despejamos esta incógnita, teníamos el dilema de decidir entre Pegaso, el gran caballo alado de los cielos, y Equuleus, el caballito; una constelación insignificante, cercana a Pegaso.

La parte más técnica del misterio se esclareció recurriendo al gráfico siguiente:



En este gráfico se representa un fragmento relevante del Cielo, en coordenadas de Ascensión Recta (eje horizontal) y Declinación (eje vertical). En los mapas celestes, al contrario que en éste, la

ascensión recta se traza incrementándose hacia la izquierda de los gráficos. Una cuestión irrelevante para los propósitos de esta herramienta.

En la parte superior se recogen los datos de Zacuto, para “la cabeza del caballo”. Como las estrellas “derivan” con respecto a los grados astronómicos, por efecto de la precesión de los Equinoccios, la fecha para la que se calcula este gráfico es relevante: Es el año que figura entre paréntesis, antes del nombre de la estrella.

Pretendemos identificar a qué estrella se refiere Zacuto. Y, para ello, se han trazado tres grandes bandas circulares en el Cielo, que son las delineadas por las líneas gruesas: El meridiano de la culminación del grado 11 de Acuario ($\pm 0.5^\circ$), que es la banda vertical centrada en el gráfico; el gran círculo del horizonte correspondiente al momento en que asciende el grado 17 de Capricornio ($\pm 0.5^\circ$), que es la banda inclinada que cruza el gráfico, subiendo desde la izquierda; y, por último, el gran círculo del horizonte, que corresponde al ocaso del grado 27 de Acuario.

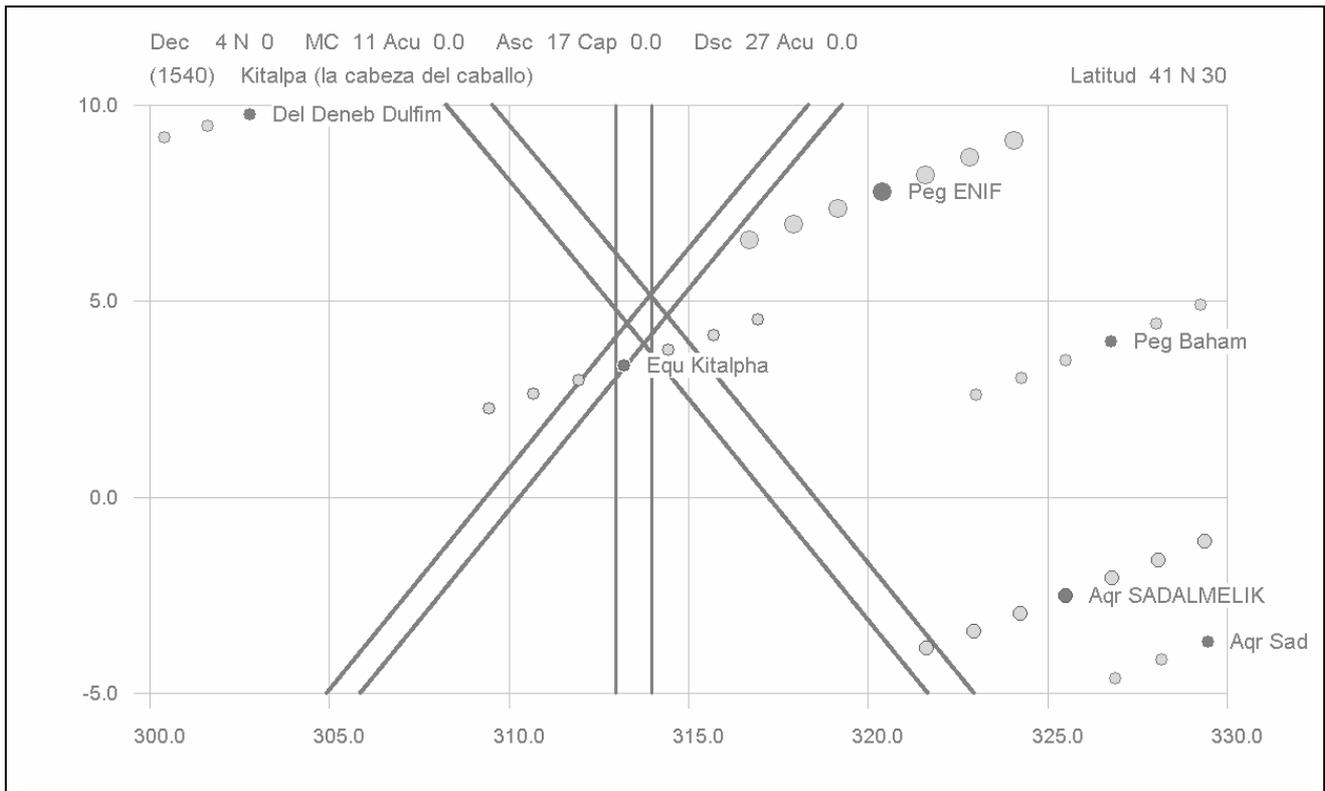
El meridiano de culminación de un punto de la esfera celeste es independiente de la Latitud geográfica de la observación. No ocurre así con el horizonte (de ascensión o de ocaso de un astro). Y por eso, la Latitud geográfica interviene en el trazado de este gráfico. Es el dato que figura a la derecha de la cabecera. La elección de 41 grados, 30 minutos Norte, se comentará después (véase la nota 7).

Lo más llamativo de este gráfico (para quien conoce los entresijos de la Astronomía computacional) es que las tres bandas se corten (casi) en un punto. Esto sólo es posible mediante un cálculo cuidadoso de la geometría de las culminaciones, los ortos y los ocasos: Zacuto calcula bastante bien (esta coincidencia se repite con los datos de las otras estrellas).

Hay que añadir, en su beneficio, que al consignar los datos en grados enteros, sin minutos, se le puede conceder aún algo más de margen para el error. Y considerando que, la ascensión y el ocaso observables de las estrellas, se ve fuertemente afectado por la refracción atmosférica y las irregularidades del horizonte, precisar al minuto sería inútil. Más aún, las tablas de posiciones de las estrellas (que usaba probablemente Zacuto) tampoco son demasiado fiables.

Al aplicar esta herramienta al problema de la cabeza del caballo, observamos que la única estrella (relacionada con caballos) que queda cerca del punto identificado por los datos de Zacuto es la alfa Equuleus, Kitalpa, la cabeza del *caballito*.

Las estrellas de Pegaso que quedan cerca, están demasiado lejos. Ni siquiera considerando la precesión del punto vernal, resulta plausible que la estrella que nos ocupa fuese otra que Kitalpa. En el gráfico siguiente se muestra un fragmento mayor de Cielo, con las trazas de “deriva precesional” de las estrellas. Cada punto, sobre la traza de una estrella, representa posiciones separadas 100 años en el tiempo.



Una vez identificada la estrella, persiste un segundo misterio ¿porqué la elige Zacuto?

La lista de Zacuto está compuesta por estrellas brillantes y claramente notorias. Casi todas son las *alfa* de la correspondiente constelación. Y, aunque esta denominación con letras griegas sea posterior (Bayer, alrededor de 1600), está claro que son las estrellas principales de sus grupos.

Kitalpa es la cabeza de su constelación, pero es una estrella de magnitud 3.92. Y, como ya dije, en una constelación insignificante. A lo breve, apuntaré una conjetura: Las angularidades de Kitalpa corresponden a los cuartos de la “aguja horaria” que dibuja en el Norte la constelación de la Osa Menor. Pero no es este el lugar donde explorar dicha conjetura, que adolece, además, de un defecto: Las angularidades de horizonte local (las ascensiones y ocasos) cambian con la Latitud geográfica.

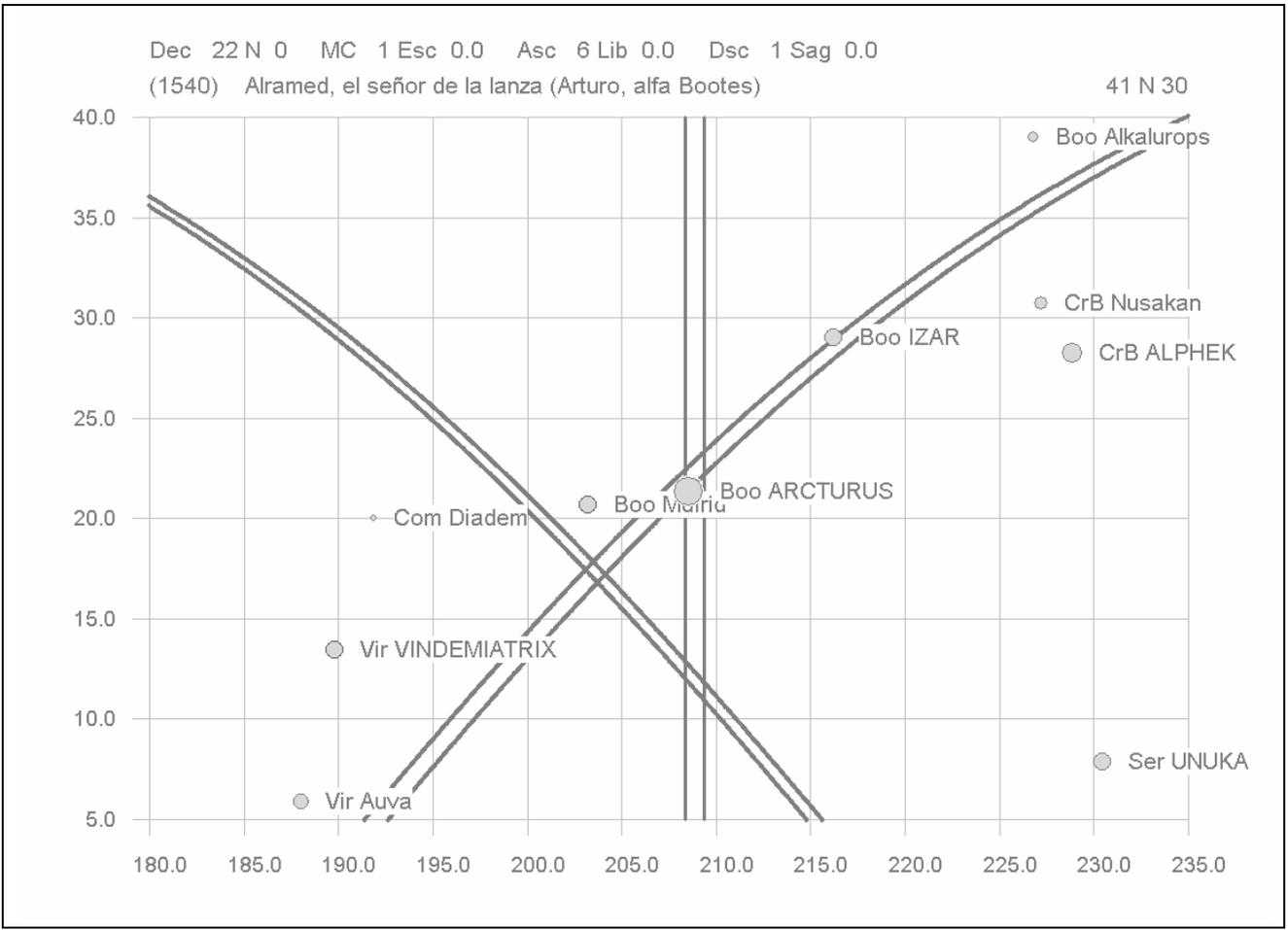
5.- Antes de comentar el caso de Arturo y Altair, en la siguiente nota, observemos que en las líneas de la tabla, correspondientes a Algol, Capella y Fomalhaut, los grados zodiacales de co-ascensión y co-ocaso (con la estrella) tienen cierta discrepancia. Curiosamente, este descuadre señala hacia la habilidad de Zacuto, y no en dirección contraria.

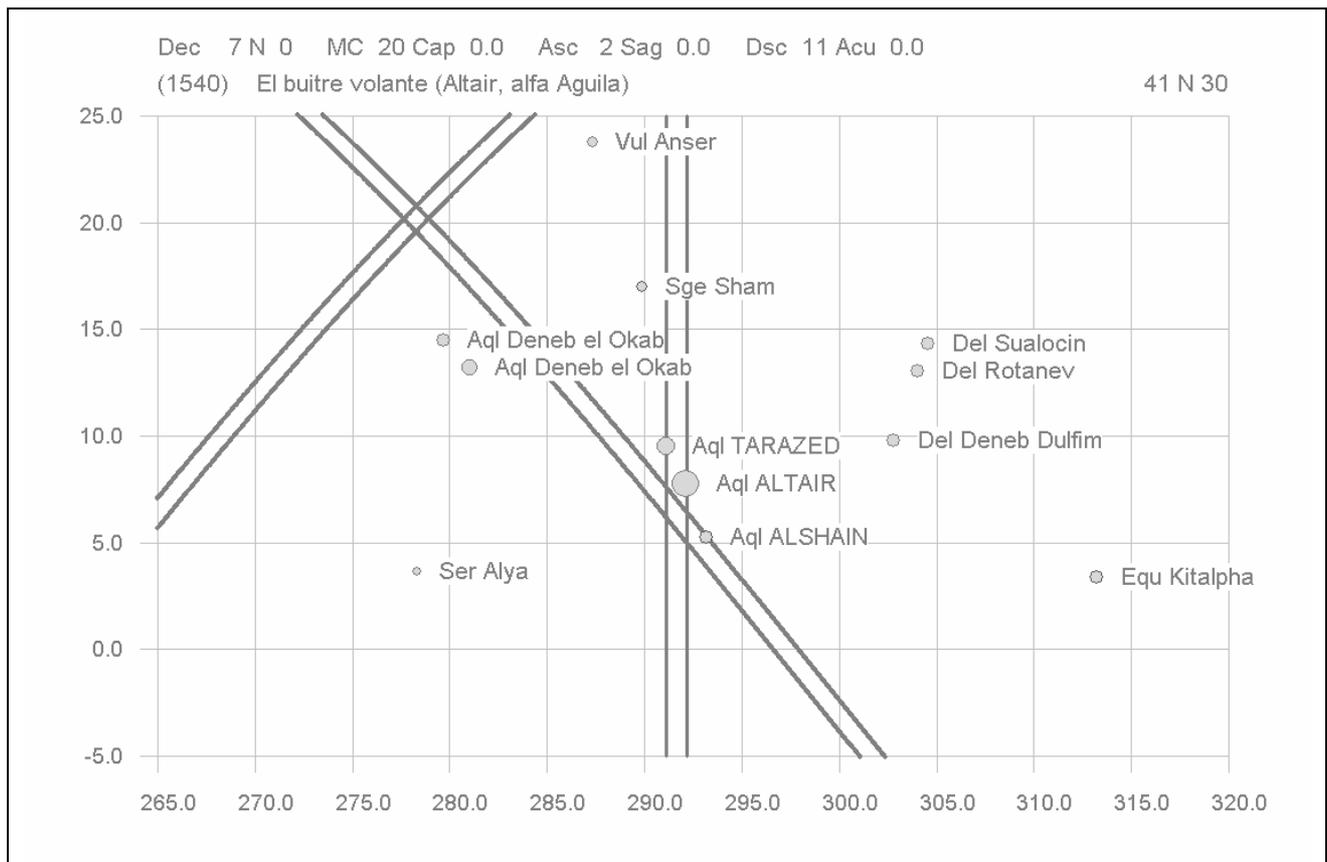
Si calculásemos los correspondientes grados, en el caso de Algol por ejemplo, de un punto con la ascensión recta adecuada (41.5°, la culminación de 14° de Tauro), y declinación de 41° N exactos, obtendríamos los mismos valores que Zacuto. El descuadre procede de la inexactitud de las posiciones, de las estrellas que utiliza Zacuto, y no de su incompetencia calculando.

Las discrepancias numéricas, en el caso de Acamar, se explican también así. Para la declinación y el Medio Cielo que da Zacuto, el correspondiente punto del Cielo asciende, y se pone, con los grados por él señalados.

6.- El manuscrito parece indicar que el grado zodiacal de ocaso de Arturo es el 1° de Sagitario. Así mismo, del manuscrito se infiere que el grado de ascensión de Altair es el 2° de Sagitario.

Los gráficos correspondientes a estos dos casos, con los grandes círculos que describimos anteriormente, son los siguientes:





Ahora bien, de las diecisiete estrellas de la tabla, que ascienden y se ponen (descontamos Miram, que nunca se pone en España), sólo estas dos muestran semejantes errores de puntería. Los tres grandes círculos deberían cortarse en un punto. Y ocurre así en quince de las estrellas.

Más aún, en el caso de Arturo, la línea de culminación corta a la de ascensión en la declinación 22° Norte, de acuerdo con lo que dice Zacuto de esta estrella. Esto apunta a que es la línea de ocaso la que no concuerda.

En el caso de Altair, la línea que se descoloca es la de ascensión. En ambos casos, son las líneas correspondientes a los valores discrepantes de la tabla.

La única explicación plausible es que Zacuto calcula bien (ya lo hemos repetido unas cuantas veces), y que se trata de un error del copista, o de una corrupción del manuscrito, que lo hace difícil de interpretar correctamente. Es decir, en ambos casos, *se ha perdido un dígito*, en el dato pertinente.

Las cifras correctas, que deberían figurar (¿originalmente?) son **12** [de Sagitario] y **23** [de Sagitario], como se recoge en la tabla. Diecisiete aciertos, de diecisiete.

7.- ¿Dónde? (Y, ¿cuándo?): El orto y el ocaso de un cuerpo celeste, esté o no en la Eclíptica, depende no sólo de su posición sobre el fondo de estrellas, sino también de la latitud geográfica desde donde se observa.

Si el cuerpo no está en la Eclíptica, los grados zodiacales de co-ascensión y co-ocaso, se desvían más o menos del grado zodiacal del cuerpo, dependiendo de la latitud geográfica del observador.

Así pues, los valores en las columnas de ascensión y de ocaso, de la tabla de estrellas, dependen de la latitud geográfica para la que se calculan.

Además, las posiciones de las estrellas se deslizan, lenta pero inexorablemente, con respecto a los sistemas de coordenadas astronómicas (sea el ecuatorial, de ascensión recta y declinación, sea el eclíptico, de posición zodiacal y latitud eclíptica), por efecto de la precesión de los Equinoccios. Véase la segunda ilustración de Kitalpa.

Por lo tanto, las dos cuestiones que encabezan esta nota son relevantes, a la hora de evaluar la tabla de angularidades de las estrellas.

El “cuándo” no puede concretarse con la información que aporta Zacuto, habida cuenta de las inexactitudes de las posiciones de las estrellas, y de que Zacuto anota los grados enteros, sin minutos, que obtiene como resultado de sus cálculos. La fecha de 1540 se obtuvo por un ajuste semiempírico, que minimiza (a ojo) las discrepancias de las posiciones. En cualquier caso, intentar precisar más es irrelevante, a tenor de lo comentado.

La cuestión del “dónde” debe resolverse de alguna manera. Y el gráfico, que hemos venido utilizando, es la herramienta imprescindible.

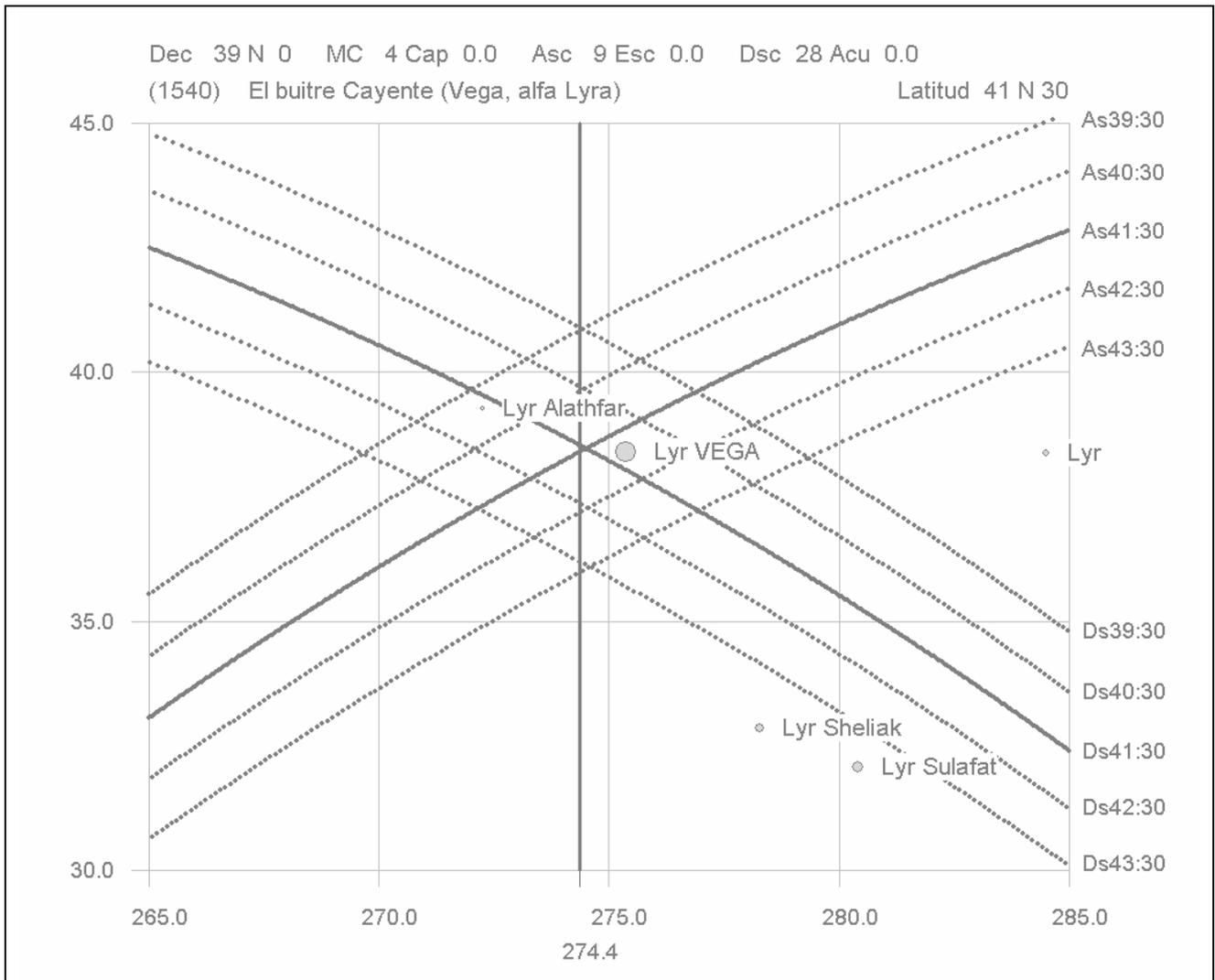
Al lector más versado en cuestiones de Astronomía geométrica, tal vez no le haya pasado desapercibido que dicho gráfico es redundante. Si deseamos localizar un punto en el Cielo, basta con saber su ascensión recta (que se deduce con facilidad del grado zodiacal de culminación) y su declinación. Ambos datos están disponibles en el texto de Zacuto.

Sin embargo, la redundancia es la clave que asegura que un mensaje se transmita con fiabilidad por un canal con ruido (consecuencia del celebrado *Teorema de Shannon*, de la Teoría de la Información). Y hemos visto que el manuscrito de Zacuto es un canal ruidoso, porque evidencia la acumulación de errores de transmisión (transcripción, en este caso).

Los datos de ascensión y ocaso de las estrellas proporcionaron la redundancia necesaria para que el mensaje nos llegase con fiabilidad. Y, en correspondencia, los hemos utilizado para verificar (con éxito) los datos en cuestión.

Además, como hay redundancia de sobra, podemos descifrar la cuestión del “donde”. En el gráfico siguiente se muestra cómo, la intersección de los tres grandes círculos de angularidad de un punto celeste, se desplazan por las proximidades la línea de culminación, dependiendo de la Latitud geográfica que se utilice para calcularlos.

As39:30 debe leerse como que ese sería el círculo de ascensión de la estrella (Vega), si la latitud del observador hubiese sido 39:30 Norte. Análogamente, el resto de las anotaciones del gráfico.



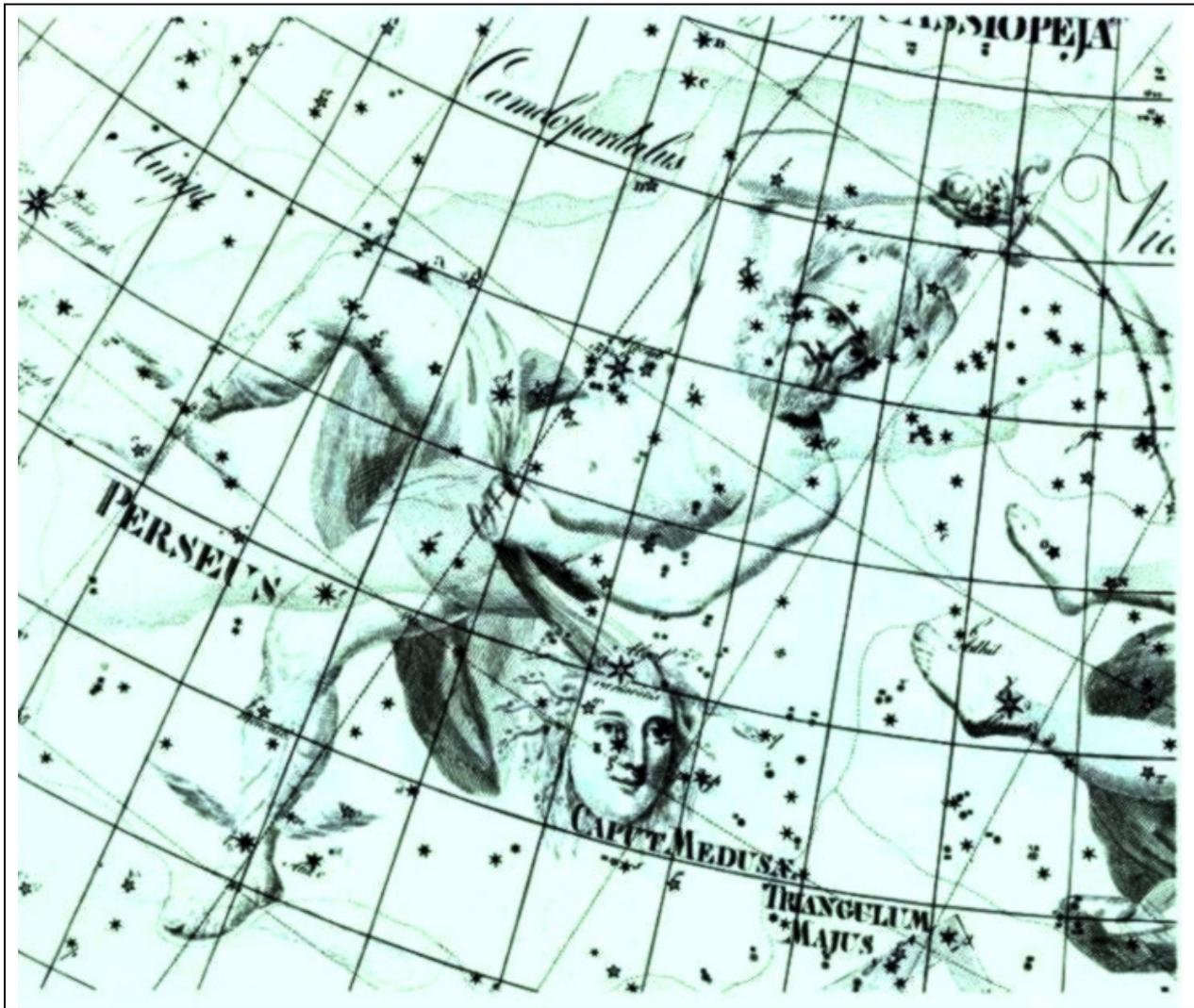
En vista de lo cual, podemos determinar la Latitud geográfica que mejor se ajuste al dato de declinación de la estrella (y de ascensión recta, deducida de la culminación), que aporta Zacuto.

Jugando con la Latitud, para cada una de las 17 estrellas que ascienden y se ponen, de la lista de Zacuto, en la mayoría se obtiene que, la latitud “mejor”, está muy cerca de $41^{\circ} 30' N$ (menos de 15 minutos de variación alrededor de este valor).

Lo más notable de este ejercicio detectivesco es que dicha latitud está muy próxima a la latitud geográfica de Zaragoza, donde Zacuto fue profesor de Matemáticas. La conjetura plausible es que efectuó los cálculos para Zaragoza (Latitud $41^{\circ} 39'$ Norte).

8.- *La identificación de Miram:* La descripción de Zacuto, de esta estrella, es “*la mano que lleva Algol*”, de la que dice que tiene 56° de declinación septentrional (Norte), que pasa por el Medio Cielo con 6° de Tauro, y que es de la naturaleza de Marte/Mercurio.

La primera candidata para esta estrella fue Mirfak, la alfa de Perseo. Por la razón que fuere. Tal vez mal orientados por el dibujo que de esta constelación hace Bode:



Si tomamos al pié de la letra el texto de Zacuto, la mano que lleva Algol, en esta ilustración, es la izquierda. La estrella más notable, cercana a dicha mano, es Mirfak. Aunque también es notable la delta de Perseo, como sabe cualquiera que ha observado esta constelación en el Cielo. Y está mucho más cerca de la mano que lleva Algol.

El problema es que la delta de Perseo tenía declinación 46° Norte (en 1540) y es blanco-azulada (clase espectral B5). Mirfak, con declinación 48° Norte, quedaba más cerca de lo que dice Zacuto, y es una estrella más importante.

Consideramos la posibilidad de que el manuscrito hubiese querido decir 46° Norte, pero, en ese momento de la historia, ya se habían levantado dudas sobre la eficacia de las indicaciones descriptivas de Zacuto. Al mismo tiempo, cada vez empezábamos a tener mayor confianza en los datos astronómicos (que no en las descripciones poéticas –o mitológicas-).

Para abundar en la desconfianza en las ilustraciones de los mapas celestes, observamos que si se consultan otros trazados de esta constelación, se advierten preocupantes discrepancias con el dibujo de Bode.

Así que, de vuelta a los orígenes de los mitos. En los *Fenómenos* de Arato, de donde parecen haber bebido las fuentes posteriores, se describe claramente *la diestra alzada* [de Perseo], *señalando a su suegra* [Casiopea].

En el *Lapidario*, se hace referencia a *una estrella cárdena, en el cabo de la diestra de Perseo, el que lleva a Algol*. Ahora tenemos información suficiente para conjeturar con mayor confianza.

Miram, la eta de Perseo, estaba en 1540 (y durante bastante tiempo, alrededor de esa época) rondando la declinación 54° Norte. De todas nuestras candidatas consideradas, la más cercana a la cifra de Zacuto.

Miran culminaba, en la época de Zacuto, con 6° de Tauro. Justo lo que dice él.

Miram es rojizo anaranjada (de donde procede, a buen seguro, su carácter de Marte/Mercurio). Y es la única estrella de este color en la zona.

Miram está en el extremo de la mano (pero la diestra, no la siniestra) de Perseo. Y, aunque sea menos brillante que sus vecinas, tiene nombre propio, lo que es un indicio de que se ha considerado una estrella digna de atención.

Sólo queda por explicar la literalidad del texto: *La mano que lleva Algol*.

Y la explicación puede ser más simple de lo que parece, habida cuenta de los quebraderos de cabeza que nos dio. El copista se comió una palabra. Lapsus de un tipo que se detecta repetidamente en el texto.

Si, originalmente, quiso decir *La mano [del] que lleva Algol* ...el misterio se explica por fin.