

FOTOMETRÍA CCD

17 LYRAE (I)

Francisco A. Violat Bordonau

Asesores Astronómicos Cacereños
Liga Iberoamericana de Astronomía
violat@olanet.net

El estudio de las estrellas dobles y múltiples, por lo general bastante mecánico y rutinario, a veces nos depara sorpresas muy agradables: es el caso de la estrella séxtuple óptica 17 de Lyra, de la cual he realizado sencillos estudios fotométricos en el intervalo 1996-2005; en este primer artículo presento los resultados del período 1996-2001.

En el año 1996 comencé en el Observatorio Astronómico de Cáceres (Cáceres, España) una campaña para el estudio de las estrellas múltiples, a veces mal llamadas **dobles** o **binarias** porque muchas de ellas están compuestas por dos astros. Este tipo de trabajo ha de efectuarse con mucha paciencia y pulcritud: con paciencia porque, salvo excepciones, no es fácil apreciar variaciones en el *ángulo de posición* (abreviado como AP) o en la *separación* de las componentes si no es en sistemas orbitales rápidos, los cuales suelen ser difíciles para los telescopios pequeños; y con pulcritud porque un estudio serio no puede permitirse el lujo de equivocarse en las mediciones...

Para eliminar el factor subjetividad en este trabajo comencé empleando una CCD modelo **SBIG ST-4** (de 8 bits) para pasar a utilizar una **Starlight**

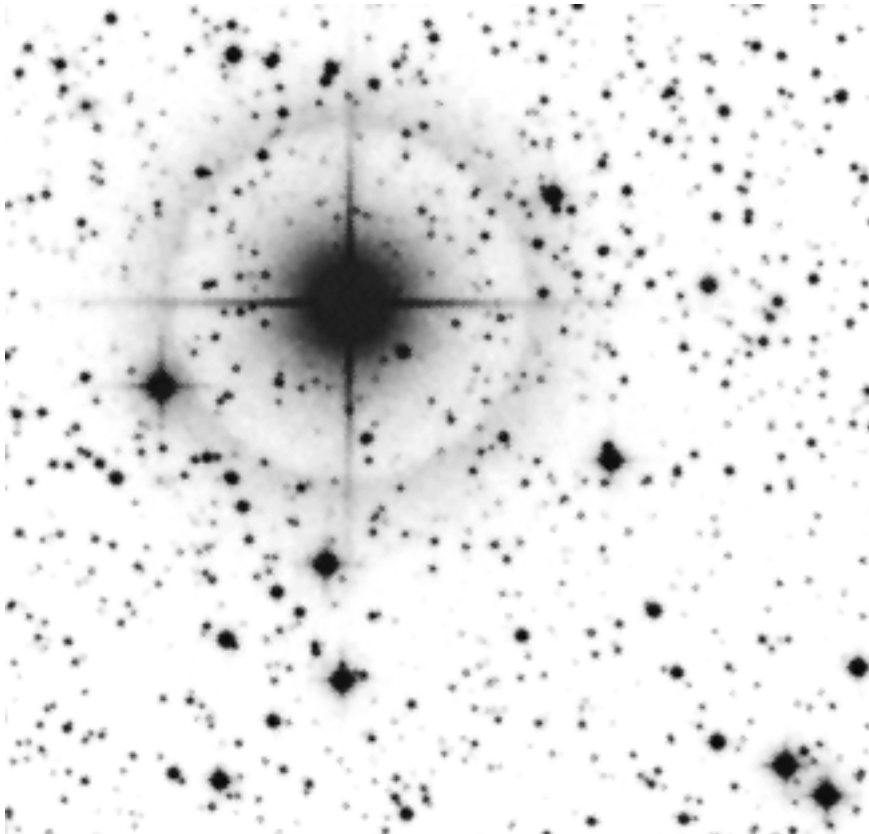


Figura 1. Vista de la estrella 17 Lyrae la noche del 17 de junio de 1950 (POSS).

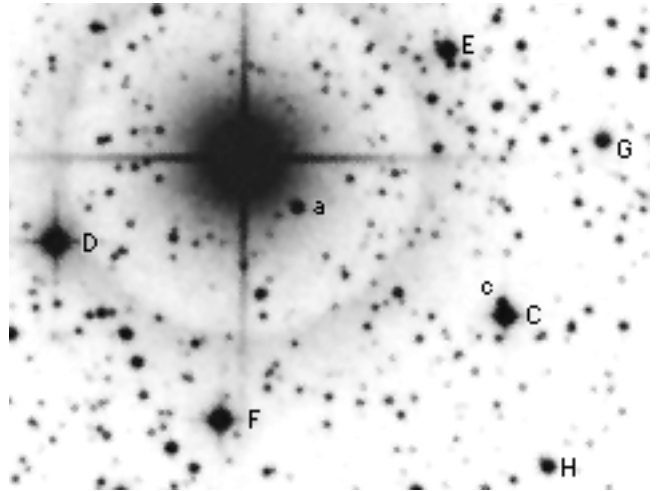


Figura 2. Denominación oficial de las componentes más importantes de la estrella múltiple 17 Lyrae. En todas las imágenes el norte está abajo y el este a la derecha.

Xpress MX516 (de 16 bits) acoplada a un telescopio catadióptrico **MEADE**, motorizado, de 203 mm de abertura y 2 metros de focal; en caso de necesidad podía acoplar un duplicador de focal para facilitar la captura de los astros en sistemas muy cerrados. Este equipo, con una resolución de 1.3"/píxel, nos permite desdoblar cualquier estrella múltiple a partir de los 2" si la noche no es excesivamente turbulenta y sus componentes no son de magnitudes muy dispares.

En noviembre de 1996 trabajaba de modo rutinario en la Lyra cuando tropecé con una estrella múltiple denominada **17 Lyrae**. Según el *Sky Catalogue* es un brillante astro con espectro dF0, distante unos 104 a.l. con 10 componentes cuyas magnitudes oscilan entre la 5.2^a (el astro principal) y la 12.5^a quedando entre ellas otras estrellas de la 9.1^a a la 11.6^a. Teóricamente casi todas ellas son asequibles y resolubles para este telescopio, aunque dos parejas (A-B y C-C') son difíciles al distar menos de 3" y tener magnitudes muy dispares; todas las demás distan entre 40 y 192" siendo, incluso para el estudio telescópico, fáciles de ver. Las mediciones oficiales más recientes eran de 1956 aunque para algunas los datos se remontaban a 1933-35; esto quiere decir que han pasado un mínimo de 38 años desde las últimas mediciones: con suerte podría detectar algún cambio en los parámetros de las distintas componentes de este sistema óptico.

Al emplear un detector CCD aparece el problema del deslumbramiento: un astro brillante oculta en la luz dispersa la presencia de otro más débil si éste se en-

Al emplear un detector CCD aparece el problema del deslumbramiento: un astro brillante oculta en la luz dispersa la presencia de otro más débil si éste se en-

cuentra demasiado próximo; afortunadamente en este sistema múltiple las distancias son tan amplias que incluso las estrellas más débiles (11-12^a magnitud) pueden aparecer en las integraciones más largas. Generalmente para resolver múltiples de 6^a-8^a magnitud empleo integraciones inferiores a un segundo, dependiendo del color propio de cada estrella; para capturar astros de magnitud 12^a se necesitan al menos 15 segundos con filtro V, lo que hace *engordar* excesivamente la estrella más brillante: afortunadamente en este caso los astros débiles distan bastante del principal y la saturación no les afecta demasiado.

Visualmente (x167 aumentos) 17 Lyrae aparece como una brillante estrella blanca como astro primario (denominado **A**) a cada lado del cual se pueden distinguir dos estrellitas débiles (**D** al noroeste y **E** al sudeste) de magnitudes 9.4^a y 9.5^a respectivamente, aunque en luz integral (sin filtro) **E** aparece mucho más débil que **D**. Bajo la principal aparece la estrella **F** (magnitud 9.1^a) que en luz integral es más débil que **D** pese a que según los datos oficiales es más brillante; según estos mismos datos sí debe ser algo más brillante que **E**, tal y como realmente aparece en la imagen digital de la figura 1. Primeras dudas: ¿es que **D** es una estrella roja para aparecer tan brillante en la toma?: la primera CCD (ST-4) era más sensible a la luz roja que a la azul, la actual (MX516) lo es al color verde; habría que comprobar su magnitud por medio de tomas con distintos filtros de color.

La estrella **F** es un astro que forma el vértice de un rombo de 4 astros similares es brillo. Este rombo, estudiado a gran aumento (x333), contiene al menos 8 astros de diferentes brillo que semeja un cumulo abierto; en este cumulo sólo una estrella, la citada **F**, aparece como componente de la estrella múltiple. Volviendo hacia el este regresamos a la estrella **E** cuyo brillo oficial es magnitud 9.5^a: algo al nordeste queda una estrellita de magnitud 10.8^a denominada **C**; con grandes instrumentos esta estrella, técnicamente conocida como **Kuiper 90** (o Gliese 747AB), es una binaria muy cerrada (0.33" en 1954) irresoluble para mi instrumental incluso en inmejorables condiciones. Pero no lejos de **C** (a 59.9" con un AP 52° en 1910) aparecía en aquella época una nueva componente de magnitud 12.5^a llamada **c**. Sin embargo por más que yo buscaba en las imágenes no era capaz de detectar ningún astro así en ese sector. Y regresamos ahora hacia la estrella **A**, el astro principal del sistema; visualmente no se aprecia a 48" una compañera de magnitud 11.6^a denominada **a** que con AP 50° (en 1933) está deslumbrada por la primaria. Con la CCD no es difícil localizar un astro de ese brillo a la distancia esperada con el AP aproximado: el deslumbramiento no puede ocultarla en este caso.

El lector podría preguntarse qué ha sido de la estrella **B**, todavía no mencionada: forma pareja con **A** a una distancia de 3.4" con un AP de 300°

según datos de 1958, aunque su reducido brillo (magnitud 9.3^a) me impide apreciarla pese a trabajar con el máximo aumento; sin duda es irresoluble para la CCD. Pero no terminan aquí las componentes: no lejos de la estrella **C**, algo al sudeste a una distancia de 124.2" con AP 138° (datos de 1933), aparece un nuevo astro que con magnitud 10.8^a se denomina **G**. Y partiendo nuevamente de **C** pero esta vez hacia el sur, a 160.1" con un AP de 29° (en 1910), tropezamos con un astro de magnitud 11.6^a catalogado como la componente **H**, la décima componente de esta poblada estrella múltiple óptica.

Y así es: en primer lugar encuentro una notable diferencia en el aspecto de la estrella **D**, más brillante que la estrella **F** que, teóricamente, es la más importante del conjunto. La imagen 1, digitalización de una placa del POSS (*Palomar Observatory Sky Survey*) fue tomada con el telescopio de 48 pulgadas con una exposición de 45 minutos con filtro rojo: en ella se aprecia que la más brillante, sin duda alguna, es **D** seguida de **F**, **C** y **E**. Acudo al *Atlas Stellarum* y veo que en una placa fotográfica obtenida la noche del 2 de septiembre de 1967 aparecen igual de brillante que en mis observaciones visuales y CCD: la estrella **D** es realmente la más brillante del conjunto, dejando aparte el brillo de **A**. Sin embargo **F** (oficialmente 9.1^a) sigue apareciendo más brillante que **E** (oficialmente 9.5^a), lo que puede indicar que ambas estrellas presentan los brillos medidos en 1956 y que es realmente **D** la que aparece con un brillo superior a lo medido en aquella época. Lamentablemente **C** (10.8^a) aparece más brillante que **E** (9.5^a), lo que ya no es tan normal; **G** (10.8^a) no aparece en absoluto tan brillante como **C** pese a tener el mismo brillo teórico (lo que demuestra que **C** realmente brilla más de lo medido) y aparece un poco más brillante que **a** (11.6^a). ¿Cómo se entiende este aparente puzzle?

Las únicas explicaciones es que los brillos de **D** y **C** hayan sido mal determinados (algo posible), que sean variables o que yo las he equivocado a la hora de identificarlas. La única manera de volver a localizarlas correctamente es por medio de la separación aparente desde la estrella principal **A** y comparar los valores medidos con los antiguos; los datos que yo obtuve en diciembre de 1996 fueron los siguientes:

Distancias aparentes oficiales y medidas (")

	1908	1910	1933	1935	1956	1996
A-D:					131.8	135
A-a:				48.0		42
A-F:					159.7	166
A-E:					140.9	143
A-C:				171.7		265
C-E:	122.6		149.7			238
C-G:	130.7		124.2			162
C-H:	163.1	160.1				54
C-c:	63.2	59.9				108
E-G:	113.7					114

Angulos de posición oficiales y medidos (°)

	1908	1910	1933	1935	1956	1996
A-D:					293	295
A-a:			50			48
A-F:					354	355
A-E:					118	118
A-C:				61		56
C-E:	172		186			202
C-G:	120		138			175
C-H:	29	29				335
C-c:	52	52				222
E-G:	60					61

Se ve que en bastantes casos las mediciones son casi coincidentes, sobre todo las que han sido efectuadas más próximas en el tiempo, con suaves diferencias en las distancias debidas al lento movimiento propio de las estrellas en el intervalo de 88 años que existe entre las primeras (1908) y las últimas (1996); en el peor de los casos han transcurrido 40 años (1956-1996). Sin embargo las mediciones que tienen como origen a **C** son discrepantes y en varios casos (A-C, C-c, C-E, C-G o C-H) muy diferentes: esto quiere decir que **C**, la cual ha sido tomada como punto de origen de mediciones aparentes y ángulos de posición, es una estrella cuyos datos cambian con rapidez con respecto a las demás estrellas; **esto sólo se explica si se desplaza velozmente**. Nada más comprobar mis datos con los oficiales encontré las pruebas:

—la distancia A-C ha subido 154" en 102 años (1894-1996), lo que da una velocidad media de 1.51" por año.

—la distancia C-E ha subido 88,3" en 63 años (1933-1996) a una media de 1.41" al año.

—la distancia C-G que era de 126" en 1950 (datos calculados de la imagen 1) aumentó a 162" en 1996: son 36" a razón de 0.78" al año.

—la distancia C-H varió en 2 años (1908-1910) 3" a razón de 1.5" anuales; aumentó 60.7" en 40 años (1910-1950) a razón de otros 1.52" anuales pero se redujo a 46.4" en 46 años (1950-1996) a una velocidad promedio de 1" cada año.

—no encuentro la estrella **c** por ninguna parte,

Este aparente rompecabezas tiene una clara explicación que sólo se aprecia cuando se introducen los cinco datos discordantes en un esquema gráfico que simule la posición real de la estrella **C** en los años 1894 y 1935 con respecto a la estrella **A**, 1950 con respecto a **c** o 1908 y 1933 con respecto a **G**, astro que ha permanecido en todos estos años inmóvil en el cielo con respecto a **E**.

En primer lugar **C** se aleja de **A** de modo visible: 112.3" y 69° (1894), 171.7" y 61° (1935), 192" y 59° (1950) y 265" y 56° (1996). Con estas cuatro posiciones puedo deducir que se mueve por el cielo casi en dirección a la estrella **H** (AP de 47°): ¡por esto la distancia con respecto a **E** ha subido 88.3" desde 1933 y se ha acortado 110.1" con respecto a **H**! Desde 1894 (primera medición

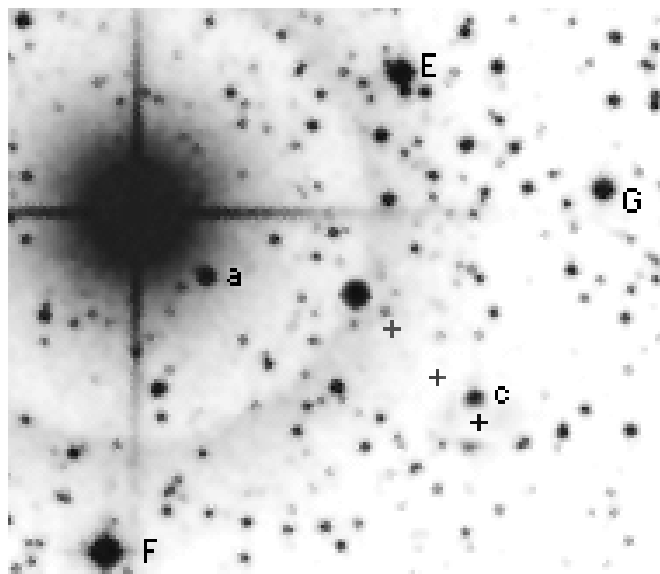


Figura 3. Posición simulada de la estrella **C** con respecto a **a** en el año 1894; los años 1910, 1935 y 1950 aparecen con cruces cada vez más oscuras.

de distancia y AP) la estrella **C** se ha desplazado (ver figura 3) nada menos que 154.28" en dirección a **H** a una velocidad media de 1.51" al año, valor concordante con la velocidad de alejamiento de **A** (1.51" al año), alejamiento de **E** (1.41" al año) y aproximación a **H** (1.51" al año) teniendo en cuenta el ángulo con que se desplaza con respecto a cada uno de estos astros.

¿Dónde encaja aquí **G**? la Figura 3 demuestra que estuvo en su mínima distancia con ella en 1925-1930 y que desde entonces se vuelve a alejar a una velocidad anual reducida, como yo mismo he medido con mis imágenes.

Finalmente me queda la prueba definitiva: la estrellita **c** que estaba perdida. Analizando la imagen digital de 1950 no encuentro ningún astro de magnitud 12.5ª entre **C** y **H**, donde según las mediciones del año 1910 debería encontrarse; pero cuando coloco en el gráfico anterior a **C** en la posición que ocupaba en 1910 (año en que se midieron sus datos) la estrellita **c** aparece de inmediato: ¡como que en 1956 estaba su lado y en 1996 está a 108" al norte de **C**! De tenerla lejos al SE pasó a tenerla muy próxima al NW (imagen de 1950) y muy lejos en la imagen de 1996; esto prueba contundentemente el movimiento de **C** con AP de 47° en los últimos 86 años: de distar 59.9" con AP 52° (1910) pasó a distar 8.6" con AP 191° (1950), habiéndola rebasado y dejado atrás a gran velocidad. Ahora calculo esta velocidad de aproximación: divido la distancia recorrida en el período 1894-1950 (56 años) y compruebo que son 85.71": la media es 1.53" al año; esta distancia en el período 1910-1996 (86 años) es 133.7" a una media de 1.55" al año. Según mis cálculos aproximados la mínima distancia ocurrió en 1945-1946 cuando ambos astros distaron unos 5".

Los datos anteriores demuestran que sin duda

alguna la estrella **C**, la binaria cerrada **Kuiper 90**, se desplaza velozmente (entre 1.49" y 1.52" al año) con un AP de 47-48°: este movimiento equivale a 1.23" en A. Recta y 1.11" en Declinación.

Por lo demás el resto de las componentes de esta estrella múltiple óptica apenas si ofrecen interés, al menos no sin haber efectuado un completo estudio fotométrico de todas ellas. Noto cambios en sus elementos (salvo en la distancia E-G, idéntica a la de 1910: ambos astros pueden no ser más que estrellas de fondo) pero estas variaciones en las distancias bien pueden ser debidas al movimiento propio anual de 17 Lyrae: 0.15" en dirección Este y 0.02" en dirección Norte (AP 82°).

Si calculo el desplazamiento de **A** en 40 años (1956-1996) compruebo que se ha movido hacia el Este nada menos que 6", por lo cual debería distar 6" de **D** y -6" de **E** si ambas estuvieran en la misma línea de movimiento de **A**: al moverse con respecto a ellas en ángulo los valores reales medidos por mí son +3.2" y -2.1" comparándolos con las mediciones de 1956.

Con respecto a la estrellita **a**: suponiendo que sea un astro de fondo que permanece inmóvil, el desplazamiento teórico en 63 años (1933-1996) es de 9.45" hacia el Este: yo mido un acortamiento en esta distancia de 6" a la vez que el AP se ha reducido, algo que cabe esperar si realmente es **A** la que se ha aproximado a su débil compañera al moverse muy lentamente hacia el Este.

En la Figura 4 —imagen tomada con una ST-4 y filtro rojo para exagerar al máximo su carácter de *astro frío*— se aprecia el brillo de cada estrella a esta longitud de onda; un montaje de 3 imágenes (dado el reducido campo de la cámara: sólo 4.5' de lado), ofrece una visión del conjunto en diciembre de 1996: compárese con la imagen de



Figura 4. Montaje de 3 imágenes de corta exposición tomada con una SBIG ST-4 y filtro rojo: aspecto real del sistema 17 Lyrae el 25 de diciembre de 1996; Kuiper 90 es la brillante estrella del extremo inferior derecho.

1950 tomada también con filtro rojo. Esta posibilidad de comprobar el color propio de los astros me permitió notar que uno de ellos era muy rojo y frío, por lo cual empezó a interesarme.

En la Figura 5 muestro el sector situado al norte de la componente D, en el cual aparece un "rombo" formado por dos parejas de estrellas casi alineadas en dirección Norte-Sur: la pareja oriental es más brillante (magnitudes TYCHO: 10.60^a la componente norte, 10.68 la sur) mientras que la pareja occidental es más débil pero presenta brillos similares (magnitudes GSC: 11.68 la componente norte y 11.75 la sur). Sin embargo a través del filtro rojo esta pareja muestra sus componentes con brillos muy diferentes, siendo la estrella boreal (situada en el vértice norte del rombo) la más destacada lo que indica que es, sin duda alguna, la más roja y fría de las dos. La Figura 6 (derecha) muestra esta misma zona tal como la repre-

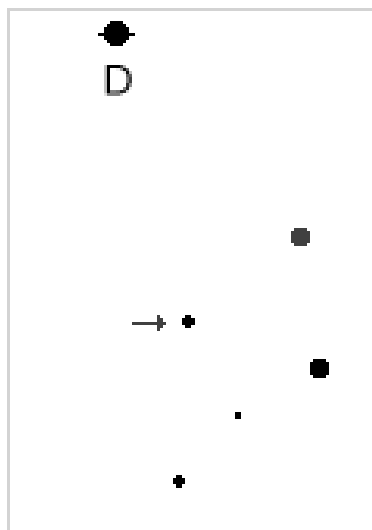
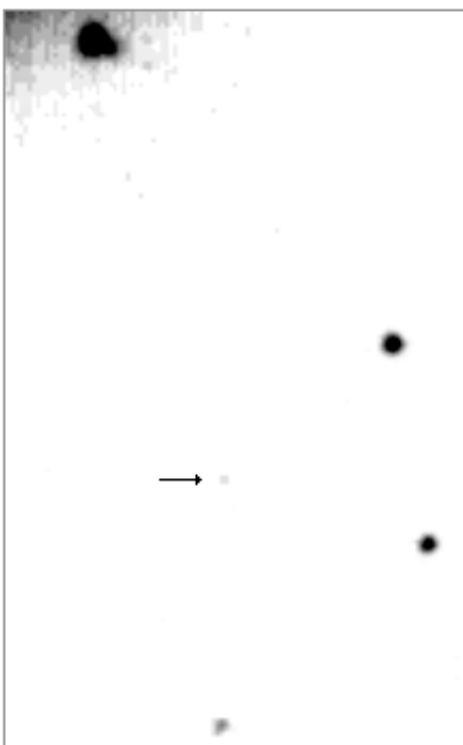


Figura 5 (izquierda). Imagen tomada la noche del 15 de diciembre de 1996 con filtro rojo: muestra el "rombo" de estrellas situadas al norte de la componente D; pese a que las dos estrellas verticales occidentales presentan el mismo brillo en luz integral y filtro V, la componente norte es roja y aparece más brillante que la componente sur, marcada con una flechita.

Figura 6 (derecha). Ampliación de la zona situada al norte de la estrella D mostrando el "rombo" tal como lo representa el programa *SkyMap Pro*: las dos componentes occidentales aparecen con brillos muy similares (magnitudes V: 11.75 y 11.68 respectivamente).

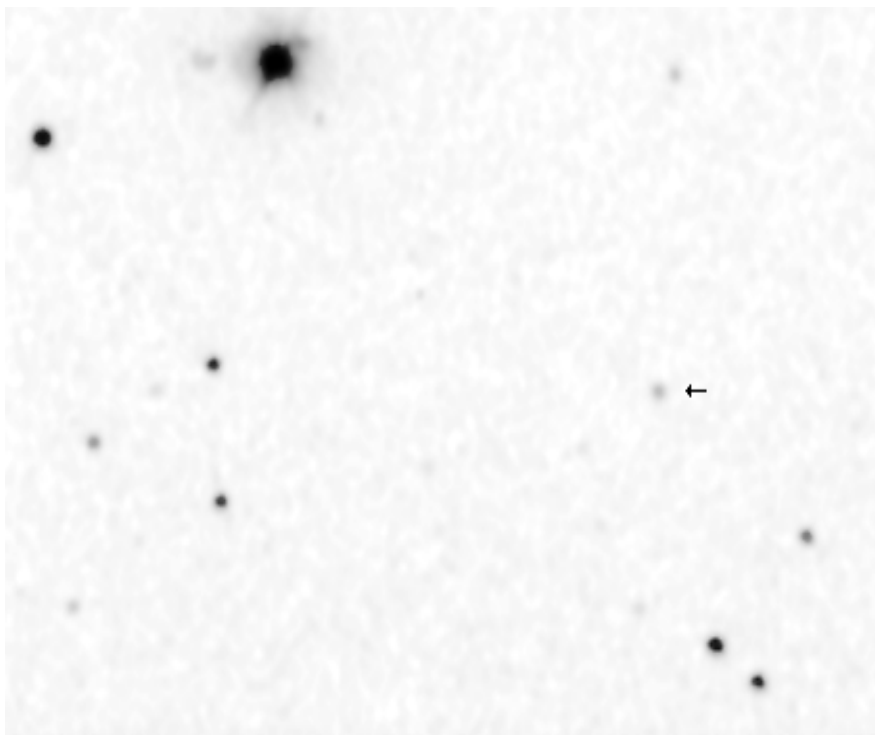


Figura 7. El sistema 17 Lyrae capturado con el filtro B Johnson la noche del 1 de octubre de 2005: he señalado con una flechita la estrella Kuiper 90, que a esta longitud de onda aparece muy débil. Si nos fijamos en el "rombo" situado en la zona oeste del sistema, bajo la estrella D, notaremos que la componente roja del vértice norte aparece especialmente débil, con brillo inferior al de su compañera sur: compárese este aspecto poco notorio con el brillo que presenta en la figura 5.

senta el programa *SkyMap Pro*: ambas componentes difieren en sólo 0.07 magnitudes en banda V (catálogo GSC) por lo cual han sido dibujadas casi idénticas en brillo; incluso contando con el error de dicha fuente es raro que ambas estrellas estén demasiado mal medidas: es evidente que la diferencia de brillo es sólo debida a su color propio (temperatura superficial muy baja).

Durante los años 1997 y 1988 tomé abundantes imágenes del sistema, no tanto para detectar su mínimo movimiento propio (difícil para mi sistema óptico pero no imposible si la base observacional era de algunos años: el período 1996-2005 es ya suficiente para mostrarlo) sino para comprobar si la estrella Kuiper 90 permanecía estable y determinar, de paso, el brillo real de las distintas componentes: siendo una estrella *enana roja* cabía la posibilidad de que fuese variable "a flares" como otras estrellas similares (Krueger 60, AD Leonis, UV Ceti, etc.). La falta de filtros fotométricos adecuados (como mínimo el V Johnson), con el cual normalizar las mediciones de brillo y evitar la dispar sensibilidad del chip a los distintos colores, me hizo desistir del intento.

Dado que la campaña fotométrica de M13, iniciada en mayo de 2001, me ha tenido especialmente ocupado con sus variable no he podido dedicar nuestros recursos instrumentales al sistema; sólo a partir de septiembre de 2005 he vuelto a retomar la cuestión de la posible "variabilidad" de la estrella, esta vez con dos elementos fundamentales: un filtro fotométrico V Johnson (puesto a prueba con las variables de M13 y M29) y un buen programa fotométrico como *AstroArt*.

Dejo para un futuro artículo la exposición y análisis de los primeros resultados fotométricos obtenidos con el mismo instrumental —lo cual

permite comparar las imágenes al haber trabajado con idéntica focal y abertura— aunque en esta ocasión he contado también con un filtro B, prestado temporalmente por el Observatorio Astronómico de Badajoz, el cual ha servido para comprobar el dispar aspecto de las estrellas rojas a la vez que ha permitido determinar las magnitudes B y medir los índices B-V de todas estas estrellas que aparecen en esta rica zona celeste.

Observatorio Astronómico de Cáceres, 4 de octubre de 2005.

AGRADECIMIENTOS

Desde estas líneas quisiera agradecer al Dr. Florentino Sánchez Bajo, director del Observatorio Astronómico de Badajoz, el préstamo del filtro B sin el cual no habríamos podido realizar tomas en luz azul (a efectos de comparación de brillos), efectuar mediciones fotométricas en esa banda ni haber determinados los índices de color B-V de las distintas componentes del sistema múltiple.