

FOTOMETRÍA CCD

BD+36 3317**UNA NUEVA VARIABLE
EN EL CAMPO DE δ 2 LYR**Francisco A. Violat Bordonau
David Violat Martín

fviolat@yahoo.es

Después de comprobar la capacidad del refractor de 75 mm de abertura para efectuar fotometría de amplio campo, hemos realizado una búsqueda de nuevas variables en la zona del cúmulo abierto Stephenson 1, que rodea la brillante estrella naranja δ 2 Lyrae. Una de las 37 estrellas estudiadas, BD+36 3317 (SAO 67556), parece ser una nueva variable eclipsante no identificada previamente.

En torno a la brillante estrella variable δ 2 Lyrae, de fuerte color dorado, se extiende un cúmulo abierto denominado Stephenson 1 (Stephenson, 1959) cuya posición se puede identificar con la de la estrella anterior en α : 18h 54m 30.284s y δ : +36° 53' 55.01" (equinoccio 2000.0); generalmente se toma como centro la posición de la estrella BD+36 3314, pero la diferencia entre ellas es pequeña y aquí no la tendremos en cuenta.

Visualmente el cúmulo, situado a unos 390 pc, aparece formado por astros entre las magnitudes 7.62 V (BD+36 3315) y la 14ª aproximadamente, repartidas de modo disperso en un área que se estima en torno a 40-60'; contiene estrellas de todo tipo: desde azuladas y calientes de espectro B2 hasta rojizas frías de espectro M5.

Ya que el refractor acromático de 75 mm de diámetro nos permitió realizar fotometría aceptable en un trabajo anterior (descubriendo, de paso, una nueva variable), pensamos que sería interesante efectuar un seguimiento fotométrico del cúmulo: al disponer de un amplio campo podríamos controlar, al menos, una treintena de estrellas entre las cuales cabía la posibilidad de encontrar alguna variable. En caso negativo podríamos descartar que las estrellas del cúmulo de espectros más avanzados (K y M) fuesen variables.

Las observaciones fueron realizadas a lo largo de 58 noches entre el DJH 2454023 y 2454080; para ello se utilizó una cámara CCD de la marca Starlight Xpress, modelo MX516, de 512 x 290 píxeles y electrónica de 16 bits, situada en el foco de un telescopio refractor acromático de 75 mm de diámetro y 500 mm de focal, capaz de proporcionar un campo de visión levemente superior a 36' x 24'; el filtro fotométrico utilizado ha sido, como en otras ocasiones, el V Johnson.

Las imágenes se han abierto y calibrado con el programa *AstroArt*, utilizando cinco estrellas no variables de magnitudes V bien medidas, las cua-

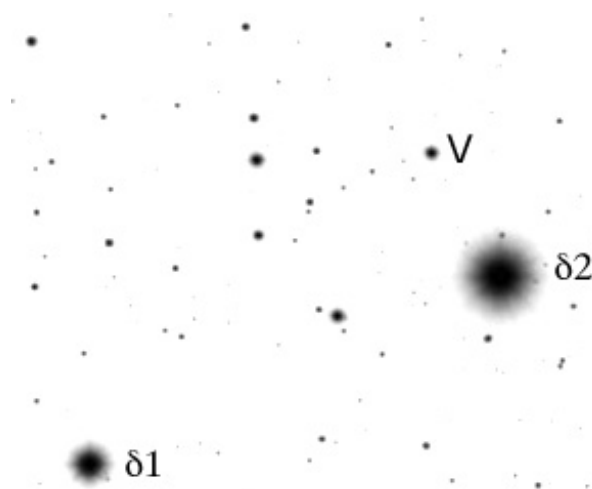


Figura 1. Imagen CCD de la zona que rodea a las estrellas δ 1 y δ 2 Lyrae: la variable está marcada con una V. Norte abajo y este a la derecha.

les incluimos en la Tabla I con su denominación BD, magnitudes y espectros:

Tabla I

Denominación	V	Espectro
1: BD+36 3315	7.62	B9
2: BD+36 3324	7.93	A0
3: BD+36 3327	9.57	A0
4: BD+36 3320	9.66	A8
5: BD+36 3314	8.66	A0

El empleo de estas cinco estrellas de calibración, que identificamos en la figura 2, nos ha permitido efectuar una buena fotometría de la mayoría de los astros de la zona, aunque el más brillante de todos ellos (δ 2) ha presentado una diferencia de aproximadamente una magnitud y media con respecto a su brillo habitual ($\sim 4.3 V$).

Además del refractor hemos utilizado un cata-dióptrico de 203 mm de abertura que ha trabajado a $f/6.3$ (1260 mm) para cubrir un campo más amplio e incluir, en cada toma, todas las estrellas de la zona central del cúmulo. Estas mediciones han sido de mayor calidad debido a que la relación señal/ruido ha sido más alta, a la vez que las imágenes estelares aparecían redondas y exentas de cualquier tipo de aberración.

BD+36 3317, también conocida como SAO 67556 y TYC 2651-802-1, aparece en SIMBAD con magnitudes 8.83 B y 8.77 V de donde su índice de color $B-V$ es igual a 0.06; pertenece al tipo espectral A0 V (es de la Secuencia Principal).

No existen estudios sobre ella y los únicos cuatro artículos en los que es citada son trabajos fotométricos del cúmulo o de otras agrupaciones de estrellas. Desde 1966 se sabe que es una binaria espectroscópica (Harding y Candy, 1971) cuya velocidad radial oscila entre los -90 y +17 km s⁻¹ (amplitud: 107 km s⁻¹), pero este tema no se ha vuelto a comprobar o ampliar hasta la fecha.

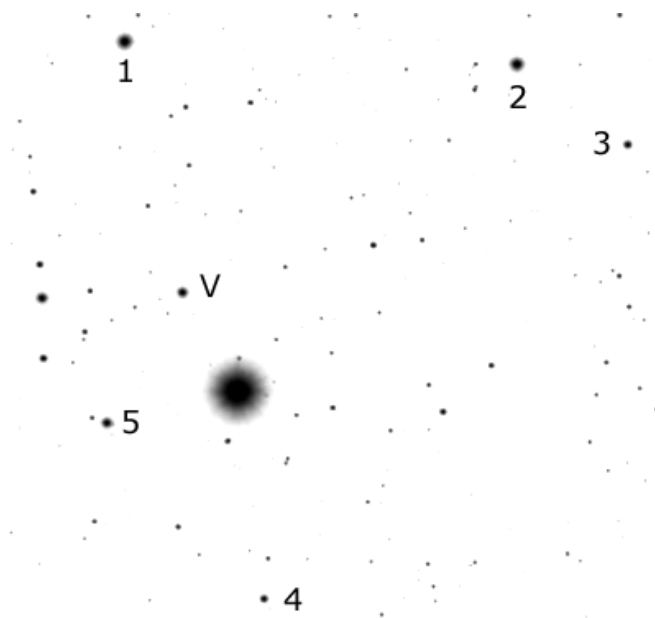


Figura 2. Imagen CCD de la zona estudiada: hemos marcado las cinco estrellas de calibración empleadas para realizar la fotometría; V indica la ubicación de la presunta variable. Norte abajo y este a la derecha.

No encontramos más datos sobre el sistema, aunque las mediciones fotométricas obtenidas a lo largo de los años, desde 1959, nos hacen sospechar de una posible variabilidad. En la Tabla II incluimos las distintas mediciones de magnitud e índices $B-V$ y $b-y$ aparecidos en cinco trabajos:

Tabla II

Año	V	$B-V$	$b-y$
1959	8.4	----	----
1963	8.79	0.09	----
1963	8.80	0.04	----
1968	8.80	0.02	----
1983	8.79	----	0.031
1984	8.90	----	0.011

Las fotometrías utilizadas son las siguientes: Stephenson (1959), Bronkalla (1963) fotográfica y fotométrica, Eggen (1968), Eggen (1983) y Anthony-Twarog (1984).

Comparando el valor fotométrico más antiguo con el más moderno apreciamos una diferencia de 0.5 magnitudes debido seguramente a que la escala V no estaba bien definida en esa época. Dando por erróneo el valor de Stephenson y quedándonos con los últimos cuatro valores existe todavía una diferencia de 0.11 magnitudes. Evidentemente esta diferencia no puede deberse a errores sino que, en nuestra opinión, apuntan a una auténtica variabilidad de la estrella (nótese, por otro lado, que los índices de color son completamente distintos de un trabajo a otro).

Podemos comprobar si con otros astros (bajo la denominación BD+36 seguidos del número de orden) ocurre lo mismo, tomando para ello distintos ejemplos que mostramos en la Tabla III:

Tabla III

Año	3306	3311	3313	3314	3320	3321
1959	9.2	10.4	9.2	8.8	9.7	10.4
1963	9.80	11.11	9.83	8.66	9.72	10.78
1968	9.76	11.04	9.79	8.65	9.68	10.72
1983	9.75	11.01	9.77	8.63	9.70	10.73
1984	9.80	11.04	9.78	8.64	9.68	10.74
Δ	0.6	0.6	0.6	0.2	0.0	0.3
δ	0.05	0.10	0.06	0.03	0.04	0.06
$\delta\delta$	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02

Las dos últimas líneas presentan las diferencias de magnitud: Δ en el caso de tomar los cinco valores (1959-1984), δ cuando tomamos los cuatro más modernos (1963-1984) y $\delta\delta$ los tres últimos (1968-1984). Excepto la estrella 3311 el resto de los astros presentan errores δ iguales o por debajo de 0.06 magnitudes, siendo el error medio igual a 0.056 magnitudes (0.048 magnitudes si no tenemos en cuenta la estrella 3311). Cuando empleamos la fotometría más reciente los errores $\delta\delta$ se reducen a 0.04 magnitudes como máximo, siendo el error medio igual a 0.025 magnitudes.

Repitamos el experimento, en la Tabla IV, pero incluyendo ahora la probable variable 3317:

Tabla IV

Año	3306	3311	3313	3314	3320	3321	3317
1959	9.2	10.4	9.2	8.8	9.7	10.4	8.4
1963	9.80	11.11	9.83	8.66	9.72	10.78	8.79
1968	9.76	11.04	9.79	8.65	9.68	10.72	8.80
1983	9.75	11.01	9.77	8.63	9.70	10.73	8.79
1984	9.80	11.04	9.78	8.64	9.68	10.74	8.90
Δ	0.6	0.6	0.6	0.2	0.0	0.3	0.5
δ	0.05	0.10	0.06	0.03	0.04	0.06	0.11
$\delta\delta$	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.10

Comprobemos nuevamente los errores: en el caso de Δ (años 1959-1984) vemos que la nueva estrella presenta un valor similar al de las demás, para δ (1963-1984) el error es el mayor de los siete astros (seguido por la estrella 3311, la más débil de la muestra) mientras que para $\delta\delta$ (1968-1984) la diferencia es más notoria todavía, siendo ¡cinco veces! superior al de la mayoría de las estrellas. Los errores medios quedan ahora del siguiente modo: $\Delta = 0.4$ magnitudes, $\delta = 0.064$ magnitudes y $\delta\delta = 0.035$ magnitudes.

Con este experimento podemos comprobar que la fotometría más moderna es mucho más precisa que la de 1959, que podemos olvidar para nuestros propósitos. La diferencia de brillo observada en el caso de 3317 no puede achacarse, pues, a errores fotométricos sino que es de la propia estrella: los errores $\delta\delta$ son mínimos para seis de las siete estrellas de la muestra, lo cual no puede ser debido a la casualidad. El caso de la estrella 3311 puede explicarse debido a que es la más débil de las siete, lo que incrementó el error a la hora de medir su magnitud; notemos, sin embargo, que

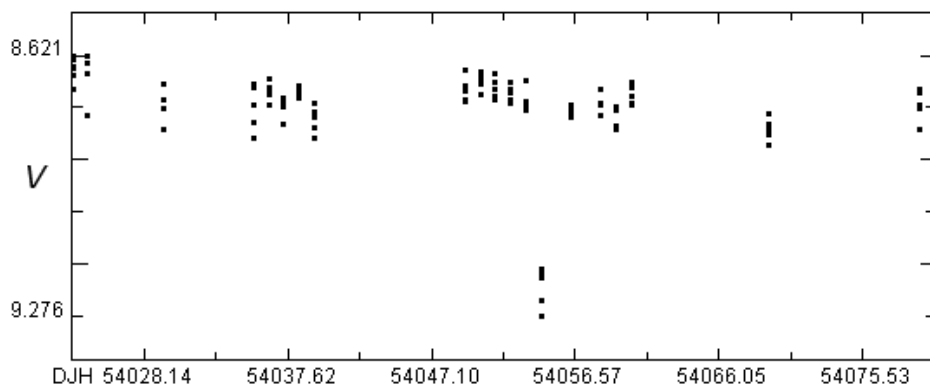


Figura 3. Curva de luz de la estrella 3317 obtenida con 116 mediciones de brillo: excepto por la brusca caída de brillo la estrella no parece ser variable en absoluto, dentro de la precisión del equipo. La última noche parece apreciarse una nueva caída de magnitud, aunque este efecto pudiera deberse al mal tiempo.

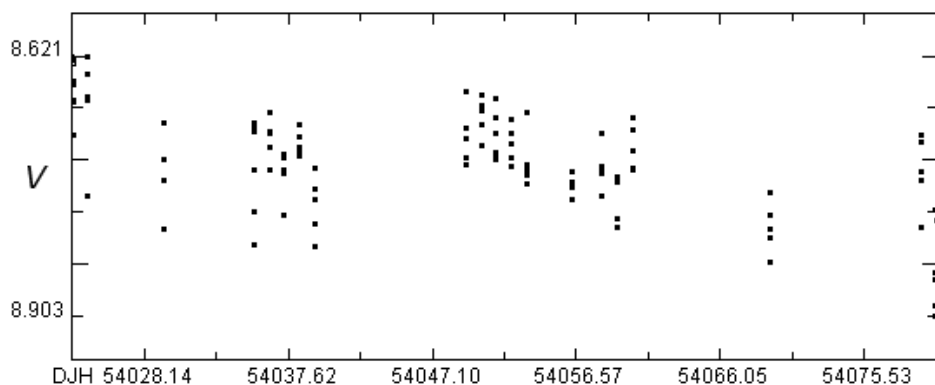


Figura 4. Curva de luz de la estrella 3317 obtenida omitiendo las mediciones de una única noche: los 110 puntos restantes no aclaran si la estrella es variable o no; excepto por la caída de brillo de la última noche la estrella no parece ser variable.

sus tres magnitudes más modernas no discrepan ya entre sí (exactamente al contrario que ocurre con la probable variable 3317).

Este experimento es arriesgado ya que confiamos en que el punto cero de todas las mediciones es el mismo y las diferencias entre ellos se deben sólo a variabilidad: sin embargo hay diferencias de casi 0.04 magnitudes en las mediciones del año 1963 comparadas con las más actuales, por lo cual no podemos estar seguros de las mismas sin haber corregido estas diferencias sistemáticas.

Por otro lado Sebastián Otero, conocido especialista argentino en estrellas variables, nos ha hecho ver que el valor 8.90 del año 1984 está basado en tres mediciones: es posible que las mismas correspondieran a una rama ascendente o descendente y no a simple error a la hora de medir, de ahí la diferencia con las demás.

Nuestras 116 mediciones, que representamos en la figura 3, la han mostrado entre las magnitudes 8.62 y 9.28, siendo su magnitud media igual a la 8.73 ± 0.06 en banda V: similar a su magnitud estándar (8.79 V). Podemos ver que, salvo una única noche (DJH 54054.31999), las mediciones dibujan una línea prácticamente recta en la que la dispersión es bastante reducida; al omitir las mediciones de esa sesión nos quedamos con 110 medidas (figura 4) que la muestran en el rango 8.62-8.90 V, siendo ahora su magnitud igual a la 8.73 ± 0.05 V. Dentro de la precisión del equipo su magnitud es prácticamente idéntica a la estándar.

Hay que aclarar que esta brusca caída de brillo, casi 0.66 magnitudes, sólo se aprecia en esta estrella y no en los demás astros estudiados, lo que

hemos de achacar a una variabilidad real y no a otro tipo de efectos tales como errores fotométricos, cirros, etc. Sin embargo la disminución de magnitud apreciada la última noche puede deberse tanto a un nuevo eclipse, capturado parcialmente, como a la mala calidad del cielo.

Podemos intentar comprobar cuál ha sido la calidad de la fotometría realizada con este equipo comparando los resultados obtenidos en siete estrellas de brillo parecido, lo que hacemos en la Tabla V. La primera columna muestra el número BD y, entre paréntesis, el número de orden dentro de nuestra prospección, la magnitud obtenida con su precisión así como los valores estándar obtenidos en los trabajos de los años 1968, 1983 y 1984:

Tabla V

Nombre	V	1968	1983	1984
3317 (15)	8.73 ± 0.06	8.80	8.79	8.90
3328 (5)	9.65 ± 0.05	9.60	9.62	9.61
3312 (23)	8.71 ± 0.04	8.70	-----	-----
3308 (12)	9.70 ± 0.05	9.67	-----	-----
3313 (19)	9.70 ± 0.07	9.79	9.77	9.78
3306 (26)	9.65 ± 0.08	9.76	9.75	9.80
3305 (31)	9.91 ± 0.08	10.01	-----	9.98

Podemos comprobar que nuestras magnitudes medias encontradas son, dentro de la precisión del equipo, similares a los valores estándar; la única excepción ocurre en la estrella 3317 que es, precisamente, la probable nueva variable.

Las dos únicas binarias espectroscópicas son las estrellas 3317 y 3328: en la primera se aprecia una diferencia de 0.11 magnitudes entre las distin-

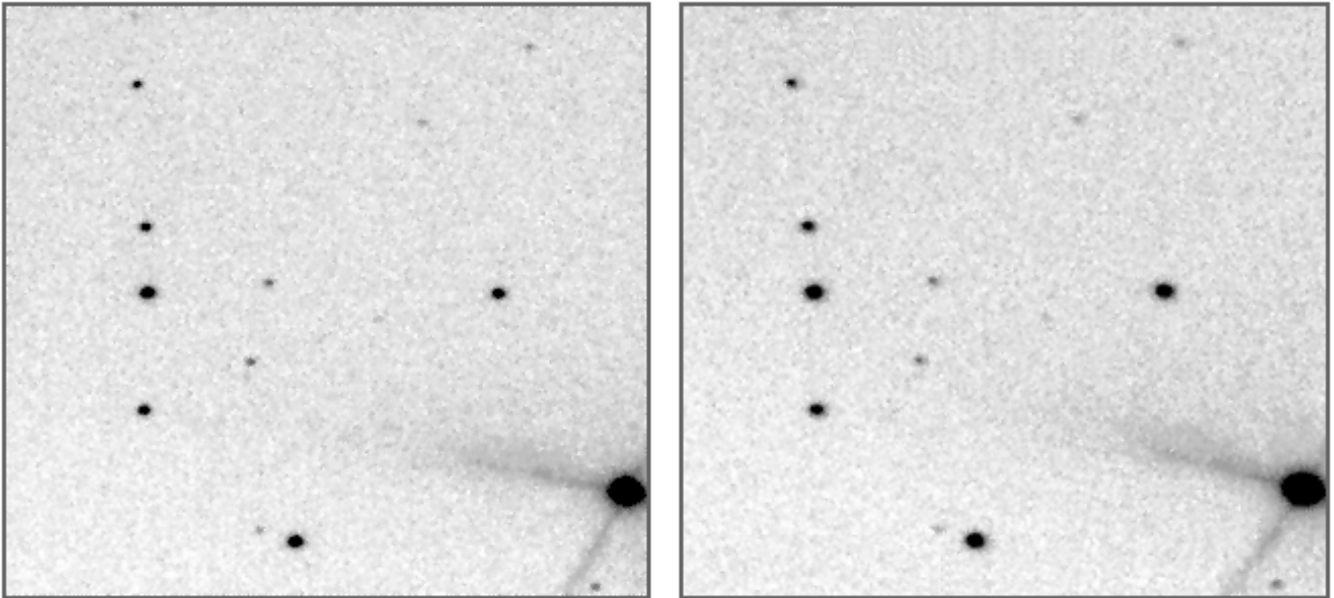


Figura 5. Imágenes CCD de la zona central del cúmulo Stephenson 1 capturadas con el telescopio principal el 12 y el 14 de noviembre de 2006: a la izquierda la variable en su mínimo, a la derecha la misma zona —dos días más tarde— con la estrella de vuelta a la normalidad. La brillante estrella $\delta 2$ aparece en el ángulo inferior derecho; norte abajo y este a la derecha. (Francisco A. Violat Bordonau).

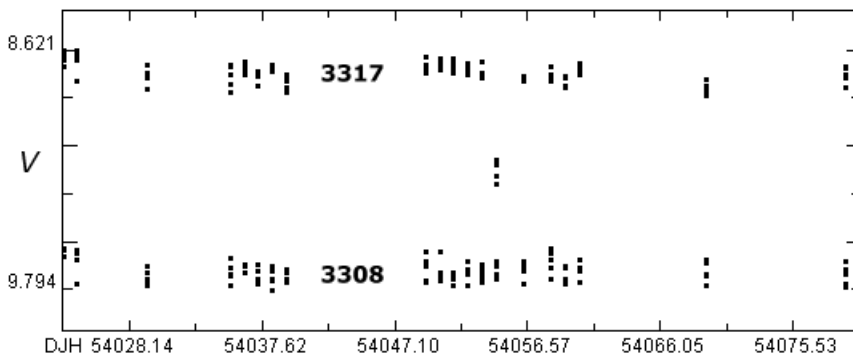


Figura 6. Curvas de luz de las estrellas 3317 (arriba) y 3308 (abajo). Pese a que esta última es un astro naranja de tipo espectral K2 no se aprecia variabilidad alguna, dentro de la precisión del equipo. En el centro de la figura destaca especialmente la caída de brillo, anómala, de la estrella 3317 la noche en la que registramos el eclipse.

tas mediciones pero en la segunda no; por otro lado nuestra dispersión para la primera estrella es igual a ± 0.06 magnitudes mientras que se reduce a ± 0.05 magnitudes en el caso de la segunda: nuestros datos indican que no se aprecia variabilidad dentro de la precisión del equipo.

En la figura 5 hemos querido mostrar la caída aparente de brillo con dos imágenes CCD: ambas han sido tomadas con el catadióptrico de 203 mm en noches distintas (12 y 14 de noviembre de 2006). En la imagen de la izquierda la estrella está en el mínimo y aparece, por tanto, más débil que la brillante estrella situada al norte en la parte inferior de la imagen (astro número 5 en la figura 2) o de similar brillo a la estrellita situada al SW de la anterior; en la imagen de la derecha ha recuperado su brillo habitual apareciendo ya tan brillante como la estrella 5.

En la figura 6 mostramos, a efectos comparativos, las curvas de luz de las estrellas 3317 y 3308 obtenidas por los autores: pese a que esta última es de tipo espectral K2 III (Stephenson, 1959; Bronkalla, 1963) y, por tanto, no sería ilógico esperar detectar en ella algún tipo de variabilidad,

sólo apreciamos una línea más o menos recta con los típicos errores aleatorios debidos a su menor brillo o a la desigual climatología otoñal, pero no indicios claros de variabilidad. Según nuestros datos la amplitud fotométrica medida para la estrella 3317 fue igual a 0.65 magnitudes, un valor no achacable a errores ya que éste es varias veces superior a la precisión de este equipo.

En el gráfico podemos apreciar la menor dispersión de las mediciones de la estrella 3317 así

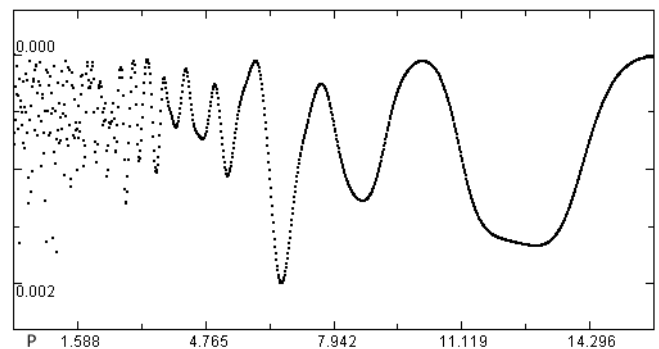


Figura 7. Periodograma obtenido con el algoritmo de Scargle: el pico más destacado está en los 6.75 días seguido del pico de 1.17 días; el último es igual a 13.08 días.

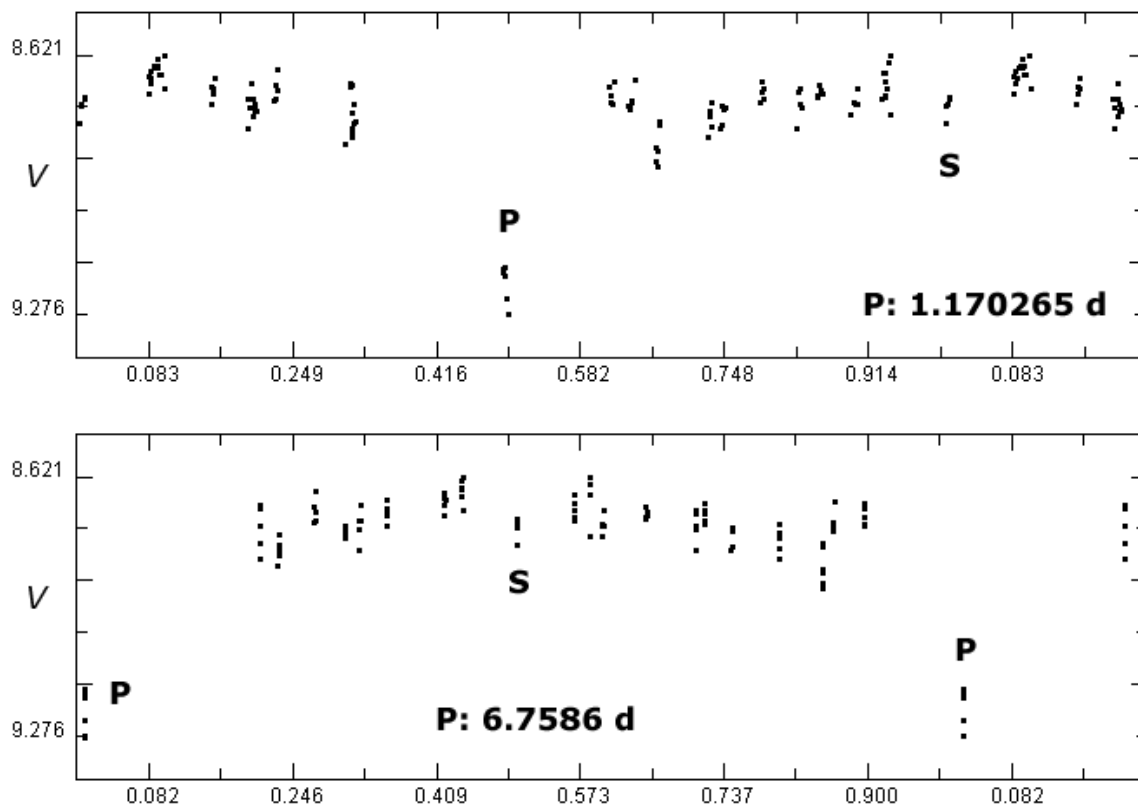


Figura 8. Curvas de luz obtenidas empleando los dos períodos más destacados: 1.170265 días (arriba) y 6.7586 días (abajo). Para diferenciarlas las hemos representado de modo distinto: P indica la posición del eclipse primario mientras que S es la que podría corresponder al eclipse secundario (fase 0.0 y 1.0 en la primera curva, pero 0.5 en la segunda).

como la brusca caída de brillo de ese astro una única noche, efecto que no se aprecia en la otra estrella. Según nuestras mediciones este astro naranja, cuyo índice de color $B-V$ es 1.20 (Bronkalla, 1963), presenta una magnitud V igual a la 9.70 ± 0.05 : valor similar al estándar ($9.70 V$, Bronkalla, 1963; $9.67 V$, Eggen, 1968).

El análisis de los datos, por medio del programa A.V.E del Grupo de Estudios Astronómicos, produjo cuatro posibles períodos que mostramos en la figura 7: de ellos el más destacado era igual a 6.7586 días seguido de otro corto igual a 1.170265 días; el tercer período, ya menos marcado, era igual a 13.08 días mientras que el más corto de ellos, menos marcado también, era igual a 0.869319 días. Este último era prácticamente la mitad del segundo período (1.17 días) mientras que el tercero era también casi doble del primero. El empleo del algoritmo de Bloomfield produjo dos períodos muy destacados iguales a 1.17124 y 6.7307 días: ambos similares a los anteriores.

Al utilizar los dos más probables obtuvimos sendas curvas de luz que mostramos en la figura 8: la superior dibujada con un período igual a 1.170265 días, la inferior con un período igual a 6.7586 días. En ambos casos el resultado semeja la curva de luz de una estrella binaria eclipsante de tipo EA o algólida, al ser el prototipo β Per: en este tipo de astros se pueden apreciar claramente el inicio y el final de los eclipses, entre éstos el

brillo permanece casi constante (o varía levemente como consecuencia de efectos de reflexión, de una ligera elipticidad de las componentes, etc.) mientras que, en ocasiones, el mínimo secundario puede no ser visible debido a su poca profundidad. Los períodos oscilan entre poco menos de un día y hasta más de diez mil días, mientras que las amplitudes pueden ser de varias magnitudes.

No satisfechos con este resultado recurrimos a las imágenes capturadas, casi durante el mismo período de tiempo, con el telescopio principal: en este caso la campaña ha sido de menor duración (35 días, DJH 54035 al 54069) al haber comenzado en la noche del 26 de octubre para finalizar en la noche del 29 de noviembre, habiendo obtenido imágenes durante un total de 16 noches.

La idea de realizar fotometría con los dos telescopios no se materializó hasta bien avanzada la campaña fotométrica, por lo cual éstas son de distinta duración. Una vez elegida la zona a estudiar, la parte central del cúmulo, procedimos a capturar imágenes con los dos telescopios en la misma sesión de trabajo: primero con el refractor y luego con el catadióptrico; confiando en la mayor precisión óptica de éste cada noche tomamos entre cinco y siete imágenes: todas ellas han podido ser medidas con provecho.

En este caso el campo aparente capturado ha sido mucho menor centrándonos en la estrella blanca BD+36 3314 (espectro A0, magnitud 8.64

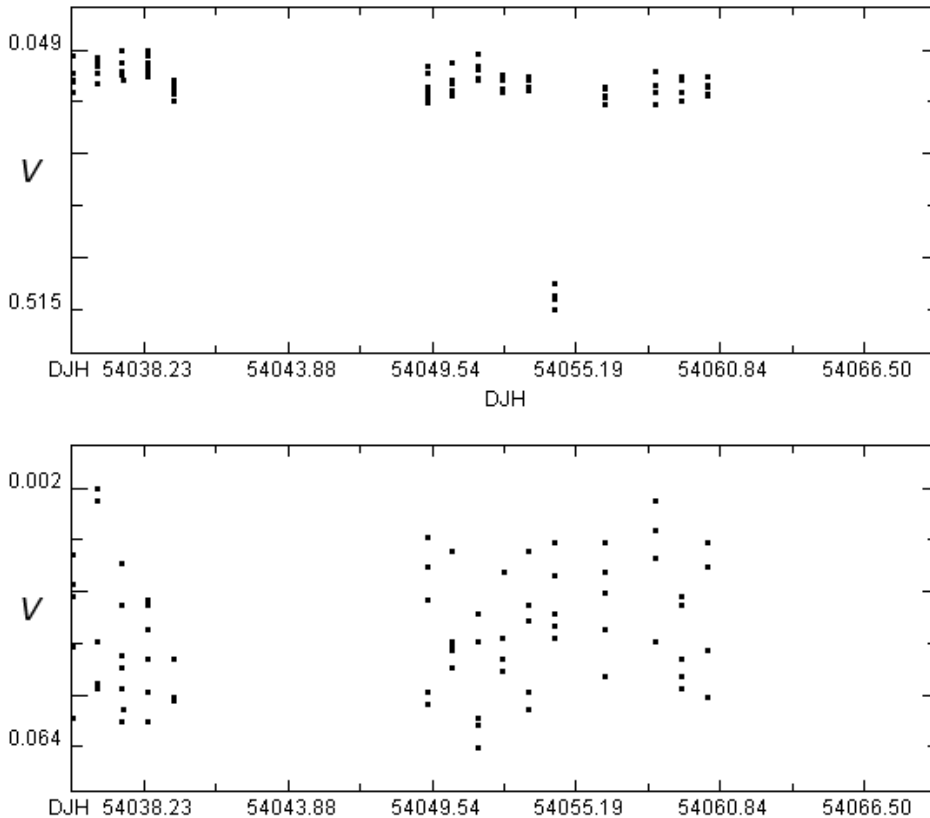


Figura 9. Curvas de luz de las estrellas 3317 (parte superior) y 3312 (parte inferior) obtenidas con el catadióptrico de 203 mm de abertura, medidas en magnitudes diferenciales con respecto a la estrella de comparación (3314). Podemos comprobar que la amplitud de la primera fue igual a 0.466 magnitudes mientras que la segunda, pese a que es naranja y podía ser variables, fue igual a sólo 0.062 magnitudes: en ambos casos puede apreciarse el efecto de la climatología, poco favorable para la fotometría, en forma de leves cambios de brillo de noche en noche. La brusca y acusada caída de magnitud de la estrella 3307 no es visible en la curva de luz de la estrella 3314, por lo cual descartamos cualquier tipo de error a la vez que confirmamos su carácter de astro variable a eclipses.

V) y los astros que la rodeaban; uno de ellos ha sido la estrella anaranjada BD+36 3312 (espectro K2 III), de magnitud 8.70 V, que forma un triángulo casi equilátero con 3317 y 3314. Visualmente estos tres astros presentan un brillo muy similar: cualquier oscilación en alguna de ellas, por mínima que sea, llama la atención enseñada.

En la figura 9 mostramos las curvas de luz de las estrellas 3317 (parte superior) y 3312 (parte inferior) medidas en magnitudes diferenciales con respecto a la estrella de comparación 3314, marcada con un 5 en la figura 2.

Las magnitudes medias obtenidas han sido iguales a la 0.107 ± 0.025 para la estrella 3317 y 0.037 ± 0.015 en el caso de 3312: damos estos resultados con tres decimales no porque sean más precisos que los anteriores, sino para que el lector los conozca antes de redondearlos. Sabiendo que la estrella de comparación es de magnitud 8.64 V (ver Tabla IV) las magnitudes obtenidas serían entonces 8.75 ± 0.03 para 3317 y 8.68 ± 0.02 para 3314: en total concordancia con los valores estándar que mostramos en la Tabla V.

En el primer caso podemos comprobar que hemos registrado una amplitud igual a 0.47 magnitudes: casi dos décimas de magnitud inferior a la obtenida con el refractor de 75 mm; esto se ha debido a que los errores de medición son mucho menores con este equipo. En el segundo caso la amplitud medida es igual a sólo 0.06 magnitudes, contando el error aleatorio y la desigual calidad del cielo de los meses de octubre y noviembre.

Pese a la menor amplitud registrada parece que hemos detectado ligeros cambios en el brillo en la

segunda estrella, aunque con una base observacional tan reducida no es fácil discriminar entre una oscilación real y los efectos de los errores aleatorios. Siendo un astro naranja no sería ilógico pensar que sea una variable de reducida amplitud: será preciso comprobarlo en una futura campaña.

La búsqueda del período en la estrella 3317 proporcionó cinco valores distintos los cuales fueron los siguientes: 0.465, 0.87137, 1.16465, 6.910 y 12.115 días. Los cuatro últimos son bastante similares a los obtenidos con la fotometría del refractor, no así el primero.

Cuando representamos las curvas de luz con todos ellos comprobamos que las cuatro eran válidas, no tanto por la precisión de la fotometría con este equipo sino porque, pese contar con un escaso número de mediciones (88) y al reducido número de noches medidas (sólo 16), las curvas de luz mostraban similar resultado: una línea más o menos recta todo el tiempo excepto durante el eclipse primario, momento en el cual su brillo caía bruscamente para recuperarse al poco tiempo. El análisis visual de la curva de luz, noche a noche, parece mostrar ligeros cambios en su brillo de una jornada a la otra (por ejemplo entre el DJH 54049 y el 54053), efecto que también se aprecia en los cinco primeros días de la campaña: en ambos casos son cinco las noches seguidas en las cuales se nota este efecto, lo que nos hace sospechar que es algo propio de la estrella. Por desgracia no disponemos de otro conjunto de noches similares por lo que no podemos confirmarlo a ciencia cierta. (Sin embargo esta oscilación, con un período de entre 5 y 6 días, no se aprecia en la

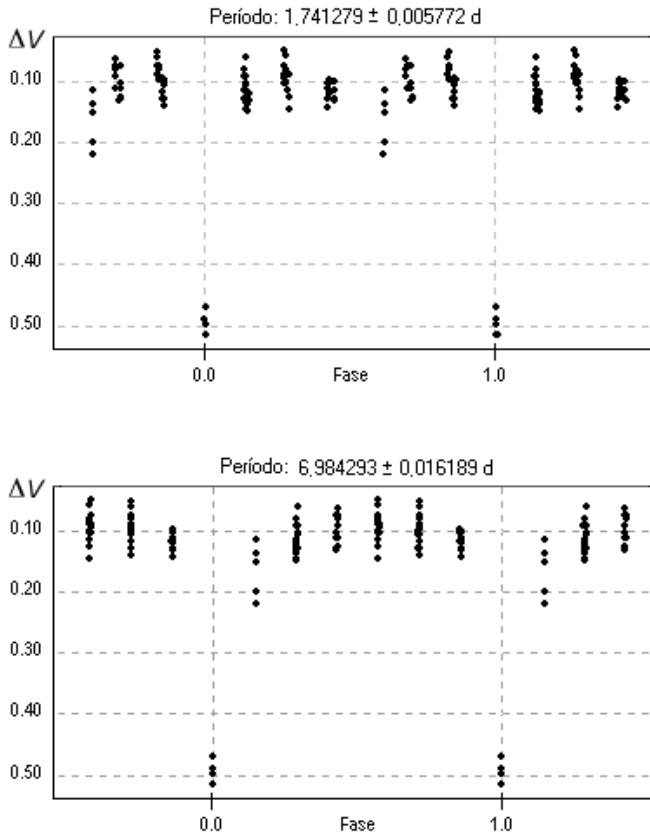


Figura 10. Curvas de luz dibujadas por el programa *PerSea* utilizando los dos períodos obtenidos con él: 1.741279 días (arriba) y 6.984293 días (abajo); en ambos casos el resultado es consistente con una binaria eclipsante de tipo EA.

curva de luz de la estrella 3314.)

Analizadas estas mediciones con el programa *PerSea* obtenemos dos períodos muy marcados: el primero igual a 1.741279 ± 0.005772 días y el segundo igual a 6.984293 ± 0.016189 días; como podemos comprobar ambos son similares a los obtenidos de la fotometría del refractor, aunque en este caso existen leves diferencias: así, por ejemplo, el primero es algo más largo.

Cuando hemos representado las curvas de luz con este programa utilizando estos períodos obtenemos los resultados que mostramos en la figura 10, los cuales se pueden comparar con los mostrados en la figura 8: salvo que estemos muy equivocados las curvas son muy similares a la de una estrella binaria eclipsante de tipo EA. En el caso del período más corto (en torno a 1.74 días) parece apreciarse indicios del eclipse secundario, aunque

es arriesgado asegurarlo con tan pocos datos. Al usar el período largo la curva parece de mejor calidad, pero en el eclipse secundario no es visible.

En el Tycho Catalogue, cuyas mediciones pueden descargarse de SIMBAD, la estrella 3317 aparece con magnitud 8.766 V_T , su magnitud más alta V_T fue igual a la 8.58 mientras la magnitud V_T mínima bajaba a la 9.00 (se realizaron 63 tránsitos fotométricos); la dispersión de las mediciones se estima en 0.244 magnitudes. Está acompañada de la nota "Suspected intrinsic variability", lo cual debería alertarnos si no fuese porque en muchos casos esta aparente variabilidad no es tal si no meros errores fotométricos del proyecto.

El fichero V_T constaba de un total de 175 mediciones que la registraron entre las magnitudes 4.435 y 12.273, ambas erróneas debido a la contaminación de estrellas de la zona. Al eliminar los datos anómalos nos quedamos con un total de 146 medidas en el rango 8.266—9.215: la amplitud registrada era igual a nada menos que 0.949 magnitudes, casi el doble de la encontrada por nosotros. Según estos datos la estrella aparecía con magnitud 8.773 ± 0.199 : similar a la estándar pero con un error más de tres veces superior al obtenido con el pequeño refractor.

La búsqueda de períodos con el mismo programa y algoritmo produjo cuatro resultados iguales a 0.57398, 1.11146, 7.00208 y 11.4297 días: sólo el tercero y el cuarto eran bastante parecidos a los que nosotros obteníamos, lo cual era buena señal. Sin embargo al representar las curvas de luz con todos ellos el resultado fue descorazonador: en todos los casos se obtenía una curva redondeada que no se parecía en nada a las nuestras ni podían corresponder, desde luego, al de una estrella binaria eclipsante EA. Después de tratar, en vano, de obtener otros períodos con otros algoritmos tuvimos que aceptar que estas mediciones no nos servían para nuestros propósitos: su precisión era muy inferior a la obtenida incluso por el refractor.

Con la idea de averiguar su posible período por medio de las velocidades radiales obtenidas en el pasado, el día 12 de febrero contactamos con el Dr. Bill Hartkopf, responsable del catálogo de binarias espectroscópicas del U.S.N.O., quien en su amable correo nos contestó lo siguiente :

I am afraid I do not have any information on this system. It does not appear in the Washington

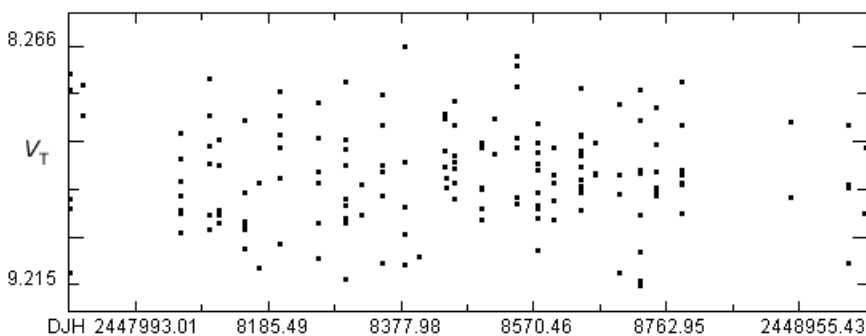


Figura 11. Mediciones V_T obtenidas por el experimento TYCHO: como podemos apreciar no sólo la dispersión es excesivamente alta en todo momento, sino que parece que la sonda no llegó a registrar ningún eclipse.

Double Star database, so apparently is not a member of a visual binary/multiple system. There is also no information in our Interferometric Catalog, so it appears it has never been observed by speckle, adaptive optics, or long-baseline interferometry (or at least there are no published data from those techniques).

Sorry I can't be of any more help. Perhaps the SIMBAD database can lead you to other published information about this object.

Lo cual nos dejó como al principio; como último recurso escribimos también al Dr. Dimitri Pourbaix (Université Libre de Bruxelles), responsable del "SB9" (9th Catalogue of Orbits of Spectroscopic Binaries), quien nos contestó:

Well, I cannot find anything stating that this object is a binary.

The catalogue of spectroscopic bibliographic references (Levato et al.) does not list any publication of radial velocity between 1991 and 2006.5. There is nothing in Abt & Biggs (1972) either.

Sorry, but I cannot help you any further.

Los catálogos más recientes no incluyen este sistema binario debido a que no hay constancia de que lo sea. Las velocidades radiales obtenidas con el espectrógrafo del telescopio *Isaac Newton* no han llegado a ver la luz en publicaciones usuales y, aunque en SIMBAD se las citan, no están disponibles *on line*. Por otro lado aunque ha sido observada en bastantes ocasiones nadie ha advertido que sea variable; la situación es similar a la de la estrella β Aur: descubierta como binaria espectroscópica en 1889 no sería hasta 1910 cuando se registrase su curva de luz (Stebbins, 1911).

Las únicas mediciones fotométricas que registran un eclipse son las nuestras. Aunque las del refractor no son demasiado fiables, por su mayor error, las del catadióptrico muestran una alta precisión para astros de similar brillo: en ambos casos no sólo se aprecia claramente un eclipse, sino que las curvas de luz obtenidas parecen pertenecer a una binaria eclipsante de tipo EA.

No podemos confirmar su carácter de variable eclipsante con las mediciones TYCHO, de baja calidad, ni con ROTSE aunque Otero nos ha dirigido hacia TASS* (*The Amateur Sky Survey*), en donde parece que se aprecian dos eclipses: el primero seguro y el segundo probable. Las 67 mediciones que nos ha facilitado muestran la estrella entre las magnitudes 8.58 y 9.56 V; eliminando un único punto (magnitud 8.58) la estrella aparece en el rango 8.71—9.52 V. El análisis de las mediciones produce un período corto igual a 1.16965 días y otro algo más largo igual a 6.7681 días: ambos muy parecidos a los obtenidos anteriormente con

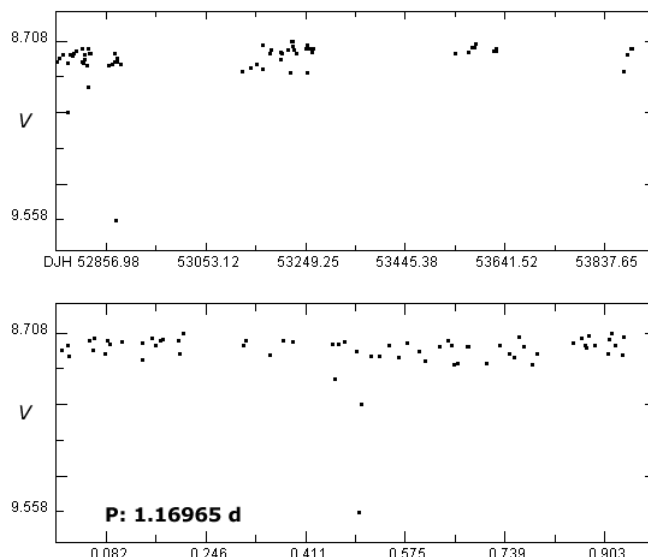


Figura 12. Mediciones TASS (parte superior) y curva de luz obtenida con dichas mediciones utilizando un período igual a 1.16965 días: esta curva, similar a las anteriores, parece mostrar sólo el eclipse primario algo mejor.

AVE y *PerSea*. La curva de luz que se obtiene con ambos es prácticamente idéntica por lo que sólo hemos representado una: la dibujada con el período más corto. El resultado es similar a los ya mostrados con anterioridad con una única diferencia: el eclipse primario parece haberse capturado un poco mejor que en los otros casos.

Confiamos en que nuevas mediciones realizadas en una campaña futura nos permitan refinar su período, amplitud y presentar una buena curva de luz que aclare su tipología.

CONCLUSIONES

Hemos efectuado un estudio fotométrico del cúmulo abierto Stephenson 1, que rodea la estrella variable roja $\delta 2$ Lyr, empleando un refractor acromático de 75 mm de abertura y 500 mm de focal en cuyo foco se ha acoplado una cámara CCD Starlight Xpress MX516, de 16 bits, dotada de filtro fotométrico V Johnson.

Aprovechando el gran campo aparente capturado hemos seguido un total de 37 estrellas distintas a lo largo de 58 noches entre el DJH 2454023 y 2454080. Una de ellas ha sido BD+36 3317 (SAO 67556, TYC 2651-802-1), un astro blanco de magnitud 8.77 V y espectro A0 V.

Las 116 mediciones obtenidas la han mostrado entre las magnitudes 8.62 y 9.28 siendo su magnitud media igual a la 8.73 ± 0.06 en banda V: similar a su magnitud estándar. Sin embargo una de las noche (DJH 54054.31999) apareció notablemente más débil que las demás estrellas de la zona, siendo registrada con magnitud 9.28: 0.55

*<http://www.tass-survey.org/>

magnitudes por debajo de su brillo medio. Eliminando las mediciones de esa noche se ha mantenido en el rango 8.62—8.90 V, siendo su magnitud media igual a la 8.73 ± 0.05 V.

Como esta brusca caída de brillo no se aprecia en ninguna otra estrella de la zona, la precisión fotométrica es bastante buena debido a su alta relación señal/ruido y el debilitamiento parece haberse repetido (al menos parcialmente) en la última noche de observación, creemos que se trata de una nueva estrella variable binaria eclipsante que parece ser de tipo EA: los dos períodos más probables son iguales a 1.170265 y 6.7586 días.

Las mediciones fotométricas tomadas con el telescopio principal (203 mm de apertura, f/ 6.3) muestran una caída de brillo menor, pero corroboran indudablemente la variabilidad a la vez que proporcionan períodos de oscilación (1.16465 y 6.910 días) muy similares a los obtenidos con el telescopio refractor.

Además de la caída de brillo principal apreciamos una leve oscilación periódica a intervalos de 5 a 6 días, aunque no podemos confirmarla por carecer de mediciones suficientes.

Pese a que existen mediciones de su velocidad radial desde 1971 y se comprobó que era una binaria espectroscópica, ninguno de los dos especialistas en esta materia a los que hemos contactado por correo electrónico tiene conocimiento de estos datos ni puede confirmarnos que lo sea.

Siendo un sistema binario es posible que hayamos capturado parte de un eclipse primario. El desconocimiento de los mismos por parte de los profesionales podría deberse a la dificultad en capturarlos por su rareza, el enorme espaciado en el tiempo, cambios en la geometría del sistema o su corta duración, entre otros varios.

Confiamos en que nuevas mediciones fotométricas, tomadas en una campaña futura, puedan refinar y ampliar los datos aquí expuestos.

Observatorio Astronómico de Cáceres. Cáceres (España), 23 de febrero de 2007.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al doctor Florentino Sánchez Bajo (Agrupación Astronómica de Cáceres y Universidad de Extremadura), a Sebastián Otero y a Javier Méndez Álvarez, del I.A.C., por la ayuda prestada, comentarios, ideas y críticas sin las cuales no habría sido posible completar este trabajo.

NOTA FINAL

El día 22 de febrero, a punto de terminar el artículo, recibimos un correo electrónico de Javier Méndez Álvarez, del "Isaac Newton Group of Telescopes" perteneciente al Instituto de Astrofísica de Canarias, en el que nos remitía el artículo *The Isaac Newton telescope Cassegrain spectrograph. Description and results of radial-velocity observations of stars near delta2 Lyrae* de Harding y Candy (1971).

En él, en sus páginas 255 y 256, se tabulaban las mediciones de velocidad radial de la estrella 3317 tomadas desde Kottamia (Egipto) por la expedición científica del Observatorio Greenwich (Woolley y Aly, 1966). Dichas velocidades radiales, medidas en km s^{-1} , son las siguientes:

Día Juliano	Vrad
2438847.624	-90
2438850.612	-25
2438851.612	-91
2438950.427	-22
2440092.417	+17

El último valor, tomado desde el observatorio de Greenwich en Herstmonceux (Inglaterra), tenía un error de $\pm 4.5 \text{ km s}^{-1}$. Aunque cinco mediciones son muy pocas para poder obtener un resultado válido, podemos apreciar que dos valores se repiten (-90 y -91 km s^{-1}) con un intervalo de apenas cinco días. ¿Son los mismos cinco días que apreciamos en las leves oscilaciones de brillo de nuestra fotometría?: no estamos seguros. Sin embargo en una nota para esta estrella los autores insertan el siguiente comentario: *Member? Certain SB with short period* ("¿Miembro?, binaria espectroscópica segura de corto período").

La búsqueda del posible período con el algoritmo de Scargle nos proporcionó tres valores muy distintos: 1.9977, 3.995 y 5.0925 días. Sólo el primero es parecido a los que obtenemos de nuestras mediciones y de TASS; dibujadas las curvas de luz con los tres comprobamos que la última parece de muy buena calidad. Dejamos para un trabajo futuro el análisis completo.

REFERENCIAS

- Anthony-Twarog, B. J., 1984, AJ, 89, 655.
 Bronkalla, W., 1963, AN, 287, 249.
 Eggen, O. J., 1968, ApJ, 152, 77.
 Eggen, O. J., 1983, MNRAS, 204, 391.
 Harding, G. A., Candy, M. P., 1971, R. Obs. Bull., 164, 249. *The Isaac Newton telescope Cassegrain spectrograph. Description and results of radial-velocity observations of stars near delta2 Lyrae.*
 Stebbins, J., 1911, ApJ, 34, 112.
 Stephenson, C. B., 1959, PASP, 71, 145.
 Woolley, Sir Richard, Aly, K., 1966, R. Obs. Bull. N° 114.