

SAO 64632 UNA NUEVA VARIABLE EN EL CAMPO DE U CRB

Francisco A. Violat Bordonau

David Violat Martín

fviolat@yahoo.es

En este trabajo presentamos un seguimiento de la estrella SAO 64632 (HIP 75011), situada en el mismo campo que la estrella variable eclipsante U CrB, astro que ha sido observado utilizando un pequeño telescopio de 75 mm de abertura. Nuestras propias curvas de luz y las obtenidas por la sonda *Hipparcos* (en banda B_T y V_T) han sido analizadas: el resultado muestra que es una variable de pequeña amplitud (casi 0.12 magnitudes) no catalogada previamente.

Hemos descubierto la variabilidad de la estrella SAO 64632 (también BD +32 2572 e HIP 75011), astro con un movimiento propio anual mensurable (catalogado como LTT 14557 o PPM 78506), dentro de un estudio llevado a cabo por nosotros para efectuar fotometría CCD de estrellas variables utilizando un pequeño telescopio de amplio campo y corta focal.

Para detectar oscilaciones de brillo en cualquier estrella variable es preciso disponer de un campo lo suficientemente amplio dentro del cual encontremos, además de la variable a estudiar, al menos dos estrellas más que nos sirvan de astro de comparación (con el cual estimar la diferencia de magnitud) y de chequeo, que nos permite comprobar la estabilidad fotométrica del anterior: si al representar la curva de luz de la estrella de chequeo obtenemos una línea recta estaremos seguros de que aquella no es variable; de lo contrario no podríamos estudiar la variable ya que sus propias oscilaciones lumínicas afectarían la calidad de las mediciones obtenidas.

Para este primer experimento elegimos una estrella variable que fuese visible desde nuestro observatorio a una hora cómoda y estuviese bien estudiada: la binaria eclipsante U CrB; se trata de un astro clasificado en el tipo EA situado en la posición α : 15h 18m 11.35s y δ : +31° 38' 49.42" de magnitud 7.82 V con un período de 3.4522053 días y una amplitud igual a 1.20 magnitudes. Como astro de comparación elegimos a la estrella SAO 64632 ($V = 8.8$, espectro K0 V) y como estrellas de chequeo tres astros que aparecen en la misma zona: TYC 2563-605-1 ($V = 9.55$), TYC 2563-1152-1 (también BD +32 2567, $V = 10.52$, espectro G5) y TYC 2563-1060-1 ($V = 10.30$); los datos de todas estas estrellas, tomados de SIMBAD, aparecen reflejados en la Tabla 1.

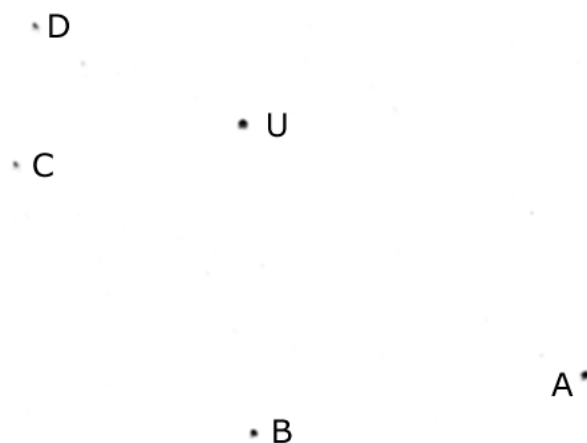


Figura 1. Campo estelar centrado en U CrB capturado con un refractor de 75 mm de diámetro y 500 de focal: las estrellas nominadas con letras corresponden a la variable (U), el astro de comparación (A) y los de chequeo (B a D); el norte está abajo y el este a la derecha (F. A. Violat Bordonau).

Tabla I

Nombre	B	V	$B-V$	Esp
A: HIP 75011	10.0	8.8	1.2	K0
B: TYC 2563-605-1	10.50	9.55	0.95	---
C: TYC 2563-1152-1	11.19	10.52	0.67	G5
D: TYC 2563-1060-1	11.6	10.30	1.3	---

Al medir simultáneamente tres astros de chequeo, en vez de uno como es habitual, se consigue un doble objetivo: por un lado comprobar repetidamente la estabilidad fotométrica de la estrella de comparación y por otro, si es posible, descubrir oscilaciones de brillo en alguna de ellas (en este caso estaríamos ante una o más nuevas estrellas variables). Todos estos astros han aparecido bien situados en las tomas y lejos de los bordes: esto ha permitido que su luz fuese medida correctamente por los anillos fotométricos del programa (de lo contrario, como ha sucedido en algunas pocas ocasiones, la luz de la estrella no puede ser cuantificada ni medida).

En la figura 1 aparece una imagen digital de la zona de U CrB, obtenida por F. Violat la noche del 25 de septiembre de 2006, en la cual hemos marcado con letras las distintas estrellas: "U" corresponde a la variable U CrB, "A" es la estrella de comparación (SAO 64632), "B" la estrella de chequeo TYC 2563-605-1, "C" la estrella TYC 2563-1152-1 y "D" la estrella TYC 2563-1060-1; el norte está abajo y el este a la derecha.

Las observaciones fueron realizadas a lo largo de 47 días entre el 30 de agosto y el 15 de octubre de 2006 (DJH 53978 al 54024); 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

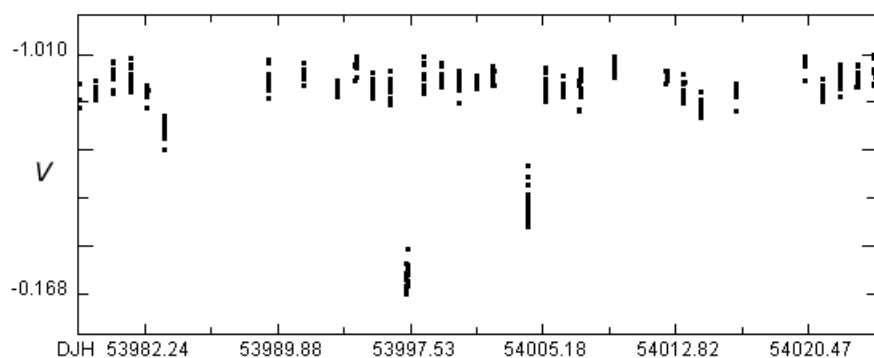


Figura 2. Curva de luz de U CrB en bruto formada por 395 puntos; son visibles partes de tres eclipses: el inicio (la caída de brillo) de uno, parte de la salida de su mínimo y parte del final de un tercero. Obsérvese que entre eclipses la curva no es una recta, sino que presenta oscilaciones periódicas de brillo.

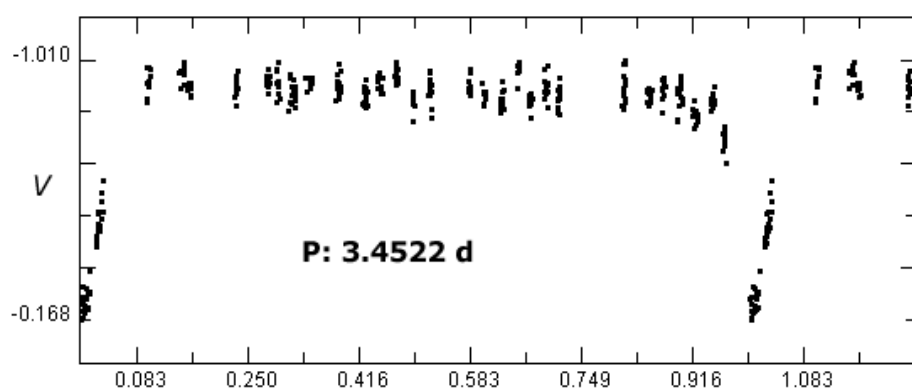


Figura 3. Curva de luz de U CrB dibujada utilizando un período igual a 3.4522 días; se aprecia claramente la caída del eclipse primario, parte de la recuperación (en dos noches distintas) y tímidamente un atisbo del eclipse secundario (fase 0.50). Son visibles también las oscilaciones periódicas de brillo entre los eclipses primarios.

mm de focal, capaz de proporcionar un campo de visión levemente superior a $36' \times 24'$; el filtro fotométrico utilizado ha sido el V Johnson. (El telescopio, un refractor *buscador-seguidor* de amplio campo visual, se encuentra instalado sobre el instrumento principal —MEADE de 203 mm de diámetro y 2 m de focal— el cual, a su vez, descansa sobre una montura EQ6Pro automatizada y motorizada en sus dos ejes.)

Todas las exposiciones, 402 en total, han sido obtenidas con el mismo tiempo de integración (40 segundos), lo que ha permitido que la magnitud límite sobrepasase levemente la 13^a; las imágenes han sido procesadas posteriormente de bias, campos oscuros y campos planos con el propio software de la cámara. Las 395 mediciones fotométricas válidas, en magnitudes diferenciales, se han obtenido de las imágenes utilizando el programa comercial AIP₄WIN.

Debido a que la relación señal/ruido ha sido siempre superior a 50 para la estrella SAO 64632 la precisión de las mediciones ha alcanzado las 0.05 magnitudes como mínimo: esto ha sido suficiente para capturar el eclipse secundario (amplitud: 0.06 magnitudes).

Utilizando SAO 64632 como estrella de comparación medimos rutinariamente el brillo de la variable U CrB en cada imagen, usando como estrellas de chequeo a TYC 2563-605-1, TYC 2563-1152-1 y TYC 2563-1060-1, todos ellos astros capturados cómodamente en las imágenes CCD; el uso de tres astros de chequeo nos ha permitido detectar rápidamente las variaciones de brillo de SAO 64632 y comprobar, de modo redundante, que su luz no es constante a lo largo del tiempo.

Al dibujar la curva de luz de U CrB con un total de 395 mediciones (figura 2) observamos que ésta presentaba una extraña "oscilación" periódica, muy visible a lo largo de la misma, en vez de aparecer como una recta casi perfecta: la dispersión de las medidas era apreciable a lo largo de cada sesión de trabajo pero no justificaba, de ninguna manera, el aspecto de la curva. A medida que obtuvimos más y más datos comprobamos que dichas oscilaciones aparecían regularmente a lo largo de la curva de luz, sin que hubiesen sido ocasionadas por el eclipse secundario ni se pudieran explicar de un modo adecuado.

Debido al corto período observacional de cada sesión antes de que descendiese demasiado, aproximadamente 60-90 minutos, no nos ha sido posible capturar más que parte de tres eclipses primarios en la noche de los DJH 53983, 53997 y 54004; representada la curva de luz con el período oficial (figura 3) se comprueba que la misma es similar a la obtenida por otros equipos, aunque son muy visibles las oscilaciones de brillo antes citadas que no deberían aparecer.

El fenómeno podía deberse a varios motivos tanto intrínsecos (variabilidad de una de las componentes, chorros de gas, etc.) como extrínsecos (errores al medir, presencia de cirros algunas noches, desigual sensibilidad a la luz del chip, cambio en la focal del telescopio, etc.) que, de momento, no analizaríamos hasta haber examinado el resto de las mediciones obtenidas. Lo que sí hicimos fue descargar de Internet algunos artículos profesionales: en ellos aparecerían curvas de luz del sistema con las que podríamos comprobar si el resultado obtenido era o no de calidad.

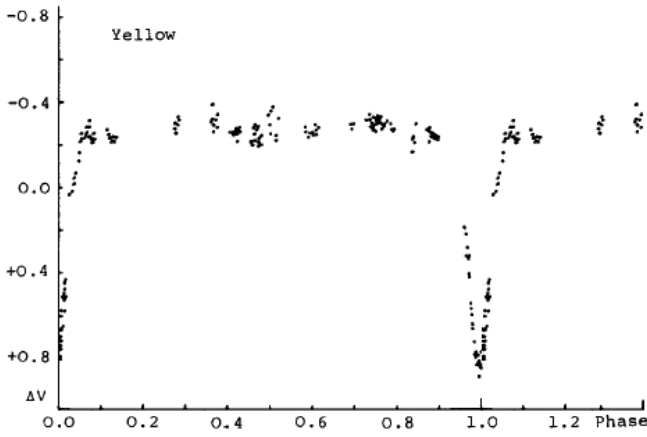


Figura 4. Curva de luz de U CrB tomada del trabajo de Svolopoulos y Kapranidis (1972). La cobertura fue lo suficientemente completa para mostrar muy bien la forma de la misma, la profundidad y definición del eclipse primario (de casi 1.2 magnitudes) pero no el secundario debido a su reducida profundidad, ya que éste debería aparecer en torno a la fase 0.51. Son notorias las oscilaciones de brillo entre eclipses, visibles como "saltos" de magnitud no coincidentes de noche en noche; la dispersión de las mediciones es próxima a 0.11-0.18 magnitudes en varias noches.

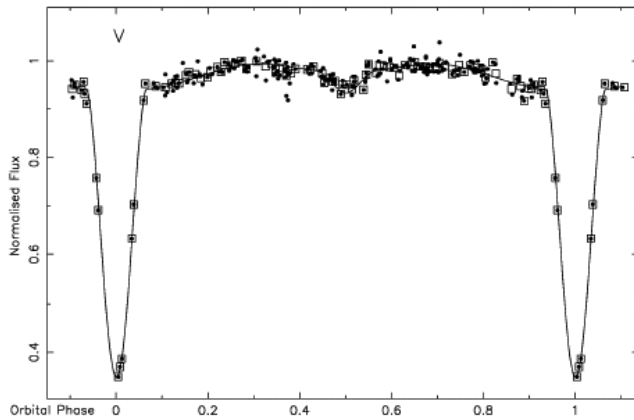


Figura 5. Curva de luz de U CrB dibujada a partir de las mediciones obtenidas por la sonda *Hipparcos* y modelizada por medio de una línea continua, tomada del trabajo de Yerli et al. (2003). En este caso la precisión de las mismas permite apreciar tanto el eclipse primario como el secundario, así como (algo menos evidentes en este caso) los cambios de brillo que ocurren en el sistema entre eclipses.

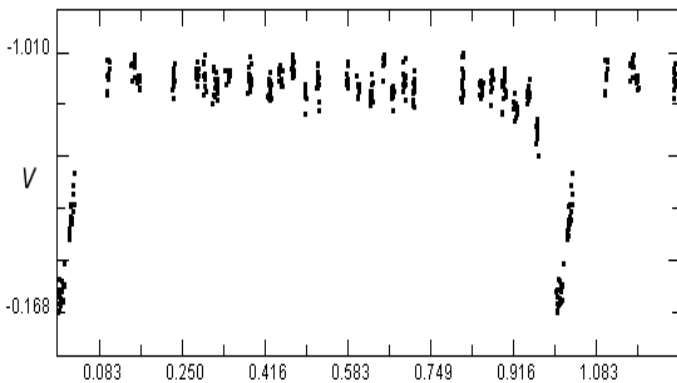


Figura 6. Curva de luz de U CrB obtenida por los autores empleando 395 mediciones con el período oficial (3.4522 días): se aprecia parte del eclipse primario, un leve atisbo del secundario así como oscilaciones lumínicas anómalas a lo largo de la misma.

Al hacerlo así comprobamos que la mayoría de las curvas de luz obtenidas, muchas de ellas con fotómetro fotoeléctrico, eran similares a la que nosotros conseguíamos con nuestros datos utilizando el período oficial.

En la figura 4 aparece la obtenida por Svolopoulos y Kapranidis en 1972, utilizando un reflector de 61 cm desde Grecia, mientras que en la figura 5 hemos insertado la realizada a partir de los datos de la sonda *Hipparcos*, publicada en el trabajo de Yerli et al. (2003): puede comprobarse que la forma de ambas es similar a la obtenida de nuestras mediciones (figura 6), aunque la dispar apertura de los instrumentos empleados (75 mm en nuestro caso) justifica la dispersión de nuestras medidas. En todo caso también son visibles estas oscilaciones, que aparecen como una "dispersión de puntos" de hasta 0.18 magnitudes, en la curva

de Svolopoulos y Kapranidis (ellos usaron como astro de comparación la estrella BD +32 2578, que nosotros no hemos utilizado).

Satisfechos de este primer éxito que superaba las expectativas más optimistas, ya que era nuestro primer experimento con este tipo de telescopio, pasamos a dibujar las curvas de luz de las restantes tres estrellas (B, C y D en nuestro mapa) con las cuales podríamos verificar la dispersión de las mediciones, la precisión a la hora de medir, la influencia de la meteorología local y la bondad del método de trabajo que habíamos empleado. Cuál no sería nuestra sorpresa al dibujar la curva de luz de la estrella de chequeo (B): en ella eran claramente visibles fuertes oscilaciones de brillo rítmicas, con una amplitud reducida (aproximadamente 0.3 magnitudes), pero que nos hacían dudar de la estabilidad de la estrella de comparación

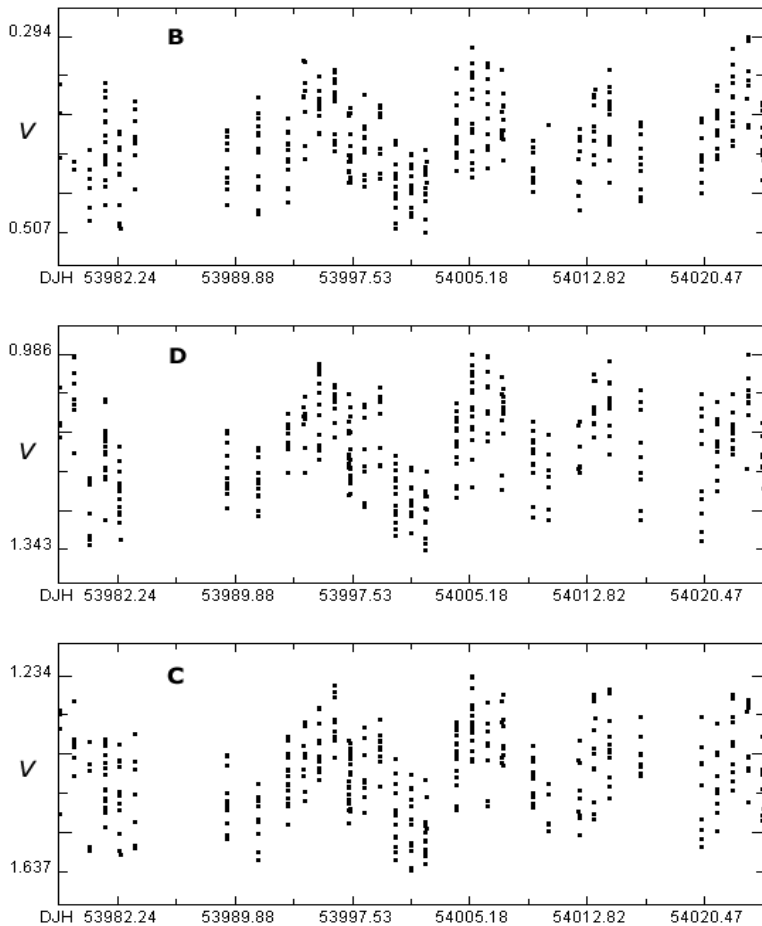


Figura 7. Curvas de luz de las estrellas B, D y C ordenadas por brillo, en magnitudes diferenciales, utilizando el astro A como estrella de comparación. Puede comprobarse que son idénticas las formas de las mismas, coinciden los máximos y mínimos (aunque la distinta posición de las estrellas y su proximidad a los bordes han impedido, algunas noches, tomar mediciones de brillo) pero sus amplitudes son distintas: 0.213 magnitudes para la estrella B, 0.357 magnitudes para D y hasta 0.403 magnitudes en el caso de la estrella C; esto se ha debido a la creciente debilidad de cada astro, lo cual ha incrementado el error al efectuar las mediciones.

(A), de la calidad de las mediciones, del método de trabajo o de todos ellos a la vez. De modo que pasamos a dibujar las curvas de luz de las estrellas restantes: C y D. Al hacerlo así la sorpresa fue, nuevamente, enorme: obtuvimos sendas curvas de luz idénticas en todo a la anterior.

En la figura 7 hemos dibujado las curvas de las tres estrellas de chequeo (B, C y D) ordenadas por sus brillos (B, D y C); como en todos los casos las magnitudes son diferenciales con respecto a la estrella de comparación (A).

Un examen visual de las mismas pone de manifiesto que las tres son idénticas en su forma ondulante, los mínimos y máximos suceden en las mismas fechas mientras que las ramas descendentes o ascendentes de los cambios de magnitud presentan idéntico aspecto. Las amplitudes registradas han sido distintas, algo lógico teniendo en cuenta el brillo propio de las estrellas (lo que influye directamente en la precisión a la hora de medir): de este modo en el caso de la estrella B encontramos una amplitud igual a 0.213 magnitudes, en el caso de la estrella D (que le sigue en brillo) este valor asciende a 0.357 magnitudes pero sube a 0.403 magnitudes para la estrella C que es, precisamente, la más débil de las cuatro.

Debido a la posición de las estrellas con respecto a los bordes no ha sido posible tomar el mismo número de mediciones en todos los casos:

en ocasiones alguna de estas estrellas (especialmente C y D) han aparecido tan próxima a los mismos que no ha sido posible medirlas; el número de datos ha sido el siguiente: 374 puntos en la estrella B, 367 puntos para D y 380 para C. Esta diferencia es visible en el tercer mínimo (DJH 54010): mientras que en A sólo hay una medición y en C cinco la estrella D, más lejana del borde, tiene hasta siete.

Teniendo en cuenta que el telescopio es de pequeño diámetro y que, por tanto, existe un cierto error al determinar las magnitudes estas amplitudes han de ser, forzosamente, menores: para la estrella más brillante de las tres (B) este valor puede reducirse hasta las 0.18 magnitudes aproximadamente, quedando las amplitudes de las estrellas D y C en torno a las 0.30-0.35 magnitudes como máximo.

En vista de estos resultados tuvimos claro que lo que estábamos observando en realidad eran las oscilaciones lumínicas de la estrella A, el astro de comparación, reflejadas en las tres estrellas de chequeo B, C y D (buscando un símil: lo que veíamos era la forma de la mano contemplando su sombra sobre tres superficies distintas).

Teniendo tres conjuntos de datos podríamos intentar determinar de ellos el período de la estrella A y, a partir de los resultados (que forzosamente habrían de ser parecidos), dibujar las curvas de luz de B, C y D para comprobar si el período era correcto y A realmente era variable.

El análisis de las observaciones ha sido realizado, como en otros casos, por medio del programa AVE* escrito por Rafael Barberá (miembro del Grupo de Estudios Astronómicos, G.E.A.); utilizando el algoritmo de Scargle (Scargle, 1982),

*<http://www.astrogea.org/soft/ave/aveint.htm>

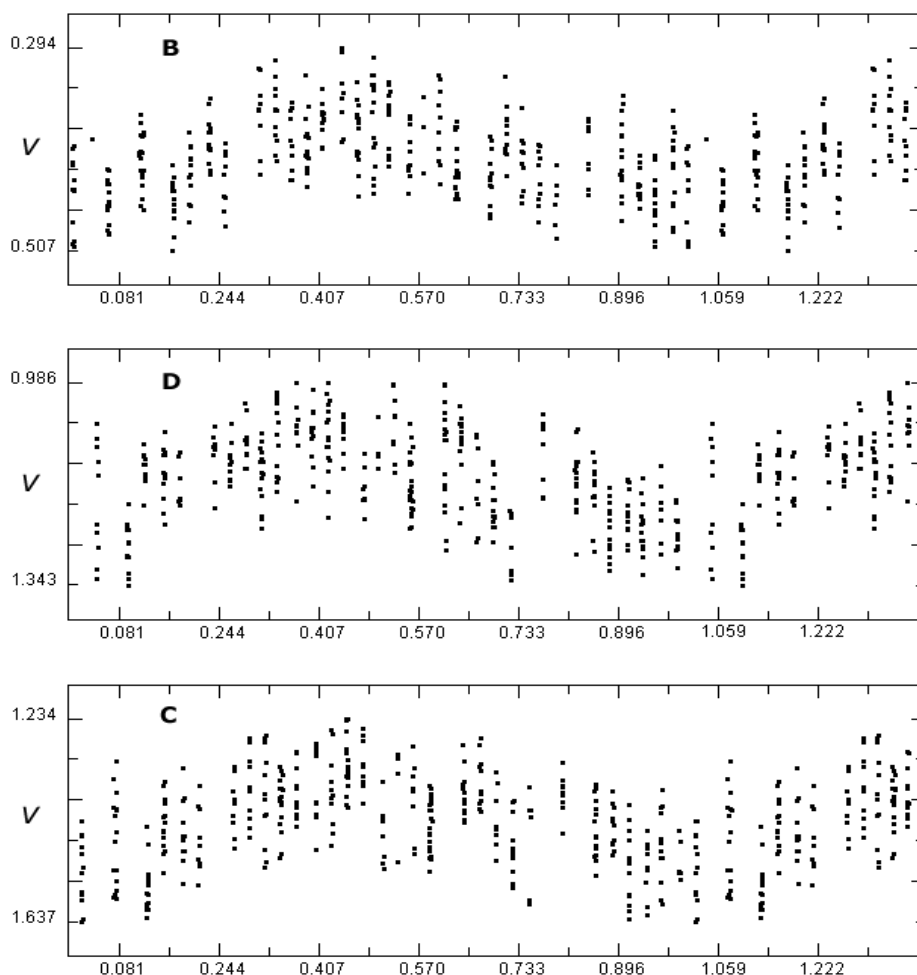


Figura 8. Curvas de luz de las estrellas B, D y C dibujadas utilizando un período igual a 9.218 días: salvo en el caso de la estrella B, en la cual la dispersión es más reducida, las otras dos se ajustan algo peor a este valor.

muy apropiado para el análisis de mediciones que no están bien distribuidas en el tiempo (como era nuestro caso), al buscar en el intervalo 1-60 días encontramos un período igual a 9.200 días para la estrella B, 9.211 días para la estrella D y 9.243 días para la estrella C, valores que no eran muy diferentes entre sí.

El período de oscilación de la estrella A, por tanto, estaba en el intervalo 9.20-9.24 días con un valor promedio igual a 9.218 días; la pequeña discrepancia encontrada para la estrella C podía explicarse, en una primera aproximación, suponiendo que nuestras mediciones no eran demasiado precisas debido a la poca potencia del instrumento empleado y al reducido período observacional.

Al representar las curvas de luz con este valor promedio (9.218 días) comprobamos con satisfacción que se obtenían buenos resultados (figura 8): en el caso de las estrellas D y C las dispersiones eran levemente mayores al haber utilizado períodos que eran ligeramente distintos a los obtenidos para estas estrellas (9.211 y 9.243 días respectivamente); de todos modos incluso en ellas se podían apreciar sin problemas los ascensos, máximos, descensos y recuperaciones de brillo presentando formas suavemente redondeadas.

Los resultados volvían a ser consistentes entre

sí y nos indicaban que no habíamos cometido demasiados errores al efectuar las mediciones.

Investigando en Internet y más concretamente en SIMBAD* comprobamos que la variabilidad de SAO 64632 (HIP 75011) fue detectada por el instrumento *Tycho* durante el proyecto *Hipparcos*, aunque hasta la fecha no se ha publicado ningún estudio sobre el tema utilizando estos datos; las mediciones pueden descargarse directamente de SIMBAD**. En este caso son tres los conjuntos de datos disponibles según el filtro utilizado por el satélite: V_T similar al V Johnson, B_T parecido al B Johnson y H que son las mediciones *Hipparcos*: para realizar la transformación al sistema estándar es preciso efectuar ciertas operaciones aunque el resultado es bastante fiable.

La relativa pobreza de estas, paradójicamente, abundantes mediciones fotométricas, la mala cobertura temporal (ya que están muy mal distribuidas en el tiempo) y la gran dispersión de las mismas impidieron a los analistas obtener un único período inequívoco, por lo cual aparece en el catálogo *Hipparcos* como astro de variabilidad sin clasificar. Reproducimos a continuación un frag-

*<http://simbad.u-strasbg.fr/sim-fid.pl>

**<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/vizExec/Vgraph?I/239/75011&O>

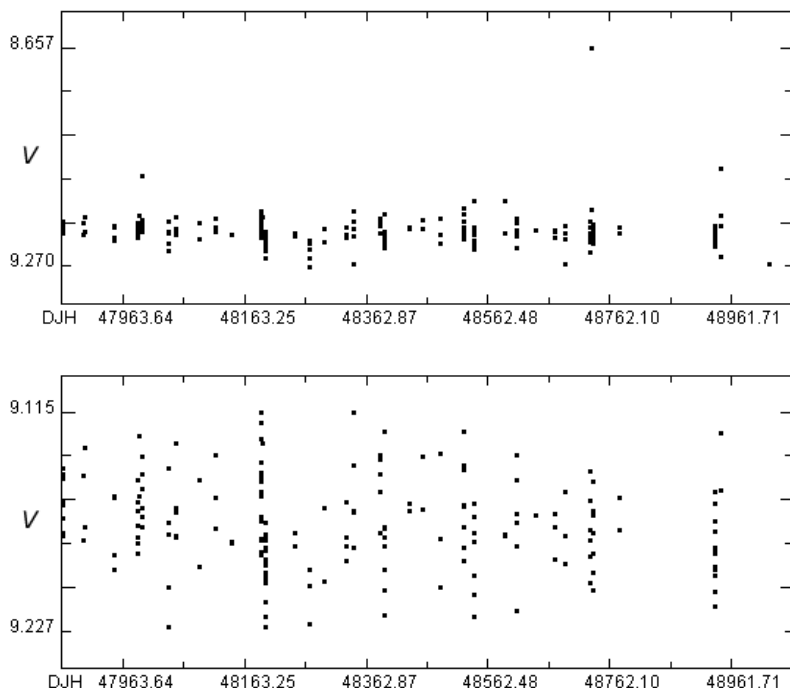


Figura 9. Curva de luz de SAO 64632 dibujada a partir de 206 mediciones de *Hipparcos*: debido a que contiene algunas mediciones erróneas, probablemente debidas a la contaminación de la cercana brillante variable U CrB, la amplitud aparente de la estrella es igual a 0.613 magnitudes. Es notoria la irregular distribución de las mediciones a lo largo del tiempo observado por la sonda espacial.

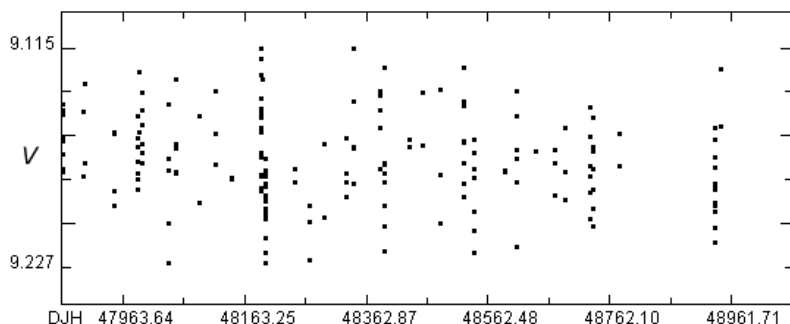


Figura 10. Curva de luz de SAO 64632 dibujada a partir de 191 mediciones depuradas del fichero *Hipparcos*: una vez eliminados los puntos discrepantes la amplitud en este caso es igual a sólo 0.112 magnitudes, valor no muy diferente al obtenido por nosotros. La irregular distribución de las mediciones impide apreciar, a simple vista, el período de la misma.

mento de estas mediciones; las columnas ofrecen el DJH - 2440000, la magnitud V_T y el error:

7864.25800	9.064	0.178
7864.25800	9.419	0.173
7899.90395	9.156	0.169
7899.90396	9.026	0.126
7899.97847	8.920	0.214
7899.97854	9.003	0.172
7899.99278	8.678	0.217
7899.99286	8.909	0.195
7948.68779	8.859	0.155
7948.68784	8.995	0.134

Podemos comprobar que entre las mediciones de la primera noche y las de la segunda han transcurrido 35 días, pero entre la segunda y la tercera han pasado nada menos que 49 días; el error fotométrico, por su parte, nunca ha sido inferior a 0.12 magnitudes en todos los casos. (La dispersión de las mediciones, dentro de la misma noche, en ocasiones sobrepasa las 0.23 magnitudes: tal es el caso de la primera y segunda línea pero también de la séptima y la octava.)

Al disponer de un conjunto de datos fotométricos independiente de los nuestros, necesariamente de peor calidad dada la pequeña abertura del instrumento, pensamos que sería posible intentar determinar el período de las mediciones V_T , más parecidas a las nuestras o incluso de las B_T .

Una vez descargados ambos conjuntos de datos y representados con AVE comprobamos con estupor que la calidad de los mismos era peor de lo que podíamos pensar: en ambos ficheros se habían intercalado mediciones de otros astros más brillantes, probablemente estrellas próximas; de este modo en el fichero de datos V_T aparecían un total de 286 mediciones entre las magnitudes 8.300 y 12.047, mientras que en el fichero de me-

diciones *Hipparcos* (H) nos encontrábamos con un total de 206 puntos entre las magnitudes 8.657 y 9.270. El fichero B_T era el peor de todos, probablemente por ser una estrella anaranjada.

Tras depurar los ficheros por el procedimiento de eliminar las mediciones anómalas nos quedamos con unos conjuntos de datos más normalitos: 270 puntos en el B_T , 271 en el V_T y 191 en el H , este último el de mejor calidad.

En la figura 9 hemos dibujado la curva de luz de la estrella utilizando estos últimos datos: la inclusión de algunas mediciones erróneas de un astro brillante, probablemente la cercana estrella U CrB, origina una amplitud igual a 0.613 magnitudes aunque la inmensa mayoría de los datos son más débiles (en torno a la magnitud 9.1-9.2) y muestran una dispersión mucho más reducida (casi 0.2 magnitudes). Al eliminar las mediciones que, a nuestro juicio, son erróneas (figura 10) obtenemos una curva de luz formada por puntos dispersos, sin forma alguna, mucho más cercana a la amplitud que nosotros medimos: en ella podemos comprobar que la dispersión es igual a sólo 0.112 magnitudes (incluso podría ser un poco menor si eliminamos algunos puntos), aunque debido a la irregular y desigual cobertura temporal del satélite no es fácil apreciar período alguno en esta "nube" de puntos dispersos.

Es evidente que con un conjunto de datos distribuidos de modo tan irregular no es fácil encontrar un período de oscilación ni, naturalmente, dibujar una buena curva de luz; pese a todo empleamos con provecho el algoritmo de Scargle, ideal para este tipo de mediciones, sobre estos datos: primero sobre el conjunto completo y luego sobre el depurado. Al hacerlo así obtuvimos en un período igual a 9.315 días, valor que ascendía a

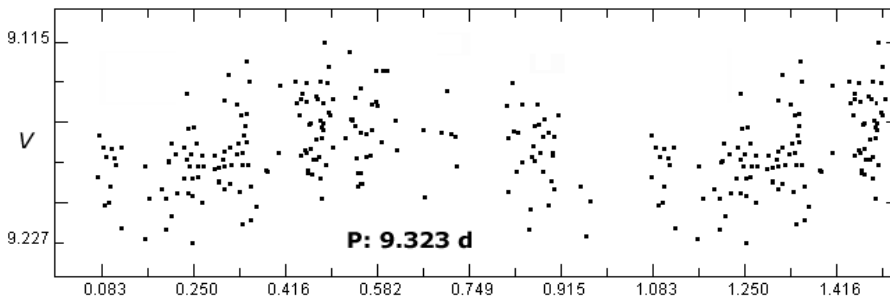


Figura 11. Curva de luz de SAO 64632 dibujada a partir de 191 mediciones de *Hipparcos* utilizando un período igual a 9.323 días; pese a la dispersión de las mediciones puede apreciarse su forma redondeada y su pequeña amplitud.

9.323 días para el conjunto depurado: la diferencia con nuestro valor promedio era igual a 0.105 días (2.52 horas), diferencia que se reducía a sólo 0.08 días (1.92 horas) en el caso del período determinado de la estrella C (9.243 días).

Al dibujar la curva de luz con el primer fichero conseguimos, pese a la presencia de puntos anómalos, una curva tímidamente oscilante levemente parecida a las nuestras; cuando utilizamos el segundo fichero con el segundo período logramos una curva de luz mucho mejor (figura 11) en la cual contados puntos aparecían fuera de su lugar. La utilización del algoritmo de Bloomfield nos proporcionó valores similares: 9.317 y 9.322 días respectivamente, no muy distintos a los anteriores y algo más cercanos a nuestro valor promedio.

Una vez que comprobamos que SAO 64632 era variable quisimos saber en qué tipo podíamos clasificarla, ya que por su curva de luz no era fácil hacerlo; en Internet, más concretamente en el servicio bibliográfico del Centro de Datos Estelares (CDS), encontramos únicamente cuatro trabajos: el más antiguo del año 2000 y el más reciente del 2003... evidentemente la estrella no había sido estudiada con asiduidad. En SIMBAD localizamos algunos datos básicos que hubimos de completar leyendo despacio alguno de estos trabajos (como Strassmeier et al., 2000): espectro: K0 V; paralaje: $0.02227 \pm 0.00123''$; distancia: 145 a.l.; velocidad radial: $-26.6 \pm 0.4 \text{ km s}^{-1}$; índice de color B-V: 0.83; T_{eff} : 5210 K y M_V : 5.9. Además esta estrella anaranjada (enana K) muestra un movimiento propio anual mensurable (está catalogada como LTT 14557 y PPM 78506), siendo un astro que pertenece al “supercúmulo de las Hyades”, un vasto conjunto de estrellas que comparten el mismo movimiento propio en el cielo.

Dado que su espectro era K0 no podía ser una estrella Cefeida (blanca) ni una Mira (roja), pero tampoco podíamos enclavarla dentro de las binarias eclipsantes: la forma de la curva de luz no parecía ser la propia de este tipo de cuerpos, además de que en la bibliografía no aparece ninguna prueba de su carácter binario. Sólo se nos ocurría una única explicación para que la estrella variase en esa pequeña cuantía y con ese período: que fuese un astro que girase lentamente con manchas y grupos de manchas parecidas a las solares.

Buscando en el CDS topamos con dos trabajos

sobre la rotación estelar de astros tardíos, el primero de ellos de Radick et al. (1987) y el segundo de Fekel (1997); el primero estudiaba la actividad, variabilidad y rotación de estrellas de la parte inferior de la Secuencia Principal de las Hyades por lo cual podíamos utilizar sus resultados; el segundo estudiaba 133 estrellas contenidas en el *Bright Star Catalogue*, por lo que era menos valioso para nosotros.

Antes de continuar es preciso aclarar qué es la velocidad de rotación estelar o “velocidad de rotación proyectada” ($V \sin i$). Dado que las estrellas aparecen como astros puntuales es imposible separar sus limbos (el que se aproxima y el que se aleja al rotar) por lo que será la anchura de sus líneas espectrales la que se encuentre influenciada por este hecho: cuanto más velozmente gire más anchas, con respecto a una estrella que no gire, aparecerán. Naturalmente desconocemos la inclinación del eje de giro: éste puede aparecer casi perpendicular, como en el caso del Sol, pudiendo medir la verdadera velocidad ecuatorial; puede aparecer en cualquier otro ángulo, con lo que la velocidad medida será inferior a la real (de ahí el factor “ $\sin i$ ”, en donde i es la inclinación del eje de rotación) o incluso puede aparecer dirigido hacia el observador: en este caso no es posible apreciar ensanchamiento rotacional alguno. Es por ello que las velocidades rotacionales de las estrellas, salvo en ciertos casos muy favorables, es inferior a la real. En el caso de SAO 64632 disponíamos de dos mediciones tomadas del trabajo de Strassmeier et al. (2000): 10.1 y 6.2 km s^{-1} , velocidades que habían determinado en la misma noche.

Según el trabajo de Fekel las 20 estrellas de tipos espectrales K0 V al K4 V medidas por él presentaban velocidades rotacionales de entre 0.6 y 3.9 km s^{-1} : todas aparecían como cuerpos de lenta rotación; teniendo en cuenta el posible error al medir y la inclinación del eje de giro (desconocida) podemos pensar que esta velocidad no es demasiado elevada y puede ser aproximadamente, como máximo, de hasta 8-10 km s^{-1} . En este caso su período de rotación, teniendo en cuenta el tamaño típico de estos astros, podría estar en el rango 5-8 días: la discrepancia con nuestro resultado no es muy alta pero sí existe.

Sin embargo hay que tener en cuenta que la muestra de Fekel cubre estrellas de muy diverso

origen y edad: casi la mitad de las estrellas de tipo espectral G2 V del cúmulo α Persei, por ejemplo, presentan velocidades comprendidas en el rango 25 a 150 km s⁻¹ debido a que tienen una edad de unos 50 millones de años; por contra las estrellas de tipos espectrales similares de las Pléyades poseen velocidades rotacionales bajas, aunque las de tipos espectrales tardíos (posteriores al K2 V) se encuentran en el rango 30-150 km s⁻¹.

El trabajo de Radick et al., sin embargo, analiza 24 estrellas del cúmulo Hyades (edad: unos 600 millones de años) entre los tipos F8 V y K8 V por lo cual es un conjunto homogéneo que puede servirnos para nuestro propósito (no olvidemos que la estrella que estamos estudiando pertenece al supercúmulo Hyades).

En este trabajo encontramos que tres estrellas de tipo espectral K0-K1 (similar a la nuestra) presentan velocidades de rotación entre los 4.3 y 6.7 km s⁻¹: el período de rotación según estos datos está entre los 9 y 11.5 días. La muestra es demasiado pequeña como para querer hacerla extensiva a todas las estrellas del cúmulo de idéntico tipo espectral, pero al menos es orientativa. (Según estos observadores el período de rotación de estas estrellas se incrementa suavemente desde los 5 días de los astros de tipo F8 V a los 13 días en los astros de tipo K5 V, bajando suavemente desde los 11 a los 4 km s⁻¹.)

Las velocidades de rotación de SAO 64632 son levemente mayores que las de este estudio por lo que, quizá, rote a mayor velocidad; incluso en el caso de que su eje de rotación fuese perpendicular a nosotros (y, por tanto, midiésemos su velocidad ecuatorial real) la hipótesis de las manchas continúa siendo válida: si su zona ecuatorial rota con un período de 6 a 8 días las manchas situadas en una latitud más alta rotarán con un período de 8 a 15 días, según su latitud.

Dado que el período de variación fotométrico promedio encontrado por nosotros es igual a 9.22 días, y estrellas de similares espectros y edades que también pertenecen al mismo cúmulo tienen velocidades de rotación parecidas, hemos de concluir que, hasta que encontremos una explicación mejor, este cambio de magnitud se debe a la rotación estelar: en este caso estaríamos ante la presencia de "manchas" más oscuras que aparecen y desaparecen debido a la rotación estelar.

El modelo "estrella con manchas que rota" se confirma por los siguientes puntos:

a) la curva de luz de la estrella, tanto *Hipparcos* como nuestra, es suavemente redondeada

b) las curvas de luz obtenidas por ambos equipos presentan una cierta dispersión, lo que indica que no se repiten con exactitud de ciclo en ciclo; esto es especialmente notorio en nuestro caso al haber medido cinco máximos y tres mínimos

c) las curvas de luz no se repiten debido a que los grupos de manchas cambian de aspecto, lati-

Tabla II

Par	Medidas	Período	Amplitud
A-B	374	9.200	0.213
A-C	380	9.243	0.403
A-D	367	9.211	0.357
B-A	379	9.172	0.208
D-A	379	9.130	0.356

tud o número, y finalmente

d) los ciclos, aunque presentan un período medio en torno a los 9.2 días, no parecen ser de igual duración: esto puede deberse a que las manchas aparecen en distintas latitudes (y, por tanto, se mueven por zonas de distinta velocidad).

Para refinar el período y la amplitud de SAO 64632 nos hemos tomado el trabajo de medir todas las imágenes otras dos veces más: la primera usando como nuevo astro de comparación la estrella B (TYC 2563-605-1) y la segunda utilizando como astro de comparación la estrella D (TYC 2563-1060-1); podíamos haber medido una cuarta vez todas las imágenes empleando la estrella C como astro de comparación, pero al ser la más débil de todas no lo creímos conveniente.

Al medir el brillo de la estrella A con los nuevos astros de comparación obtuvimos los resultados que mostramos en la Tabla II, la cual ofrece la pareja medida (la primera estrella es la de comparación, la segunda la de chequeo), el número de mediciones válidas, el período obtenido y la amplitud determinada con este astro.

Podemos ver que su período aparece en el rango 9.130-9.243 días mientras que la amplitud está entre las 0.208 y las 0.403 magnitudes, según la estrella empleada; la diferencia en el período medido frente al valor obtenido por *Hipparcos* (9.323 días) está en el rango 0.185-0.080 días.

Si comparamos los resultados de las parejas A-B y B-A veremos que las amplitudes medidas (0.213 y 0.208 magnitudes) y los períodos obtenidos (9.200 y 9.172 días) son muy parecidos: las diferencias son iguales a 0.005 magnitudes y 0.028 días; al comparar las parejas A-D y D-A las amplitudes (0.357 y 0.356 magnitudes) y períodos (9.211 y 9.130 días) son también similares: las diferencias son ahora 0.001 magnitudes y 0.081 días. Como es difícil que al medir las imágenes utilizando estrellas de comparación distintas, como ha sido el caso, obtengamos casi los mismos resultados creemos que todos los parámetros obtenidos son buenos: la confirmación es que la amplitud y el período son similares a los obtenidos por la sonda *Hipparcos* años atrás.

El modelo de manchas podría comprobarse con una campaña fotométrica más amplia y de mayor precisión realizada durante el año 2007: si el período de oscilación cambia con el tiempo estaríamos ante un fenómeno de *migración de latitud* similar al del Sol en el cual las manchas aparecen

en latitudes altas al inicio de cada ciclo para, con el tiempo, ir migrando a latitudes cada vez más bajas. Este fenómeno se mostraría ante nuestros equipos como un acortamiento del período de oscilación con el tiempo (quizá durante varios años), a medida que los grupos de manchas migran pero también en forma de ciclos de amplitudes levemente desiguales que originan una curva de luz con una cierta dispersión.

Esperamos disponer de un conjunto de datos mucho más amplio y preciso, obtenido por varios observadores durante el año 2007, para confirmar o desmentir esta hipótesis.

Observatorio Astronómico de Cáceres, España,
24 de octubre de 2006.

Nota: Buena parte de las imágenes utilizadas en este trabajo han sido obtenidas por el segundo autor (David Martín Mateos, de siete años de edad), quien también ha colaborado en el análisis de las mediciones, obtención de los periodogramas utilizados y dibujo de las curvas de luz.

Agradecimientos: Este trabajo de investigación se ha realizado consultando la base de datos SIMBAD, operada por el CDS en Estrasburgo, Francia; el servicio NASA ADS Abstract fue utilizado también para buscar referencias y artículos publicados. Todas las observaciones están disponibles bajo pedido por e-mail al autor: Francisco Violat Bordau (fviolat@yahoo.es).

CONCLUSIONES

Hemos estudiado fotométricamente la estrella variable, de tipo binaria eclipsante, U CrB durante 47 días entre el 30 de agosto y el 15 de octubre de 2006 (DJH 53978 al 54024), por medio de un refractor acromático de 75 mm de diámetro y 500 mm de focal, con la intención de comprobar si era posible realizar fotometría de calidad de estrellas variables con este instrumento.

En este período hemos capturado imágenes durante 32 noches en las cuales se han obtenido 402 fotografías (con filtro V Johnson) de buena calidad, empleando la estrella SAO 64632 (un astro de movimiento propio anual mensurable -PPM 78506- perteneciente al supercúmulo Hyades) como astro de comparación y tres estrellas *Tycho* como astros de chequeo fotométrico.

El análisis de 395 mediciones ha permitido obtener la curva de luz de la variable eclipsante, parte de su eclipse primario y, quizá, un mínimo esbozo del secundario; sin embargo en ella también hemos apreciado oscilaciones periódicas de

brillo, lo mismo que en las tres estrellas de chequeo, de origen desconocido. Al representar las curvas de luz de estos astros hemos podido medir en todos ellos un período de oscilación próximo a los 9.22 días con dispares amplitudes (de 0.19 a 0.35 magnitudes), lo que indicaba que la estrella de comparación SAO 64632 era variable.

Descargadas de SIMBAD las mediciones de este astro obtenidas por la sonda *Hipparcos*, comprobamos que de las mismas se extrae un período de oscilación fotométrico de 9.323 días con una amplitud de 0.112 magnitudes, valores que son muy parecidos a los nuestros.

A la vista de estos resultados pensamos que estamos ante una nueva estrella variable no identificada previamente; estas leves oscilaciones de brillo podrían deberse a la presencia de manchas oscuras que, al rotar con la estrella, ocasionan estas pequeñas caídas en la luz estelar. El período de rotación deducido tanto de las mediciones *Hipparcos* (9.323 días) como nuestras (9.20-9.24 días) es similar al de varias estrellas de idéntico tipo espectral (K0 V) del cúmulo Hyades, grupo al cual pertenece este astro.

REFERENCIAS

- Fekel, F. C., 1997, PASP, 109, 514.
- Radick, R. R., Thomson, D. T., Lockwood, G. W., Duncan, D. K., Baggett, W. E., 1987, ApJ, 321, 459.
- Scargle J. D., 1982, ApJ, 263, 835.
- Strassmeier, K., Washuettl, A., Granzer, Th., Scheck, M., Weber, M., 2000, A&AS, 142, 275.
- Svolopoulos, S. N., Kapranidis, S., 1972, IBVS 731.
- Yerli, S. K., Sarna, M. J., Zola, S., Smith, R. C., Tovmasian, G., 2003, MNRAS, 342, 1349.
- Wood, D. B., 1958, ApJ, 127, 351.