

TYC 2563-1060-1 UNA SEGUNDA NUEVA VARIABLE EN EL CAMPO DE U CRB

Francisco A. Violat Bordonau
David Violat Martín
fviolat@yahoo.es

Presentamos un estudio de la estrella TYC 2563-1060-1, situada en el mismo campo que las estrellas U CrB y SAO 64632, astros que han sido observados con un telescopio de 75 mm de abertura. Nuestras mediciones, las obtenidas por la sonda *Hipparcos* (en bandas B_T y V_T) y el proyecto ROTSE han sido analizadas: el resultado muestra que es una variable de pequeña amplitud (inferior a 0.10 magnitudes) con un período cercano a 21 días (*Hipparcos* y ROTSE), 24 días según nuestros datos, no catalogada previamente como astro variable.

Hemos descubierto la variabilidad de la estrella TYC 2563-1060-1 (GSC 0263-01060) dentro de un estudio llevado a cabo para efectuar fotometría CCD de estrellas variables utilizando un pequeño telescopio de amplio campo y corta focal.

En un artículo anterior (Violat y Violat, 2006) expusimos los resultados obtenidos al trabajar en la zona de la estrella variable binaria eclipsante U CrB (α : 15h 18m 11.35s y δ : +31° 38' 49.42", 2000.0): al elegir como astro de comparación la estrella SAO 64632 ($V = 8.8$, espectro K0 V) comprobamos que las curvas obtenidas en las tres estrellas de chequeo utilizadas (TYC 2563-605-1, TYC 2563-1152-1 y TYC 2563-1060-1) mostraban idénticas oscilaciones periódicas. El examen de estas oscilaciones y el estudio de nuestras mediciones nos llevó a determinar su período y, de éste, la amplitud y la curva de luz; al analizar las mediciones de la sonda *Hipparcos* obtuvimos un período y una curva de luz que corroboraron los resultados determinados de nuestros datos.

El haber obtenido períodos y amplitudes distintas de la variable SAO 64632, según la estrella de chequeo que analizásemos, nos llevó a medir por segunda vez las 402 imágenes obtenidas para:

- a) comprobar que se obtenían similares resultados (período y amplitud)
- b) descartar que las mediciones estuviesen afectadas por errores sistemáticos desconocidos, y
- c) obtener, nuevamente, la curva de luz de SAO 64632 empleando como astro de comparación una de las estrellas de chequeo.

Los datos de las cuatro estrellas "no variables" de la zona, tomados de SIMBAD, aparecen reflejados en la Tabla 1; los índices de color han sido

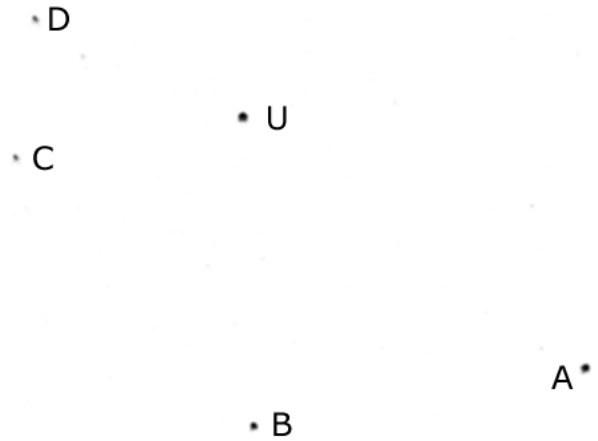


Figura 1. Campo estelar centrado en U CrB capturado por los autores con un refractor de 75 mm de diámetro y 500 de focal: las estrellas nominadas con letras corresponden al astro de comparación (A) y los de chequeo (B a D); el norte está abajo y el este a la derecha.

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	---

determinados por nosotros de estos mismos datos.

Puesto que en esta ocasión hemos trabajado con el programa AIP₄WIN, el cual no conserva los datos calibrados (como sí hace AstroArt), ha sido preciso remedir, una a una, las 402 imágenes almacenadas en el disco duro del ordenador.

Para ello elegimos como estrella de comparación a TYC 2563-1060-1 (α : 15h 17m 18.72s y δ : +31° 34' 31.38", magnitud 10.30 V), astro moderadamente brillante situado en la parte noroeste de la zona; en la figura 1 mostramos una imagen digital del campo que rodea a U CrB, obtenida 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 SAO 64632, "B" la estrella de chequeo TYC 2563-605-1, "C" la estrella TYC 2563-1152-1 (también BD +36 2567) y "D" la estrella de comparación TYC 2563-1060-1; como en imágenes anteriores el norte está abajo y el este se localiza 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 mm de focal, capaz de proporcionar un campo de visión levemente superior a 36' x 24'; el filtro fo-

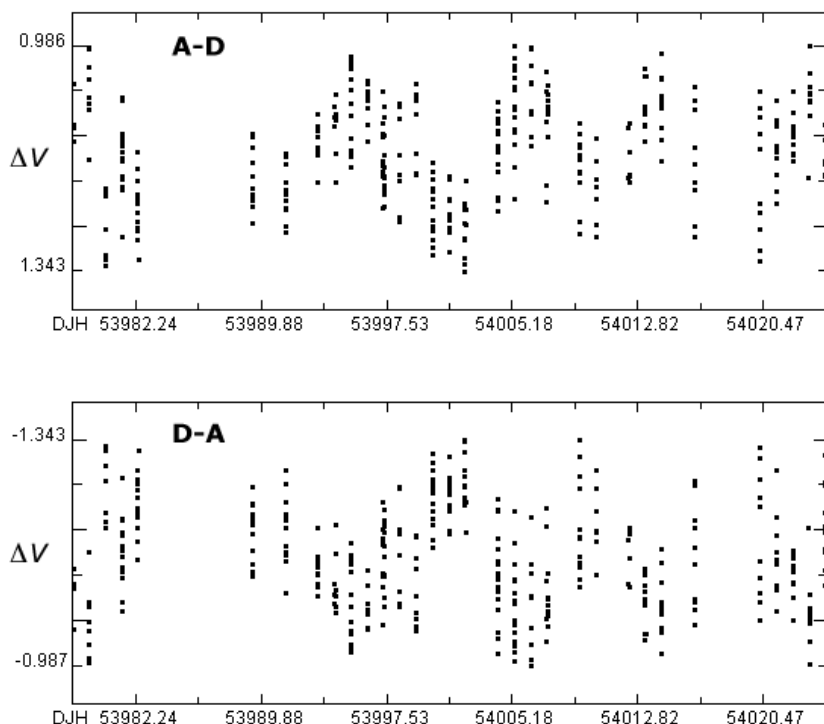


Figura 2. Curvas de luz de SAO 64632 en bruto, medidas en magnitudes diferenciales, obtenidas utilizando como astros de comparación a SAO 64632 con respecto a la estrella D (arriba) y la estrella A con respecto a SAO 64632, abajo: en el primer caso la amplitud es igual a 0.357 magnitudes, en el segundo es igual a 0.356 magnitudes. Como puede observarse las curvas aparecen prácticamente especulares una con respecto a la otra: esto es debido al diferente brillo de las estrellas de comparación que en un caso produce valores positivos y en el otro negativos; pese a todo son visibles los máximos y mínimos los cuales suceden en las mismas fechas.

tométrico utilizado ha sido el V Johnson

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 superase 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 mediciones fotométricas válidas, en magnitudes diferenciales ΔV , se han obtenido de las imágenes utilizando con provecho el programa comercial AIP₄WIN.

Al obtener las curvas de luz de las estrellas de chequeo empleando a SAO 64632 como estrella de comparación obtuvimos extrañas "oscilaciones periódicas", muy visibles a lo largo de las mismas, en vez de aparecer todas como líneas rectas de distinta anchura: la dispersión de las medidas era apreciable a lo largo de cada sesión de trabajo (mayor o menor según el brillo propio de la estrella) pero no justificaba el aspecto de las mismas. De las distintas mediciones obtuvimos tres períodos muy similares entre sí, aunque las amplitudes eran distintas según el brillo de cada estrella (como es natural en estos casos cuanto más débil es la estrella a medir mayor es la dispersión obtenida, al aumentar los errores aleatorios debidos a la menor relación señal/ruido).

Estos datos aparecen reflejados en la Tabla II, la cual lista las parejas de astros utilizados (el primero es la estrella de comparación, el segundo la de chequeo), las mediciones válidas obtenidas, el período deducido de ellas y la amplitud medida; el dispar número de mediciones válidas se debe a la proximidad de alguna de las estrellas al borde del chip: en este caso desfavorable el programa no podía cuantificar adecuadamente su brillo.

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
D-A	379	9.130	0.356

Podemos notar que los dos períodos más parecidos eran los obtenidos de las estrellas B y D: la diferencia entre ellos era igual a 0.011 días (15.84 minutos). Dado que los períodos eran similares y la amplitud no era demasiado dispar, teniendo en cuenta la mayor debilidad de la estrella D, dimos estos resultados por buenos sin ahondar más.

Una vez remedidas todas las imágenes obtuvimos un conjunto de 379 mediciones válidas con las cuales obtuvimos una curva de luz: en la Figura 2 enfrentamos la obtenida con la pareja A-D (la primera como estrella de comparación, la segunda como chequeo), arriba, con la pareja D-A recién medida. Puede apreciarse que, dentro de la dispersión de los puntos inherente al error aleatorio, ambas son similares en todo y además aparecen especulares: cuando una de ellas asciende la otra descende y viceversa; esto es debido al diferente brillo de las estrellas de comparación, A en el primer caso y D en el segundo, ya que como medimos en magnitudes diferenciales obtenemos valores numéricos que indican la diferencia de brillo entre un astro y otro. (Gracias a que la relación señal/ruido para la estrella TYC 2563-1060-1 ha sido cercana a 35 en todas las imágenes, la precisión a la hora de medir es bastante próxima a 0.03 magnitudes.)

Como en otros trabajos anteriores hemos analizado estas mediciones por medio del programa

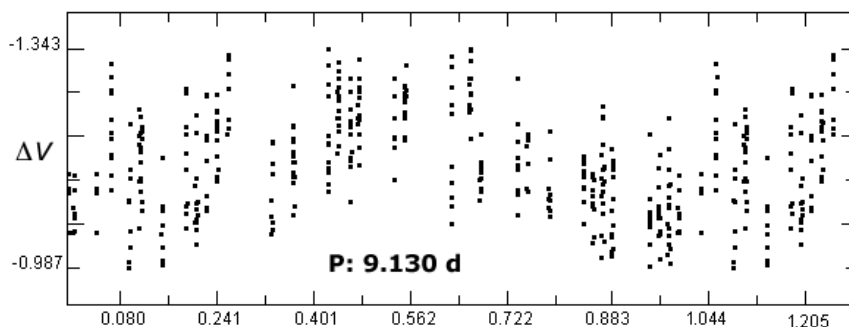


Figura 3. Curva de luz de SAO 64632 dibujada a partir de nuestras 379 mediciones utilizando un período igual a 9.130 días: podemos comprobar que, aunque en su conjunto es bastante buena, presenta un hueco (visible entre las fases 0.25 y 0.32) que rompe su continuidad.

AVE* escrito por Rafael Barberá (miembro del Grupo de Estudios Astronómicos, G.E.A.). Utilizando el algoritmo de Scargle (Scargle, 1982), muy apropiado para el análisis de mediciones que aparecen mal distribuidas en el tiempo, al buscar en el intervalo 1-60 días encontramos un período igual a 9.130 días; tal y como puede verse en la Tabla II la diferencia con respecto al valor hallado anteriormente utilizando la pareja de estrella A-D (9.211 días) era igual a sólo 0.081 días (1.94 horas): el resultado no era muy diferente.

Al representar la curva de luz con este nuevo período (figura 3) comprobamos que era de bastante buena calidad, aparecía redondeada como todas las obtenidas anteriormente aunque presentaba una mayor dispersión y discontinuidad en ciertos momentos. Esto nos hizo reflexionar llegando incluso a pensar que el resultado no era de buena calidad pese a que el periodograma obtenido ofreciese este período como el más correcto; naturalmente achacamos este resultado de menor calidad a la debilidad de la estrella de comparación, que en esta ocasión era de magnitud 10.30 V. Sin embargo al representar la curva de luz de la estrella de chequeo C, localizada inmediatamente al noroeste de ella, observamos con estupor que el resultado obtenido ahora difería completamente del que esperábamos.

Ya sabíamos que la estrella A (SAO 64632) era variable y la curva de luz recién obtenida con estas nuevas mediciones lo confirmaba nuevamente; por tanto esperábamos que la de la estrella D, la cual presentaba oscilaciones periódicas al utilizar a la estrella A como astro de comparación, en este caso fuese una línea recta y no mostrase más que una nube de puntos más o menos disper-

sos debido a su propia debilidad (magnitud 10.52 V) y a la dificultad para medir un astro de semejante magnitud con cierto grado de precisión. Cuál no sería nuestra sorpresa cuando al representar las 363 mediciones válidas obtuvimos un resultado completamente distinto al esperado: apareció una curva de luz (figura 4) en la cual podíamos observar, claramente, una oscilación de brillo con un período dilatado. Pese a que la dispersión era elevada en todo momento, seguramente debido a la debilidad de ambas estrellas, podíamos apreciar un mínimo parcialmente registrado, un suave ascenso de brillo, un máximo, una suave caída de brillo, un segundo mínimo también parcialmente capturado y el comienzo de una recuperación de brillo durante las últimas cuatro noches.

La curva obtenida en este caso era completamente distinta a las dibujadas con anterioridad: evidentemente estábamos ante una nueva estrella variable; los datos estadísticos que hemos obtenido indican que la magnitud diferencial media es igual a 0.281 ± 0.065 (la amplitud máxima eliminando los datos erróneos queda en torno a 0.13 magnitudes). Fue en estos momentos cuando volvimos a la Tabla I para analizar en profundidad los datos reflejados en la misma.

Según SIMBAD la estrella A, variable a partir de nuestras mediciones y las de la sonda *Hipparcos*, era un astro de tipo espectral K0 susceptible de ser variable del tipo BY Dra como ya expusimos en nuestro anterior trabajo. No conocíamos el tipo espectral de la estrella B pero por su índice de color $B-V$ (0.95) podíamos estimar que aproximadamente podía ser K2-K3: un astro anaranjado. En el caso de la estrella C conocíamos tanto el índice de color $B-V$ (0.67) como el tipo espectral, G5, mientras que para la estrella D sólo volvíamos a disponer del índice de color $B-V$ determinado por nosotros (1.3) lo que nos indicaba que su

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

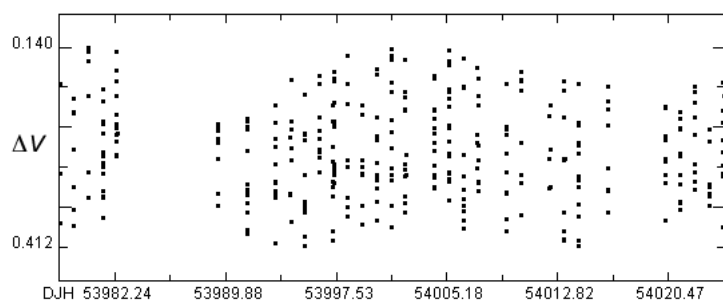


Figura 4. Curva de luz de la estrella de chequeo C dibujada a partir de nuestras 363 mediciones: pese a que la dispersión (0.272 magnitudes) es elevada en todo momento debido a la propia debilidad de la estrella, se aprecia un ascenso de brillo, un máximo, una caída de brillo, un mínimo y lo que parece el comienzo de una nueva recuperación en las últimas tres noches de observación.

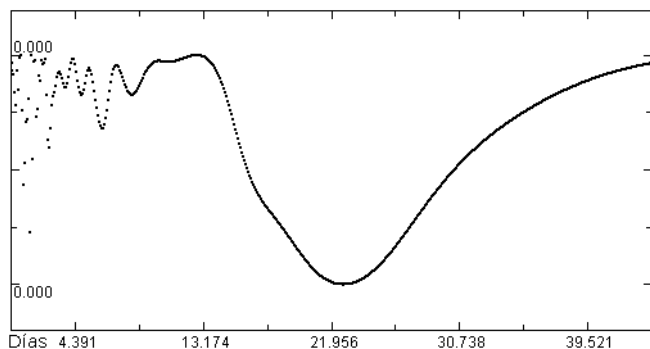


Figura 5. Periodograma de la estrella D obtenido al emplear nuestras mediciones buscando en el intervalo 1-50 días: tal como puede apreciarse el período más probable y marcado es igual a 23.78 días.

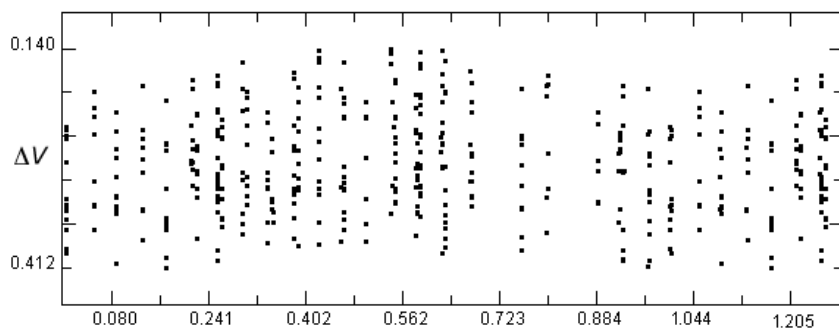


Figura 6. Curva de luz de la estrella TYC 2563-1060-1 dibujada a partir de nuestras 363 mediciones utilizando un período igual a 23.78 días: aunque la dispersión de las mediciones es bastante grande en todo momento podemos apreciar con claridad la forma de la misma.

tipo espectral podía ser seguramente K5 o K6.

Por tanto resultaba que la estrella D, que habíamos utilizado como astro de comparación, era la más fría de las cinco existentes en la zona y la que tenía mayores probabilidades de ser un astro variable. Al examinar con más cuidado las magnitudes B y V de la estrella comprobamos que, según SIMBAD, la primera de ellas se había determinado con una precisión de décimas de magnitud (11.6) mientras que la segunda era más precisa (10.30); el índice de color que nosotros mismos habíamos determinado a partir de estos datos no era demasiado preciso, pero sí nos podía orientar sobre su color y espectro aproximado.

En el catálogo GSC aparecía como un astro de magnitud 10.26 V (similar al valor que nosotros utilizamos) aunque el error era igual a 0.4 magnitudes: imposible saber si era variable o no con esta escasa precisión fotométrica.

Al tratarse de un astro más anaranjado todavía que SAO 64632 podía ser, como ésta, una variable de tipo BY Draconis: estrellas anaranjadas que presentan manchas o grupos de manchas en su fotosfera y que, al girar, cambian levemente de brillo (0.01 a 0.5 magnitudes) con períodos que ese encuentran entre algo menos de 24 horas hasta unos 120 días aproximadamente.

Según el programa *Starry Night Pro 3* estamos ante un astro de magnitud 10.28 V situado a 145 a.l. del Sol, con índice de color $B-V$ igual a 1.25 y una temperatura superficial en torno a los 4083 K; según el software astronómico *SkyMap Pro 7* dista unos 158 ± 86 a.l., su luminosidad es 0.14 ± 0.19 del Sol, el índice de color $B-V$ es igual a 1.248 mientras que su paralaje es igual a $0.0207''$.

Al no existir trabajos astronómicos publicados sobre este astro no podemos estar realmente seguros de su tipo espectral, su luminosidad (suponemos que V como SAO 64632: perteneciente a la Secuencia Principal) o su velocidad radial. Suponiendo que fuese del tipo K5 V sería un astro con una magnitud absoluta M_V próxima a la 7.3, una temperatura efectiva T_{eff} algo menor de 4130 K (4083 K según el programa *Starry Night*), una masa próxima a 0.69 la solar, con un radio que podría ser 0.74 el de nuestra estrella y una luminosidad, finalmente, próxima a 0.16 del Sol (0.14 según *SkyMap Pro*): vendría a ser una estrella similar a 61 Cygni A o B.

De vuelta al ordenador analizamos las mediciones obtenidas de la estrella C: dado que este astro era el más caliente de todos (espectro G5) cabía la posibilidad de que no fuese variable; en este caso las oscilaciones de brillo de la pareja D-C (D como astro de comparación, C como astro de chequeo) reflejarían únicamente las variaciones de la estrella D pero no las de C.

El análisis de las 363 mediciones obtenidas en el intervalo 1-50 días (nosotros observamos sólo durante 47 días) arrojó un período muy marcado igual a 23.78 días (figura 5); en el periodograma aparecían también otros posibles períodos, más cortos pero todos poco marcados. La amplitud, por su parte, era igual a 0.272 magnitudes: un valor no demasiado grande teniendo en cuenta la debilidad de las estrellas implicadas (C y D en nuestro mapa) que era, además, más reducido que el obtenido al medir utilizando la estrella A como astro de comparación (véase la Tabla II).

Investigando en Internet y más concretamente

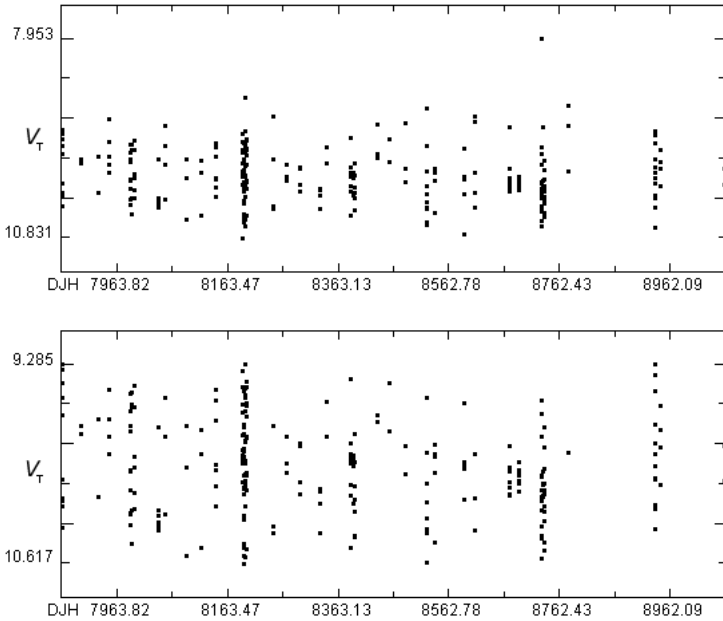


Figura 7. Curva de luz de la estrella TYC 2563-1060-1 obtenida a partir de 276 mediciones de la sonda *Hipparcos* (fichero V_T original); debido a la inclusión de una medición errónea, probablemente de la estrella U CrB, la amplitud aparece excesivamente grande: nada menos que 2.878 magnitudes.

Figura 8. Curva de luz de la estrella TYC 2563-1060-1 dibujada a partir de 256 mediciones de la sonda *Hipparcos* (fichero V_T depurado): al haber eliminado 20 puntos que discrepaban de los demás la amplitud aparece ahora igual a 1.332 magnitudes; pese a todo no se aprecia en ella periodicidad alguna.

en SIMBAD* comprobamos que la variabilidad de TYC 2563-1060-1 fue detectada por el instrumento *Tycho* durante el proyecto *Hipparcos*, aunque hasta la fecha no se ha publicado ningún estudio sobre el tema; todas estas mediciones pueden descargarse allí directamente**. En este caso son dos los conjuntos de datos disponibles según el filtro utilizado por el satélite: V_T similar al V Johnson y B_T parecido al B Johnson (de todos modos, si se desea, se puede efectuar la transformación al sistema estándar por medio de sencillas operaciones matemáticas).

La escasa concentración de estas mediciones fotométricas en cortos períodos de tiempo (por ejemplo una semana), la mala cobertura temporal —puesto que están muy mal distribuidas en el tiempo— y la gran dispersión de las mismas (hasta 2.878 magnitudes en banda V_T) impidieron a los analistas obtener un único período inequívoco, por lo cual aparece en el catálogo *Hipparcos* como astro no variable. Al disponer de un conjunto de datos fotométricos independiente de los nuestros, por necesidad de peor calidad teniendo en cuenta la pequeña abertura del instrumento, pensamos que sería posible intentar determinar el período de las mediciones V_T que eran las más parecidas a las nuestras (filtro V Johnson).

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 imaginar: en los dos se habían intercalado mediciones de otros astros más brillantes, probablemente estrellas próximas (sin ir más lejos la brillante U CrB); de este modo en el fi-

chero V_T , representado en la figura 7, aparecían un total de 276 mediciones entre las magnitudes 7.953 y 10.831 (magnitud media: 9.392), mientras que el fichero B_T contenía 226 medidas entre las magnitudes 8.009 y 13.214 (magnitud media: 10.611). No cabía duda de que era el peor de los dos, ya que con este filtro la estrella aparecía con una relación señal/ruido mucho más reducida.

En la curva de luz del fichero V_T no era posible apreciar periodicidad alguna, no sólo debido a la enorme dispersión de los datos sino a la mala distribución de las mediciones obtenidas. Depurado por el procedimiento de eliminar las mediciones anómalas (demasiado discrepantes de las demás) nos quedamos con un conjunto de datos más normalito (figura 8) pese a la enorme dispersión que todavía mostraba: 256 puntos con una amplitud reducida a sólo 1.332 magnitudes en el rango 9.285-10.617 (magnitud media: 9.951). Al igual que en el caso anterior la curva de luz obtenida no mostraba rasgo alguno de periodicidad pero sí un hueco al final de la campaña observacional.

El período determinado por nosotros a partir de las 256 mediciones V_T depuradas era igual a 20.956 días utilizando el algoritmo de Scargle y 20.945 días con el de Bloomfield; incluso de las 276 mediciones originales se podía obtener un período igual a 20.87 días que también nos permitía dibujar una buena curva de luz; la diferencia con nuestro valor con el primer algoritmo era igual a 2.824 días (67.776 horas), excesivamente alta pero no demasiado teniendo en cuenta que entre ambas observaciones había transcurrido más de una década.

El análisis de estos dos ficheros con el programa PerSea produjo idéntico resultado en ambos casos, 23.998 días, dibujando sendas curvas de luz bastante parecidas a las nuestras en donde los

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

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

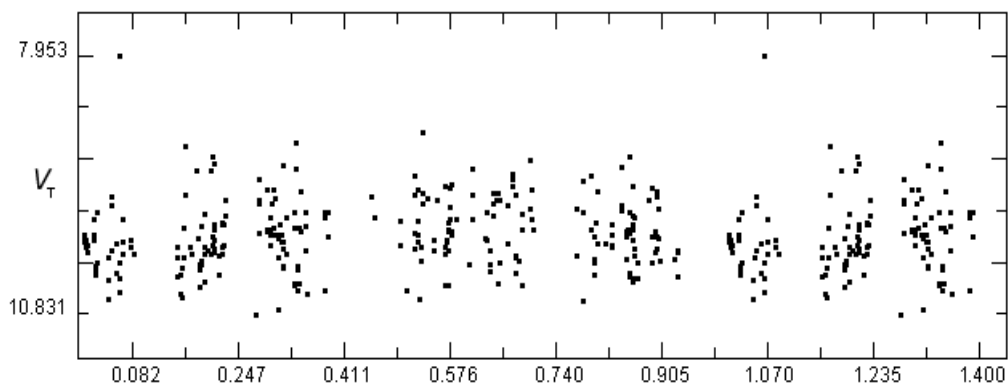


Figura 9. Curva de luz de TYC 2563-1060-1 obtenida a partir de 276 mediciones de la sonda *Hipparcos* (fichero V_T original) empleando un período igual a 20.956 días: podemos apreciar la forma sinusoidal de la misma; la excesiva amplitud registrada (2.878 magnitudes) es debida a la inclusión de mediciones erróneas, probablemente de la vecina U CrB.

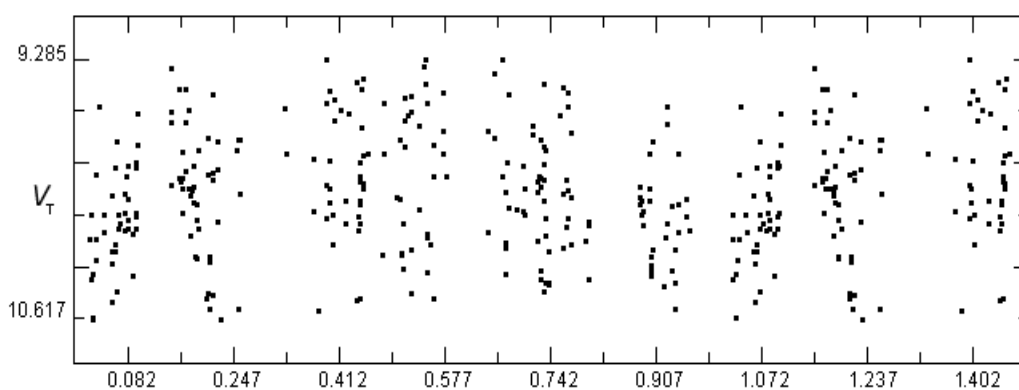


Figura 10. Curva de luz de TYC 2563-1060-1 obtenida a partir de 256 mediciones de la sonda *Hipparcos* (fichero V_T depurado) empleando un período igual a 20.956 días: pese a que la dispersión es excesivamente alta puede apreciarse su forma suavemente redondeada. La amplitud registrada, incluso después de limpiar el fichero de algunos datos, continúa siendo excesivamente amplia: 1.332 magnitudes, probablemente por contener todavía mediciones erróneas.

huecos anteriormente notables desaparecían; en este caso la diferencia entre ambos valores era igual a -0.218 días (-5.232 horas).

Las magnitudes promedio (utilizando la *moda* en vez de la *media*) quedaron en este caso en 9.94 y 9.98 respectivamente, valores ambos unas décimas más próximos a su verdadero valor (magnitud 10.30 V).

Al haber obtenido para su posible período varios resultados similares pensamos que estábamos sobre el camino correcto; fue entonces el momento en que, a modo de experimento informal, quisimos comprobar si era posible que éstos fuesen válidos empleando los datos *Hipparcos* por ser los de mayor calidad. Para ello tomamos los datos del primer fichero (sin depurar) y los representamos con un período igual a 20.956 días: obtuvimos un resultado que mostramos en la figura 9. Pese a la existencia de datos erróneos, a la gran dispersión de las mediciones y a la mala distribución de las mismas obtuvimos una curva de luz prácticamente similar a la nuestra: es posible apreciar un mínimo, la rama ascendente, el máximo, la rama descendente y la caída de brillo al llegar al mínimo.

La forma de la curva de luz es también redondeada en toda su extensión.

Al utilizar el fichero depurado (figura 10) obtuvimos una nueva curva de luz: pese a que la dispersión es enorme en todo momento y faltan observaciones (aparecen demasiados huecos), su forma vuelve a ser redondeada y sinusoidal, exactamente igual que la nuestra; eliminando las mediciones erróneas podemos decir, sin miedo a equivocarnos, que su amplitud real es muy reducida: probablemente en torno a 0.10-0.15 magnitudes como máximo (0.27 magnitudes se obtienen de nuestras mediciones, incluyendo el error aleatorio y éstas no son de excesiva buena calidad).

Satisfechos con el resultado acudimos al fichero B_T en bruto: al buscar en él obtuvimos un período igual a 20.918 días que era, nuevamente, similar a los anteriores (especialmente al obtenido del fichero V_T). Representada la curva de luz con cualquiera de los dos valores obtenidos comprobamos, otra vez, que se obtenía un resultado similar a todos los anteriores aunque, como en ellos, con una excesiva dispersión.

Al examinar las mediciones obtenidas por el

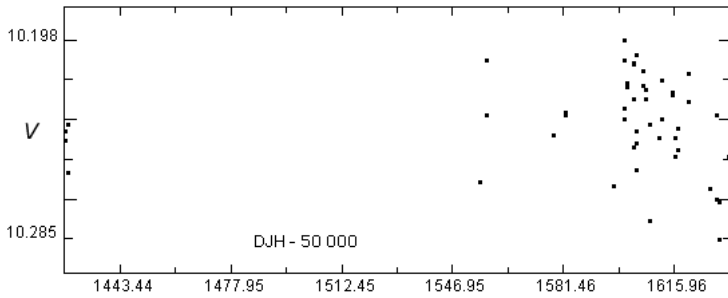


Figura 11. Curva de luz de TYC 2563-1060-1 obtenida por ROTSE en banda V: pese a que las mediciones están bastante mal repartidas en el tiempo podemos apreciar una leve variabilidad, aunque su amplitud no excede de 0.087 magnitudes.

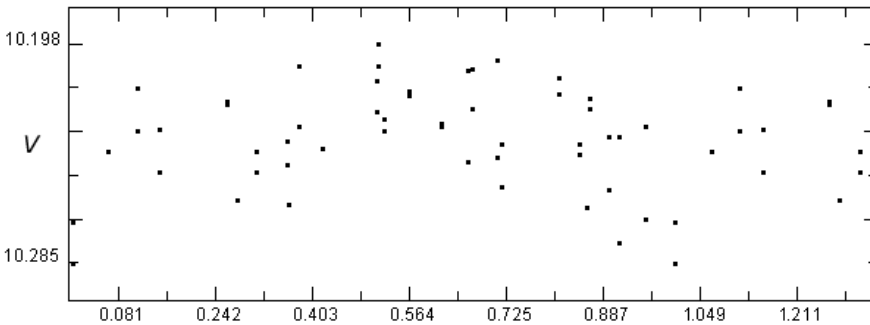


Figura 12. Curva de luz de TYC 2563-1060-1 obtenida utilizando las mediciones de ROTSE con un período igual a 20.091 días: parece que los datos dibujan dos rotaciones distintas.

proyecto ROTSE* (*Robotic Optical Transient Search Experiment*), un conjunto de telescopios robóticos, comprobamos que aparecían dos astros en la misma posición: el primero de ellos se llamaba 7797510 (magnitud media: 10.307) mientras que el segundo lo denominaban 7818403 (magnitud media: 10.299); aunque ambos correspondían a la misma estrella sólo el segundo contenía mediciones. Insertamos a continuación una porción de dichas mediciones en las que la primera columna ofrece el Día Juliano - 50 000, la segunda la magnitud V y la tercera el error:

1608.352903	10.277	0.075
1611.403883	10.241	0.09
1611.404903	10.241	0.09
1612.358713	10.216	0.05
1612.359733	10.233	0.075
1615.352603	10.222	0.095
1615.353623	10.221	0.09
1616.348283	10.241	0.025
1616.349303	10.249	0.035
1617.348953	10.237	0.06
1617.349973	10.246	0.06
1620.357033	10.225	0.02
1620.358133	10.213	0.025
1627.344506	10.263	0.012
1629.292226	10.231	0.011
1629.292626	10.268	0.011
1630.294476	10.285	0.011
1630.294876	10.269	0.011
1633.213933	10.249	0.01

Hemos querido abarcar un período igual a 25 días, una rotación completa, para que el lector pueda comprobar el cambio de su brillo con el tiempo; tal como puede verse la amplitud a lo largo del período estudiado es muy reducida.

Una vez analizadas con AVE las 50 mediciones fotométricas disponibles, que hemos representado en la figura 11, encontramos que éstas pre-

sentaban una amplitud de sólo 0.087 magnitudes en banda V; al trabajar con el mismo algoritmo que en los demás casos (Scargle) apareció un período igual a 20.091 días, no muy diferente al obtenido de las mediciones *Hipparcos* (20.956 días) aunque casi 3.69 días más corto que el nuestro.

Representada la curva de luz con el mismo (figura 12) obtuvimos un resultado similar a los ya expuestos pero también distinto: en primer lugar la amplitud era mucho más reducida que en los casos anteriores; y en segundo lugar aunque la forma de la misma volvía a ser casi sinusoidal, redondeada, en un determinado momento (entre las fases 0.75 y 1.01) aparecía el esbozo de dos ramas descendentes distintas. Este hecho indicaba que la estrella no alcanzaba la misma magnitud en sus mínimos: la dispersión encontrada en las mediciones anteriormente utilizadas (nuestras e *Hipparcos*) parecía ser propia de la estrella y no de las técnicas fotométricas empleadas.

Para comprobar cuál podía ser la verdadera amplitud de la estrella calculamos la magnitud media de cada noche, analizando después este nuevo conjunto de datos como en los casos anteriores: obtuvimos una amplitud igual a 0.078 magnitudes (muy reducida, similar a la de ROTSE) aunque el período se alargaba hasta los 24.36 días; la curva de luz (figura 13) se parecía mucho a la obtenida de ROTSE no sólo por su reducida amplitud sino incluso por la forma: mostraba claramente un mínimo, la rama ascendente, el máximo y la caída de brillo. La magnitud diferencial media era igual a 0.282 ± 0.021 : conociendo la magnitud V de la estrella de comparación utilizada (10.52) el resultado sería entonces igual a magnitud 10.24 (10.30 aparece en SIMBAD); la diferencia con este valor no es excesivamente grande: sólo 0.06 magnitudes.

Una vez que comprobamos por tercera vez que

*<http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>

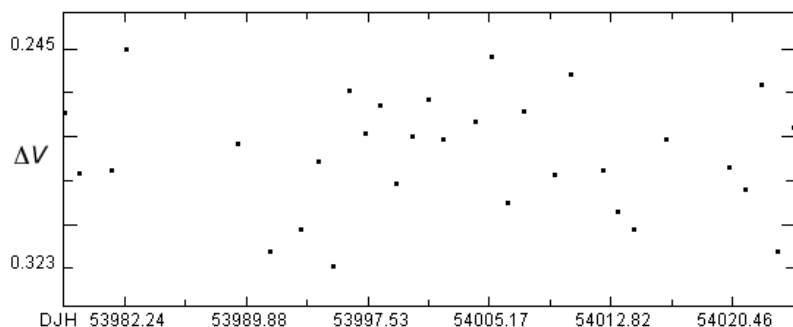


Figura 13. Curva de luz de TYC 2563-1060-1 obtenida utilizando la magnitud media de cada noche (se ha eliminado un punto por ser excesivamente discordante con los demás). Según estos nuevos datos la amplitud fotométrica se reduce a sólo 0.078 magnitudes, valor muy similar al de ROTSE (0.087 magnitudes).

TYC 2563-1060-1 era variable quisimos saber en qué tipo podíamos clasificarla, ya que por su curva de luz y amplitud no era fácil hacerlo; en Internet, más concretamente en el servicio bibliográfico del Centro de Datos Estelares (CDS) no pudimos encontrar ni un solo trabajo (aparte de los catálogos GSC e *Hipparcos*) en el que apareciera: no había sido estudiada.

Ya que su espectro era K5-K6 no podía ser una estrella RR Lyrae o Cefeida (amarillentas) ni una Mira (roja), pero tampoco podíamos situarla entre las binarias eclipsantes: la forma de la curva de luz no parecía ser la propia de este tipo de astros. 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; vendría a ser similar a SAO 64632 en su espectro y tipología: una estrella variable perteneciente al tipo BY Draconis.

Como ya comentamos en nuestro artículo sobre SAO 64632, al investigar en el CDS topamos con dos trabajos sobre la rotación estelar de astros de espectros tardíos (posteriores al F5): uno de Radick et al. (1987) y otro de Fekel (1997); el primero estudiaba la actividad, variabilidad y rotación de estrellas de la parte inferior de la Secuencia Principal de las Híadas, el segundo analizaba un total de 133 estrellas contenidas en el *Bright Star Catalogue*.

En el caso que nos ocupaba no disponíamos de mediciones de la velocidad rotacional de la estrella, de modo que sólo podíamos especular sobre este tema; tampoco sabíamos si pertenecía al supercúmulo Híadas (dada su proximidad aparente a SAO 64632, astro que sí pertenece a dicho supercúmulo) o era una simple estrella de campo.

Según 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: todos eran astros de lenta rotación; teniendo en cuenta el posible error al medir y la inclinación (desconocida) de los ejes de giro podemos pensar que sus velocidades reales no serían demasiado elevadas. En este caso sus períodos de rotación, teniendo en cuenta el tamaño típico de estos astros, podrían moverse en el rango 10-20 días aproximadamente: similar a nuestro resultado.

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 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 (posterior al K2 V) están en el rango 30-150 km/s.

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

En este trabajo encontramos que dos estrellas de tipo espectral K3 (VB 181 y VB 25) rotaban en 11.92 y 12.64 días respectivamente, dos de tipo K4 (VB 175 y VB 174) lo hacían en 10.82 y 11.88 días mientras que otra de tipo K5 (VB 173) necesitaba 14.14 días para completar una rotación; aunque la muestra es muy reducida puede verse que al avanzar el tipo espectral aumenta el período de rotación situándose ya en torno a los 14 días en el tipo K5: tipos espectrales más avanzados (como el K6) rotarán, por simple deducción, algo más lentamente (de 15 a 25 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; por desgracia desconocemos la edad de la estrella que nos ocupa.

Ya que el período de variación fotométrico encontrado por nosotros es igual a 23.78 días (20.956 según *Hipparcos* y 20.091 de ROTSE) y estrellas de similares espectros y luminosidades 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 a medida que el astro gira.

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

a) las curva de luz de la estrella, tanto las dos

de *Hipparcos* como la de ROTSE y la nuestra, son suavemente redondeadas

b) las curvas de luz obtenidas por todos los equipos presentan mucha dispersión, lo que indica que no se repiten con exactitud de ciclo en ciclo; esto es especialmente notorio en nuestro caso al haber medido casi dos rotaciones, pero es que en la curva de ROTSE se aprecian dos ramas descendentes cuyas mediciones son claramente distintas de un ciclo a otro

c) las curvas de luz no se repiten debido a que los grupos de manchas cambian de aspecto, latitud o número, y finalmente

d) los ciclos, aunque presentan un período medio en torno a los 21-23 días según las mediciones utilizadas, 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). Este fenómeno podría explicar las diferencias encontradas al determinar el período utilizando nuestras recientes mediciones fotométricas, y finalmente

e) la amplitud real, una vez eliminados los errores aleatorios, era muy reducida: 0.078 magnitudes según nuestras mediciones promedio pero hasta 0.087 magnitudes según ROTSE.

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 (como parece deducirse de ambos conjuntos de datos) 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 amplitud levemente desigual que, al final, 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 una campaña fotométrica preparada *ex profeso* en el año 2007, para confirmar, mejorar con resultados más precisos o simplemente desmentir nuestra hipótesis.

Observatorio Astronómico de Cáceres, España,
20 de noviembre 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: Deseamos dar las gracias al Dr. Ló-López Santiago (Dpto. de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid) por sus comentarios sobre este tipo de estrellas, así como a Josep M. Gómez, del Grupo de Estudios Astronómicos, por sus críticas constructivas sin las cuales el resultado habría sido, sin duda, mucho peor. 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 a Francisco Violat Bordonau: 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 como astro de comparación y tres estrellas *Tycho* como astros de chequeo fotométrico.

Una vez que comprobamos que SAO 64632 era variable volvimos a remedir nuevamente todas las imágenes utilizando la estrella TYC 2563-1060-1 (D en nuestro mapa) como astro de comparación; al representar las curvas de luz de las cuatro estrellas de la zona comprobamos que obteníamos resultados coincidentes (período y amplitud) para SAO 64632 pero que la curva de luz de la estrella C mostraba oscilaciones periódicas de brillo con una amplitud igual a 0.27 magnitudes; analizadas con el programa AVE encontramos un período igual 23.78 días, valor parecido al obtenido de las mediciones *Hipparcos* (20.956 días) y ROTSE (20.091 días con una amplitud igual a 0.087 magnitudes). Al utilizar las magnitudes promedio de cada noche la amplitud se reducía a sólo 0.078 magnitudes.

Del índice de color calculado por nosotros a partir de los datos fotométricos de SIMBAD (índice $B-V = 1.3$) podíamos deducir que su tipo espectral podía ser K5-K6.

A la vista de estos resultados pensamos que estamos ante una nueva estrella variable no identificada previamente que puede ser, como SAO 64632, de tipo BY Dra: en este caso las leves oscilaciones de brillo registradas 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 obtenido tanto de las mediciones *Hipparcos* como de ROTSE (20.956 y 20.091 días respectivamente), así como

de las nuestras (23.78 días), es similar al de varias estrellas de tipos espectrales avanzados (K5 V), con períodos de rotación superiores a los 14 días, del cúmulo estelar Híadas.

Pese a estos resultados tan prometedores creemos que nuevas mediciones, más completas y de mayor precisión, podrían confirmar todo lo que aquí hemos expuesto.

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.
 Violat Bordonau, F. A., Violat Martín, D., 2006, web Casanchi: <http://personales.ya.com/casanchi/ast/u01.htm>
 Violat Bordonau, F. A., Violat Martín, D., 2006, noviembre, *OEJVS*: <http://var.astro.cz/oejv/issues/oejv0053.pdf>
 Yerli, S. K., Sarna, M. J., Zola, S., Smith, R. C., Tovmasian, G., 2003, *MNRAS*, 342, 1349.

Mediciones ROTSE:

http://skydot.lanl.gov/nsvs/cone_search.php?ra=15%3A17%3A18.0&dec=31%3A34%3A31.0&rad=2&nocorr=on&lonpts=on&hiscat=on&hicorr=on&hisigcorr=on&radecflip=on