

# FOTOMETRÍA $V$ DE 10 ESTRELLAS DEL CÚMULO ABIERTO STEPHENSON 1

FRANCISCO VIOLAT BORDONAU<sup>1,2</sup>, DAVID VIOLAT MARTÍN<sup>1</sup>.

1. Asesores Astronómicos Cacereños, Apartado 409, E10080 Cáceres (España), [fviolat@yahoo.es](mailto:fviolat@yahoo.es)

2. Agrupación Astronómica de Cádiz, Cádiz (España), <http://aacadiz.com/>

**Resumen.** Hemos obtenido fotometría en bandas  $V$  y  $R$  de diez estrellas del joven cúmulo abierto Stephenson 1 ( $\delta 2$  Lyrae) durante 68 noches entre el 20 de junio y el 19 de diciembre de 2008. En este primer trabajo presentamos la fotometría  $V$  obtenida determinando las magnitudes medias de 9 de ellas, ya que hemos omitido la variable BD +36 3317: no encontramos indicios claros de variabilidad en ninguna salvo en la binaria eclipsante.

---

El cúmulo abierto Stephenson 1 (Stephenson, 1959) es un conjunto de estrellas situadas alrededor de variable  $\delta 2$  Lyrae que venimos observando y midiendo fotométricamente desde el año 2006 con un doble propósito: intentar descubrir alguna nueva variable y, en caso de conseguirlo, determinar sus parámetros; ambos fueron alcanzados cuando descubrimos la nueva variable eclipsante BD +36 3317 cuyo período encontramos igual a 4.30216 días (Violat y Violat, 2007)

En la campaña de 2007 utilizamos el mismo instrumento empleado en 2006, un catadióptrico de 203 mm de abertura y 2000 mm de focal ubicado en Cáceres, mientras que en la de 2008 han sido dos los utilizados aunque con la misma CCD y rueda de filtros: por un lado, al comienzo de la campaña (desde el 20 de junio), el catadióptrico de 254 mm de diámetro y 2500 mm de focal del Observatorio de La Sagra (Granada) y desde el 1 de octubre el telescopio de las campañas anteriores ya descrito. Pese a que, en teoría, los cielos de Granada eran mejores y el instrumento era de mayor abertura y focal los resultados han sido peores: la dispersión de las mediciones ha resultado ser casi el doble que la obtenida en Cáceres, como ponen de manifiesto las curvas de luz dibujadas. Probablemente esto se haya debido a la peor calidad óptica del instrumento, utilizado sólo para la divulgación y no para la investigación, así como al estado de su montura que hubo que transformar (de ecuatorial a azimutal) para obtener un seguimiento medianamente bueno.

La campaña fotométrica se ha extendido entre el 20 de junio y el 19 de diciembre de 2008 (Día Juliano Heliocéntrico 54638.40786 al 54820.25030), aunque las imágenes en banda  $R$  se han tomado sólo desde Cáceres entre los días 3 de octubre y 10 de diciembre (DJH 54743.43682 al 54811.26914) siendo, como podemos ver, de muy distinta duración: de este modo hemos obtenido 5108 mediciones en banda  $V$  y 3439 en banda  $R$  lo que hace un total de 8547 mediciones.

Como en ocasiones anteriores nos hemos centrado en la estrella anaranjada BD +36 3312 (magnitud 8.69  $V$ , espectro K0 III según SIMBAD), alrededor de la cual se han medido nueve astros más en busca de variabilidad incluyendo la binaria eclipsante BD +36 3317. La Figura 1, tomada en banda  $V$ , muestra una de nuestra imágenes CCD del cúmulo sobre la cual se han marcado, con números, los diez astros estudiados; la letra “C” corresponde al astro de comparación que ha sido usado a la hora de obtener las distintas mediciones fotométricas.

En esta ocasión hemos empleado los filtros  $V$  y  $R$  Johnson con los cuales se han tomado exposiciones de 15 a 20 segundos: todas las imágenes han sido procesadas de bias, campos oscuros y campos planos utilizando el procedimiento habitual descrito en artículos anteriores. Para obtener de ellas mediciones fotométricas con los distintos filtros hemos usado el programa comercial AIP4WIN, que sólo precisa un astro de comparación, siendo la estrella BD +36 3314 (“C” en la Figura 1) dicho astro de comparación; al ser una estrella blanca su índice de color  $B - V$  es igual a 0.00 (Bronkalla, 1963), 0.09 (Eggen, 1968) y  $b - y$  igual a 0.034 (Eggen, 1983) por lo que la fotometría ha sido coherente para todos los astros independientemente de su color propio.

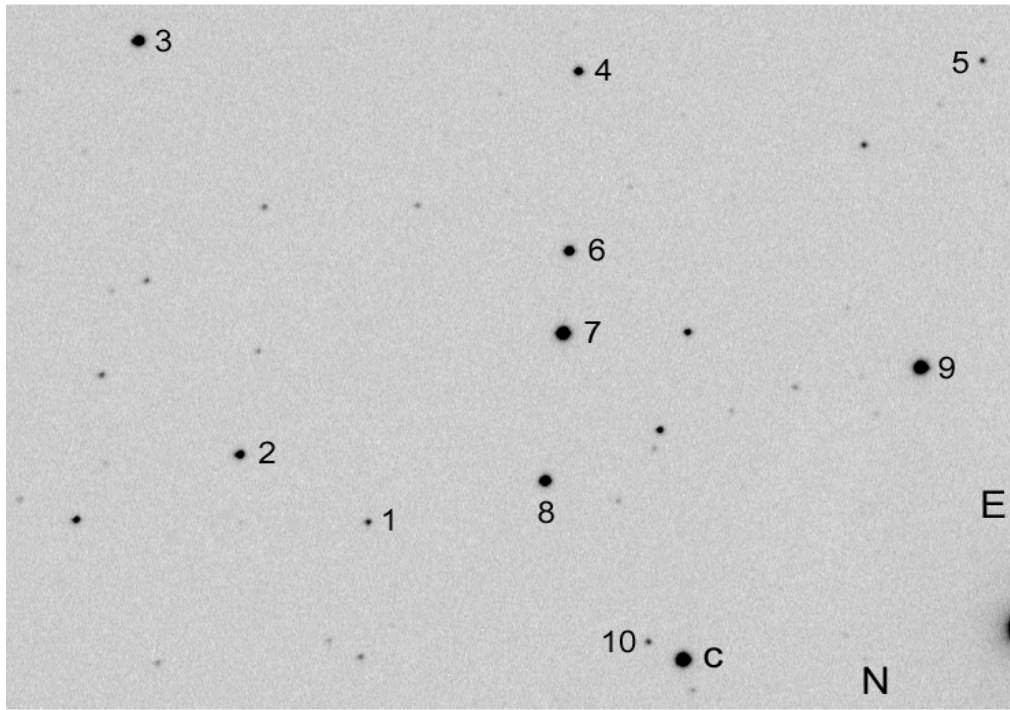


Figura 1. Imagen CCD, en banda  $V$ , de la zona central de Stephenson 1: los números marcan los diez astros estudiados, "C" es la estrella de comparación mientras que N y E indican el norte y el este respectivamente. Campo:  $12' \times 8'$ .

La Tabla I lista toda la información fotométrica de las estrellas que hemos tomadas de los trabajos de Bronkalla (1963), Eggen (1968) y Anthony-Twarog (1984): número, denominación, magnitud  $V$ , índices de color  $B - V$  y espectro tomados de Bronkalla, magnitud  $V$  e índices de color  $B - V$  de Eggen y magnitudes (con su desviación estándar) de Anthony-Twarog.

Tabla 1

Astro	Denominación	$V$	$B - V$	Espectro	$V$	$B - V$	$V$
1	GSC 2650-1503	12.45	1.52		12.36	1.38	
2	TYC 2650-1388-1	10.95	0.59		10.90	0.61	
3	BD +36 3306	9.80	0.14	A2 V	9.76	0.22	9.80
4	BD +36 3311	11.11	0.36	F2 III	11.04	0.39	$11.04 \pm 0.01$
5	GSC 2651-965	12.56	1.15		12.47	1.11	
6	BD +36 3310	10.34	0.26		10.29	0.32	$10.28 \pm 0.01$
7	BD +36 3312	8.74	1.06	K2 III	8.70	1.06	
8	BD +36 3313	9.83	0.02	A1 V	9.79	0.14	$9.78 \pm 0.01$
9	BD +36 3317	8.79	0.09	A0 V	8.80	0.02	$8.90 \pm 0.02$
10	GSC 2651-600						
C	BD +36 3314	8.66	0.00	A0 V	8.65	0.09	$8.64 \pm 0.01$

Una de las estrellas estudiadas, la número 10 (GSC 2651-600), no aparece en ningún trabajo fotométrico ni tampoco está registrada en SIMBAD aunque en el catálogo GSC consta con magnitud 12.67.

Dado que la fotometría de Eggen es más completa, aunque bastante antigua, es la que usamos a lo largo del trabajo salvo que se mencione otra más moderna.

Tal como podemos ver hemos estudiado estrellas de distintos colores y magnitudes: las más brillantes, de magnitudes 8.70 y 8.80  $V$  según Eggen son un astro templado (espectro K2 III) y otro caliente (espectro A0 V) mientras que las más débiles, de magnitudes 12.36 y 12.47  $V$ , por sus índices de color  $B - V$  probablemente son de tipo espectral K tardío (K6 a K9) y K temprano (K1 a K5) respectivamente. La estrella 10 es la más débil de todas con magnitud 12.67 GSC.

La figura 2 muestra el color propio de cada estrella. Ha sido elaborada tomando imágenes del cúmulo con filtros  $B$ ,  $V$  y  $R$  con una CCD modelo SBIG STL-11000 instalada en el foco primario del reflector RCOS de 51 cm del Observatorio Astronómico de Forcarei<sup>1</sup> (Pontevedra) en julio de 2009; las imágenes, una vez tratadas adecuadamente de bias, darks y flats, han sido adicionadas y el resultado tratado con *Photoshop* de tal manera que la forma discoidal de cada estrella, demasiado pequeña como para mostrar el color propio del astro, se extienda en una superficie cuadrada mucho mayor: de esta manera el ojo es capaz de ver la notoria diferencia de color existente entre ellas independientemente de su brillo; se han rotulado las estrellas estudiadas con los números 1 al 10 tal como aparecen en la Figura 1. Un examen de la imagen pone de manifiesto que la mayoría de las estrellas son blancas (como 8, 9 y “C”), blanco-amarillentas (2, 3, 4 y 6), una de ellas es claramente naranja (7) mientras que las tres restantes (1, 5 y 10) son rojizas. El brillante astro dorado en la parte inferior derecha es la estrella variable  $\delta 2$ , de tipo Gigante Roja.

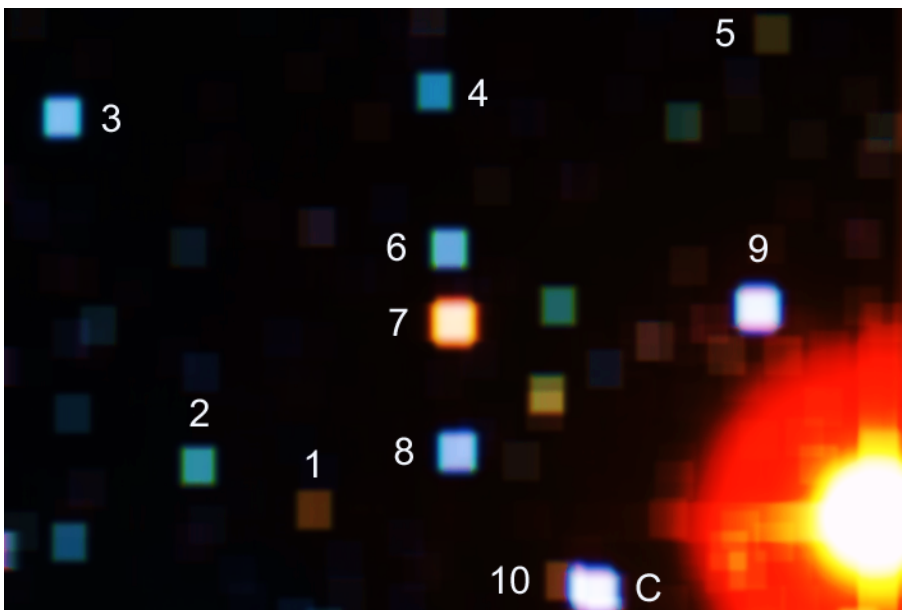


Figura 2. Imagen en color del cúmulo capturada por F. Violat desde Forcarei (Pontevedra) en el verano del año 2009: el tratamiento digital muestra el color de cada estrella; todas han sido numerados tal como se muestran en la Figura 1. Norte abajo y Este a la derecha.

La Tabla 2 presenta el número de mediciones obtenidas en cada una de las bandas  $V$  y  $R$  para cada uno de los astros estudiados: como podemos observar el número de mediciones es distinto al haber sido de muy diferente duración las campañas realizadas desde Granada (sólo en banda  $V$ ) y desde Cáceres (simultáneamente en ambas bandas). El astro que tiene un mayor número de mediciones (1321) es la estrella número 7, que ha sido empleada como astro de chequeo de la variable, seguida de la número 9 (1305 puntos) que corresponde a la binaria eclipsante BD +36 3317 mientras que los que en ocasiones caían fuera del campo aparente del chip, por encontrarse en declinaciones más extremas y situarse ya en el borde del sector capturado (astros 3, 4 y 5), presentan un número de puntos mucho menor que los demás.

<sup>1</sup> Observatorio astronómico perteneciente a la Fundación “Ceo, Ciencia e Cultura” (FC<sup>3</sup>).

Tabla 2

<b>Astro</b>	<b>V</b>	<b>R</b>	<b>Total</b>
1	431	309	740
2	386	328	714
3	239	232	471
4	336	285	621
5	187	170	357
6	650	450	1100
7	878	443	1321
8	701	441	1142
9	843	462	1305
10	457	319	776
<b>Totales</b>	5108	3439	<b>8547</b>

La calidad de las mediciones obtenidas ha sido muy desigual tal como ya comentamos al inicio del trabajo; esto se aprecia con claridad en la Figura 3 en la cual se han representado, en tres paneles distintos, las mediciones de todas las estrellas excepto la variable y la número 7 que, al ser tan brillante, no ha presentado una dispersión (o *amplitud ficticia*) tan acusada.

Al examinar los tres paneles y las ocho curvas de luz notamos enseguida que las mediciones que presentan una dispersión más reducida son las obtenidas durante la segunda parte de la campaña: dado que la cámara CCD, la rueda portafiltros, los filtros y el software con el que se han medido las imágenes digitales han sido los mismos en ambos equipos (Granada y Cáceres), la desigual calidad de las mediciones sólo puede achacarse a la óptica del instrumento empleado en Granada pese a que éste estuviese ubicado en una montaña a 1530 metros de altitud.

Con estos datos a la vista comprobamos que ninguno de los diez astros estudiados, excepto la variable eclipsante (no representada en estos paneles al haber sido estudiada en un trabajo anterior), muestra variabilidad alguna salvo una pequeña dispersión debida a las cambiantes condiciones atmosféricas de noche en noche: las oscilaciones de brillo que parecen mostrar las mediciones obtenidas desde Granada no pueden tenerse en cuenta ya que no sólo no se detectaron desde Cáceres, con mediciones fotométricas más precisas y puntos mucho menos dispersos, sino que en ocasiones son idénticas en todos los astros las mismas noches: por ejemplo la aparente caída de brillo, recuperación y nueva pérdida de magnitud que se aprecia en el intervalo DJH 54697–54704. La conclusión a la que llegamos fue que si deseábamos analizar en profundidad estas mediciones en busca de variabilidad teníamos que eliminar las capturadas durante la primera parte de la campaña, ya que no nos servían para nada debido a su baja calidad y amplia dispersión: por ello eliminamos de nuestros datos todas las mediciones fotométricas obtenidas desde Granada, mediciones que no han sido tenidas en cuenta ni representadas a lo largo del resto del trabajo.

Antes de hacerlo quisimos comprobar si realmente eran inútiles del todo: para ello con el programa AVE analizamos cada uno de los ficheros de mediciones para comprobar cuál era la precisión de las mismas, cuántos de estos puntos estaban fuera del intervalo que consideramos válido ( $3\sigma$ ) y cómo quedarían las curvas de luz una vez eliminados; el resultado fue sorprendente: al eliminar los puntos anómalos nos quedamos con unos ficheros en los que sobrevivían apenas entre diez y veinte puntos tomados desde Granada pero absolutamente todos los capturados desde Cáceres: las únicas excepciones eran las estrellas 6 y 7 en las cuales aparecían todavía unas pocas veintenas de puntos (entre 60 y 80 según la estrella) y éstos se mantenían dentro de una dispersión o

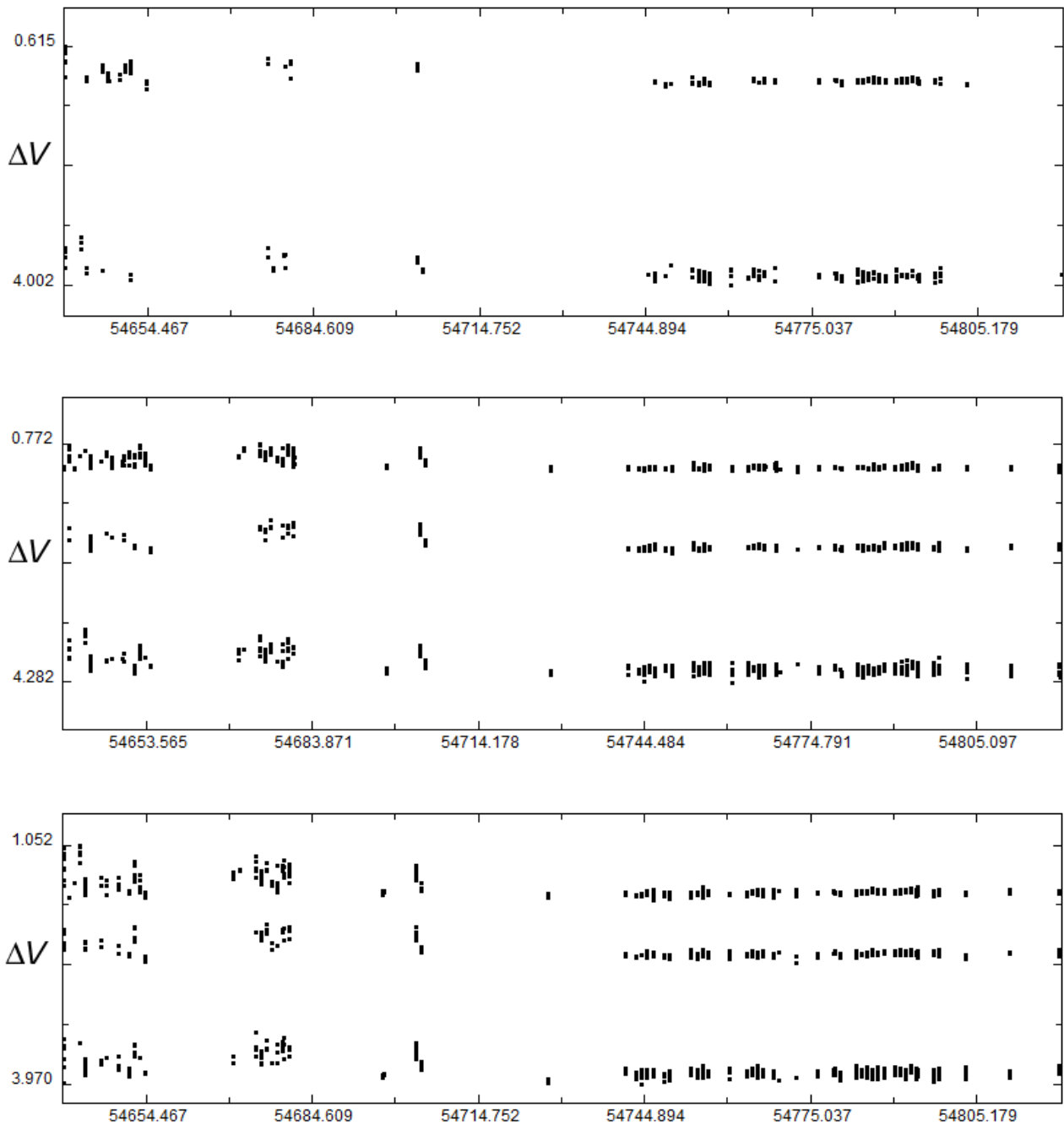


Figura 3. Curvas de luz, en banda  $V$ , de ocho de las diez estrellas estudiadas: en el panel superior los astros números 3 (curva superior) y 5 (curva inferior), en el panel medio los astros números 8 (curva superior), 2 (centro) y 10 (curva inferior) mientras que en el panel inferior aparecen las estrellas 6 (arriba), 4 (centro) y 1 (abajo). En todos los casos la fecha es DJH - 2400000 mientras que la magnitud es diferencial con respecto a la estrella "C".

amplitud de aproximadamente 0.12 magnitudes como máximo. En la Figura 4 representamos estas dos curvas de luz: la de la estrella 6 en la parte superior y la de la estrella 8 en la inferior. La conclusión estaba clara: era preciso eliminar todos los datos capturados desde Granada ya que no servían de mucho y presentaban una dispersión anómala; un segundo motivo de mayor peso era que si queríamos comparar las mediciones obtenidas en ambas bandas debíamos trabajar sólo con los datos obtenidos desde Cáceres, homogéneos, puesto que las imágenes  $V$  y  $R$  fueron tomadas las mismas noches alternando los dos filtros con un intervalo de minutos entre ellas.

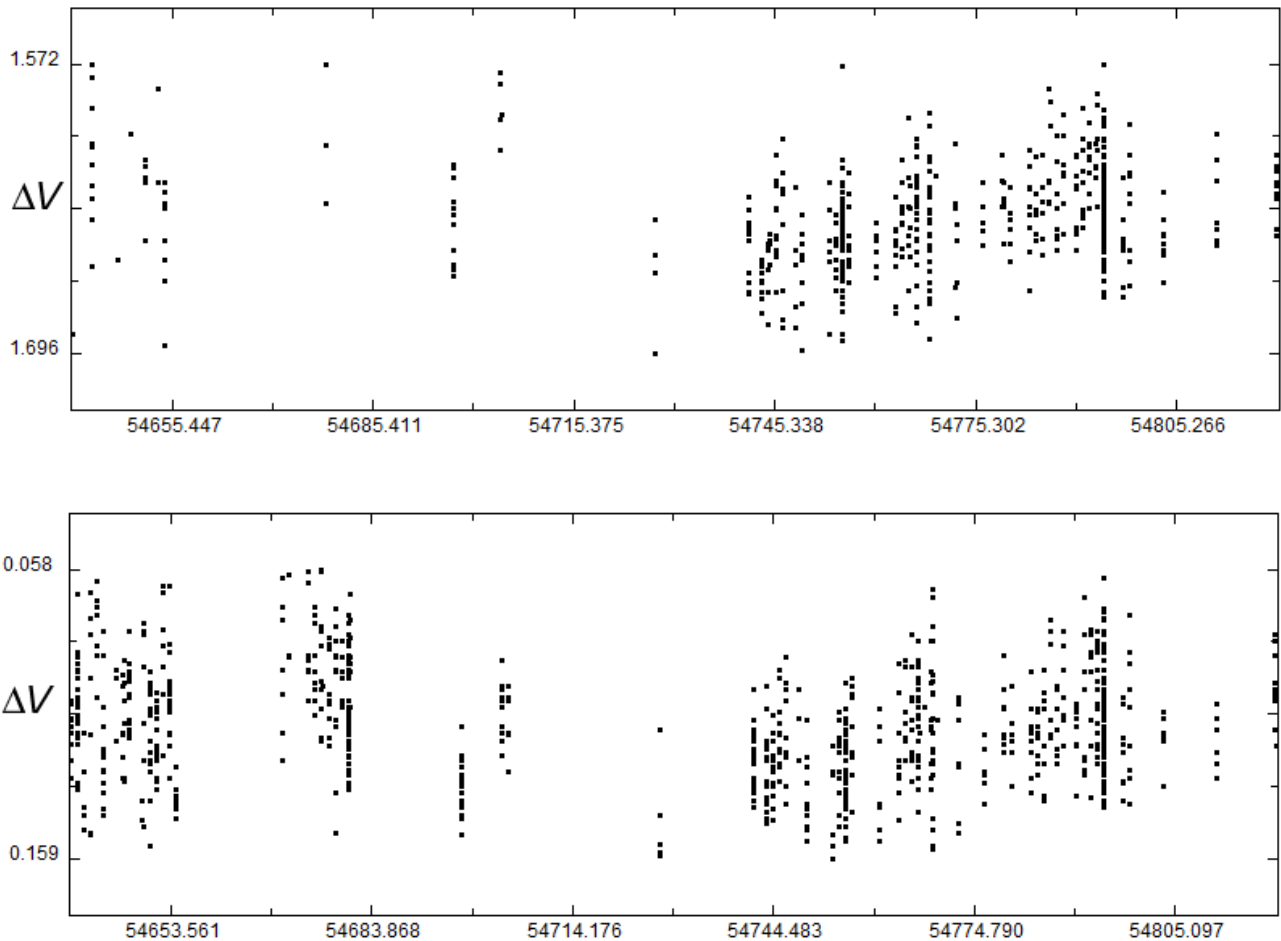


Figura 4. Curvas de luz, en banda  $V$ , de la estrellas 6 (arriba) y 7 (abajo) una vez analizadas con el programa AVE y eliminados de ellas los puntos anómalos ( $3\sigma$ ). En ambos casos la amplitud medida (dispersión de los puntos) es reducida siendo iguales a 0.124 y 0.101 magnitudes respectivamente.

Aunque en un primer momento parecía que la estrella 7 (de tipo espectral K2 III) podía ser variable, ya que gracias a los datos de Granada supervivientes parecía apreciarse cierta variabilidad (aunque de amplitud muy reducida), un examen de ambas curvas de luz descartó las presuntas oscilaciones: ignorando los datos de la primera parte de la campaña y centrándonos únicamente en los de la segunda las oscilaciones registradas eran prácticamente idénticas en ambas estrellas, lo que apuntaba a variaciones aleatorias debidas a la desigual calidad de las imágenes, al fondo celeste, la turbulencia local o cualquier otro factor desconocido y no a una variabilidad real.

Eliminados los datos de la primera parte de la campaña nos quedamos sólo con los de la segunda, que serían los que analizásemos para calcular la magnitud media en ambas bandas, síntomas de variabilidad y compararlos entre ellos para determinar los índices de color  $V - R$  que presentaremos en un artículo futuro.

La Tabla 3 contiene los datos fotométricos obtenidos (en banda  $V$ ) de nueve de las diez estrellas estudiadas omitiendo la variable BD +36 3317, de la cual publicamos un extenso trabajo en mayo de 2009 (Violat y Violat, 2009): nombre del astro en nuestro estudio, rango medido, amplitud o dispersión de los puntos, magnitud diferencial media y desviación estándar. Examinando los datos podemos comprobar que las tres mayores amplitudes registradas (0.360, 0.275 y 0.226 magnitudes) corresponden a los tres astros más débiles (las estrellas 10, 5 y 1) que muestran también las mayores desviaciones estándar ( $\pm 0.049$ ,  $\pm 0.048$  y  $\pm 0.039$  magnitudes).

Tabla 3

Nombre	Rango	Amplitud	Mag. media
1	3.744 – 3.970	0.226	3.839 ± 0.039
2	2.226 – 2.387	0.161	2.304 ± 0.024
3	1.056 – 1.190	0.134	1.120 ± 0.025
4	2.324 – 2.449	0.125	2.389 ± 0.025
5	3.727 – 4.002	0.275	3.883 ± 0.048
6	1.572 – 1.731	0.159	1.639 ± 0.020
7	0.061 – 0.159	0.098	0.116 ± 0.018
8	1.049 – 1.194	0.145	1.133 ± 0.018
10	3.922 – 4.282	0.360	4.099 ± 0.049

Ya que conocemos la magnitud  $V$  de la estrella de comparación “C”, que es igual a la 8.66 según SIMBAD, podemos determinar las magnitudes medias de cada una de las estrellas en esta banda; los resultados los presentamos en la Tabla 4:

Tabla 4

Nombre	Magnitud media	Magnitud $V$
1	3.839 ± 0.039	12.50 ± 0.04
2	2.304 ± 0.024	10.96 ± 0.02
3	1.120 ± 0.025	9.78 ± 0.02
4	2.389 ± 0.025	11.05 ± 0.02
5	3.883 ± 0.048	12.54 ± 0.05
6	1.639 ± 0.020	10.30 ± 0.02
7	0.116 ± 0.018	8.78 ± 0.02
8	1.133 ± 0.018	9.79 ± 0.02
10	4.099 ± 0.049	12.76 ± 0.05

Las magnitudes  $V$  obtenidas y las desviaciones estándar presentadas tienen una precisión de dos decimales debido a que la magnitud de la estrella de comparación “C” se conoce con esta precisión, siendo necesario proceder al redondeo matemático para operar correctamente.

Ahora, con estos nuevos datos en la mano, podemos proceder a comparar los valores obtenidos de nuestra fotometría con las magnitudes medidas por Bronkalla y Eggen ya presentadas con anterioridad en la Tabla 1: enfrentando los datos entre ellos será posible apreciar no sólo la precisión de nuestros datos, mucho más modernos, sino también las posibles discrepancias existentes que podrían darnos alguna pista adicional sobre la posible variabilidad a largo plazo de alguno de los astros estudiados. La Tabla 5 nos ofrece esta información: nombre de la estrella, magnitudes obtenidas por Bronkalla (1963), Eggen (1968), Eggen (1983), Anthony-Twarog (1984), NOMAD (Zacharias et al., 2005) y nuestros valores; si se conoce la desviación estándar de las mediciones ésta se incluye también.

Tabla 5

Nombre	Bronkalla	Eggen	Eggen	A-Twarog	NOMAD	Nosotros
1	12.45	12.36				12.50 ± 0.04
2	10.95	10.90				10.96 ± 0.02
3	9.80	9.76	9.75	9.80	9.806	9.78 ± 0.02
4	11.11	11.04	11.01	11.04 ± 0.01	11.266	11.05 ± 0.02
5	12.56	12.47				12.54 ± 0.05
6	10.34	10.29	10.26	10.28 ± 0.01	10.261	10.30 ± 0.02
7	8.74	8.70			8.686	8.78 ± 0.02
8	9.83	9.79	9.77	9.78 ± 0.01	9.772	9.79 ± 0.02
10						12.76 ± 0.05

El examen de los datos pone de manifiesto que, para los astros que poseen fotometría profesional (todos excepto el número 10), nuestros resultados no son muy distintos de éstos dentro de la precisión de nuestras mediciones. En el caso de la estrella 4 aparece una notable diferencia entre las magnitudes antiguas (1963-1984) y la más moderna de NOMAD, pero no la hay con nuestro resultado: de este modo mientras que la diferencia entre los cuatro valores antiguos es de 0.10 magnitudes asciende a 0.16, 0.23, 0.26 y 0.23 magnitudes si las comparamos con NOMAD. Comparando nuestros valores con los de Anthony-Twarog vemos que para las cuatro estrellas registradas las diferencias son mínimas, de entre 0.01 y 0.02 magnitudes: dentro, por lo tanto, del error de las mediciones. También es extraña la diferencia de magnitudes existente entre nuestro resultado y el recogido en NOMAD que asciende a nada menos que 0.22 magnitudes: ¡11 veces el valor de la desviación estándar que obtenemos para esta estrella!

Esta discrepancia, en principio, parece que no puede ser achacada a NOMAD ya que al examinar las cinco estrellas cuyas magnitudes recoge este catálogo (astros 3, 4, 6, 7 y 8) vemos que en cuatro de ellas (todas excepto la número 4) la diferencia con los valores antiguos es de muy pocas centésimas, no así para la estrella más débil de las cinco. Lo mismo podemos decir de nuestras magnitudes: en todas las estrellas las diferencias con ellos son muy pequeñas, pero incluso en el caso más alto (0.14 magnitudes entre nuestro valor y el de Eggen para la estrella 1) esta diferencia se reduce a 0.05 magnitudes con el valor de Bronkalla; parece, por tanto, que nuestros resultados son consistentes con estos valores y con los de NOMAD excepto para la estrella 4.

Podemos examinar las diferencias de magnitud existentes entre la fotometría moderna (NOMAD y nosotros) cuando las comparamos con la fotometría antigua (Bronkalla, Eggen y Anthony-Twarog) para ver, de este modo, si la diferencia de magnitud encontrada en el caso de la estrella 4 es real y no una simple casualidad a la vez que, de un plumazo, comprobamos la consistencia y precisión de nuestras mediciones al compararlos con cuatro fuentes profesionales. Sin embargo un examen minucioso de las mediciones más modernas de Eggen, publicadas en 1983, nos obligó a no tenerlas en cuenta en el futuro ya que, al haber usado diferentes estrellas para su calibración fotométrica, los resultados obtenidos son entre 0.01 y 0.03 magnitudes más brillantes que los reflejados en su fotometría más antigua (notemos, por ejemplo, que su valor para la estrella 3 es 0.05 magnitudes más brillante que el de Anthony-Twarog publicado al año siguiente, el cual es idéntico al obtenido por Bronkalla, NOMAD y nosotros dentro de la precisión de nuestros datos).

Para ello hemos tabulado todos estos valores (excepto la estrella 10, para la cual no hay fotometría disponible) en una nueva tabla numérica, la Tabla 6, que incluye los siguientes datos: nombre de la estrella, diferencias de magnitud en el sentido Eggen-Bronkalla, Anthony-Twarog-Bronkalla, Anthony-Twarog-Eggen, NOMAD-Bronkalla, NOMAD-Eggen, NOMAD-Anthony-

Twarog, Nosotros-Bronkalla, Nosotros-Eggen, Nosotros-Anthony-Twarog y Nosotros-NOMAD. Para poder compararlos adecuadamente hemos procedido a redondearlos a dos decimales.

Tabla 6

Nombre	E-B	AT-B	AT-E	N-B	N-E	N-AT	Nos-B	Nos-E	Nos-AT	Nos-N
1	-0.09						0.05	0.14		
2	-0.05						0.01	0.06		
3	-0.04	0.00	0.04	0.01	0.05	0.01	-0.02	0.02	-0.02	-0.04
4	-0.07	-0.07	0.00	<b>0.16</b>	<b>0.23</b>	<b>0.26</b>	-0.06	0.01	0.04	<b>-0.22</b>
5	-0.09						-0.02	0.08		
6	-0.05	-0.06	-0.01	-0.07	-0.02	-0.02	-0.04	0.01	0.02	0.04
7	-0.04			-0.05	-0.01		0.04	0.08		0.09
8	-0.04	-0.05	-0.01	-0.06	-0.02	-0.01	-0.04	0.00	0.01	0.02

Examinemos atentamente la tabla sin hacer caso, por el momento, a la estrella 4.

Lo primero que hemos de aclarar es que el signo de las diferencias de magnitud indica que se ha encontrado la estrella más brillante (signo negativo) o débil (signo positivo) que la fuente con la cual se ha comparado: de este modo la fotometría de Eggen ha mostrado, en todos los casos, las estrellas entre 0.04 y 0.09 magnitudes más brillantes que las medidas por Bronkalla mientras que nosotros las encontramos, sistemáticamente, más débiles si las comparamos con las de Eggen.

Lo segundo es que el valor absoluto de las diferencias (es decir, sin hacer caso al signo) oscila entre 0.00 y 0.09 magnitudes: la única diferencia superior a una décima de magnitud la encontramos en nuestra fotometría y sólo en una estrella muy débil (magnitud  $12.50 \pm 0.04$  según nuestros resultados) por lo que el error es comprensible.

¿Qué ocurre con la estrella 4?: algo muy extraño. Las diferencias entre los valores NOMAD con los datos de Bronkalla, Eggen y Anthony-Twarog (marcadas con letra negrilla) son iguales a 0.16, 0.23 y 0.23 magnitudes, encontrando la estrella más débil, mientras que la diferencia entre nuestro valor y el de NOMAD (también en letra negrilla) asciende a nada menos que -0.22 magnitudes mostrando la estrella más brillante que el catálogo: sin embargo nuestras diferencias con los valores antiguos oscilan entre -0.06 y 0.04 magnitudes.

El origen de las diferencias fotométricas en la magnitud de la estrella 4 lo desconocemos: posiblemente al ser la más débil de todas las incluidas en NOMAD su reducido brillo ha influido en la precisión de las mediciones. Cuando hemos indagado el origen de la magnitud recogida en NOMAD hemos comprobado que proviene del TYCHO-2 Catalog (Høg et al., 2000), y que en dicho catálogo su magnitud es igual a la  $11.287 \pm 0.242$ : un valor demasiado impreciso debido a la debilidad de la estrella. Por otro lado en el GSC versión 2.3.2 (2006) aparece con magnitud 11.19 (en la versión antigua este valor era igual a  $10.84 \pm 0.40$ ). Como podemos comprobar las magnitudes profesionales difieren entre ellas según las fuentes consultadas.

Mirando hacia el pasado podemos analizar las mediciones fotométricas de 37 estrellas de la zona (no publicadas en su totalidad hasta la fecha) realizadas por nosotros entre los días 14 de octubre y 10 de diciembre de 2006 cuando, trabajando desde Cáceres con un pequeño refractor acromático de 75 mm de diámetro y 500 mm de focal, logramos descubrir la variabilidad de la estrella BD +36 3317 (desde agosto de 2009 denominada VSX J185422.2+365107)<sup>2</sup> confirmada simultáneamente al utilizar en el mismo período de tiempo el catadióptrico de 203 mm de diámetro;

<sup>2</sup> Ha sido incluida en los bancos de datos de la AAVSO como nueva variable y consta con esa denominación.

las magnitudes medias, desviaciones estándar, amplitudes y número de mediciones que obtuvimos para las estrellas 4, 8, 7, 6 y 2 con este pequeño telescopio fueron las siguientes:

estrella 4: $11.19 \pm 0.19$	amplitud: 0.828 magnitudes	puntos: 107
estrella 8: $9.70 \pm 0.07$	amplitud: 0.318 magnitudes	puntos: 116
estrella 7: $8.71 \pm 0.05$	amplitud: 0.230 magnitudes	puntos: 114
estrella 6: $10.29 \pm 0.12$	amplitud: 0.475 magnitudes	puntos: 112
estrella 2: $11.06 \pm 0.18$	amplitud: 0.772 magnitudes	puntos: 109

Notamos enseguida que las desviaciones estándar y las amplitudes registradas son mayores que las obtenidas en la presente campaña, lo cual se debe al hecho de haber empleado entonces un telescopio de menor abertura y focal; de todos modos las magnitudes medias obtenidas no difieren mucho de las presentadas en la Tabla 5. Según estos resultados la magnitud media de la estrella 4 difería 0.08 magnitudes de la de Bronkalla, 0.15 de la de Eggen y 0.15 de la de Anthony-Twarog: todas están dentro de la precisión de las mediciones.

Al descargar los datos recogidos en el catálogo fotométrico TASS (2007), en donde aparece con el número 1671414, comprobamos que se obtuvieron hasta 68 mediciones en banda  $V$  calculando de ellas una magnitud promedio igual a la  $11.055 \pm 0.057$ : al analizarlas con AVE obtuvimos una magnitud media igual a la  $11.040 \pm 0.055$  que es similar a las mediciones antiguas (y a la nuestra obtenida en la campaña de 2006) pero no a la de NOMAD. Aquí concluimos, por el momento, las investigaciones sobre esta estrella blanco-amarillenta y dejamos para un trabajo futuro el análisis de su aparente (aunque dudosa) variabilidad: como disponemos, además, de numerosos espectrogramas tomados por nosotros durante doce noches distintas entre el 23 de junio y el 27 de noviembre de 2008 creemos que también podremos utilizarlos para completar el estudio de esta estrella en particular y de las demás componentes más brillantes del cúmulo abierto.

Sólo nos resta, por último, presentar las curvas de luz de las diez estrellas estudiadas lo cual hacemos en las Figuras 6, 7 y 8 que corresponden a la estrellas 1 a 4, 5 a 8 y finalmente 9 y 10; en el caso de la estrella 9 presentamos tanto la curva de luz original, tal como fue obtenida noche a noche a lo largo de la campaña, como la curva de luz una vez representada en fase con el período medido por nosotros ( $4.30216 \pm 0.00002$  días, Violat y Violat, 2009). Para mostrar mejor el comportamiento lumínico de las estrellas incluimos todas las mediciones obtenidas: por ello no se han eliminado algunos puntos anómalos que, claramente, difieren de los demás; eliminándolos la amplitud medida habría sido algunas centésimas de magnitud más reducida.

Todas las mediciones fotométricas en banda  $V$  de los astros 1 a 10 del año 2008, así como las estrellas números 2, 4, 6, 7 y 8 de la campaña de 2006, pueden solicitarse a los autores en la dirección electrónica: [fviolat@yahoo.es](mailto:fviolat@yahoo.es)

Los resultados de la fotometría en banda  $R$ , así como los valores  $V - R$  obtenidos de ella, los presentaremos en un próximo trabajo junto con los espectros (deducidos de nuestras observaciones fotométricas o espectroscópicas) de todas las estrellas estudiadas.

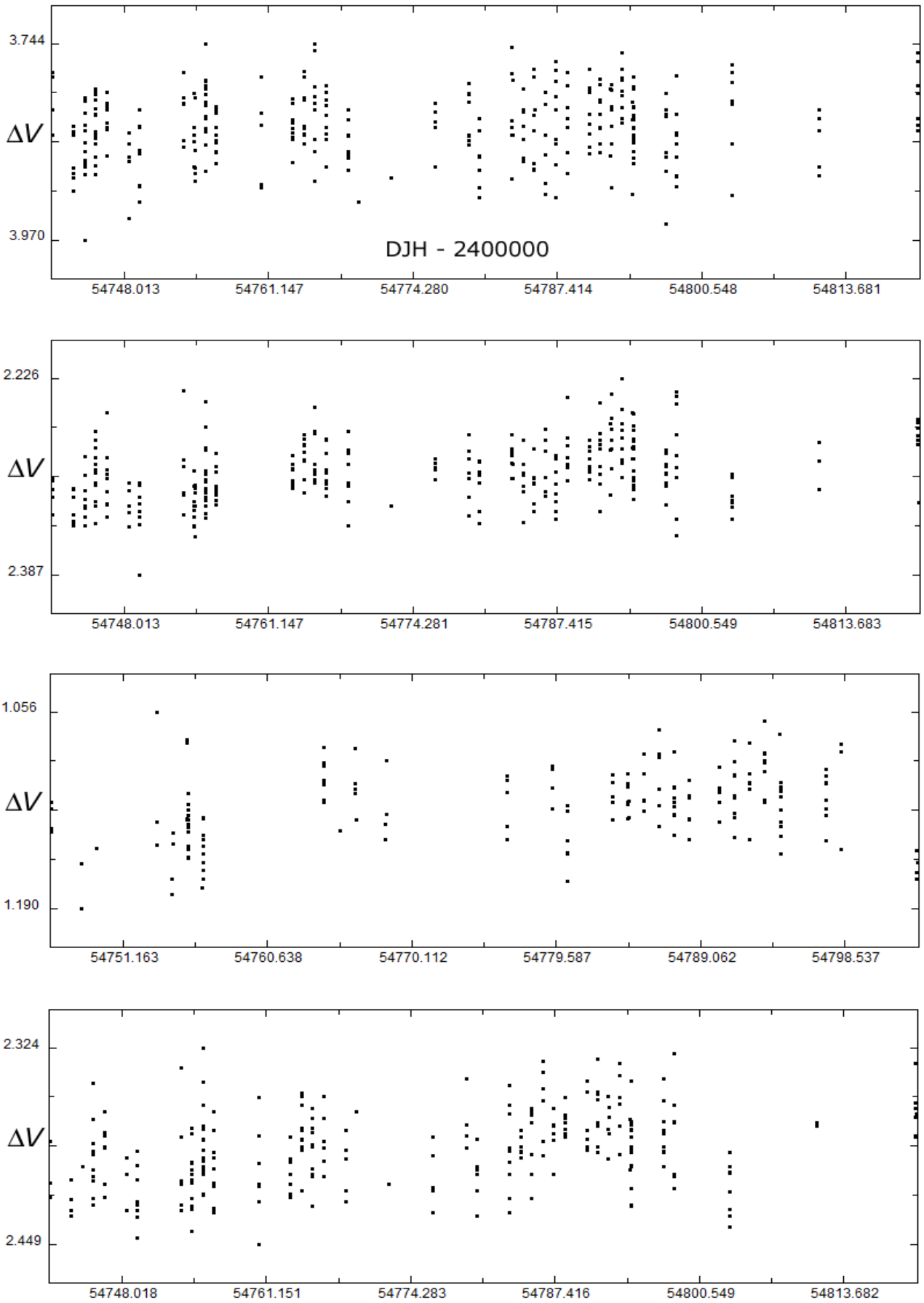


Figura 5. De arriba a abajo curvas de luz en banda  $V$  de las estrellas 1, 2, 3 y 4 en fotometría diferencial.

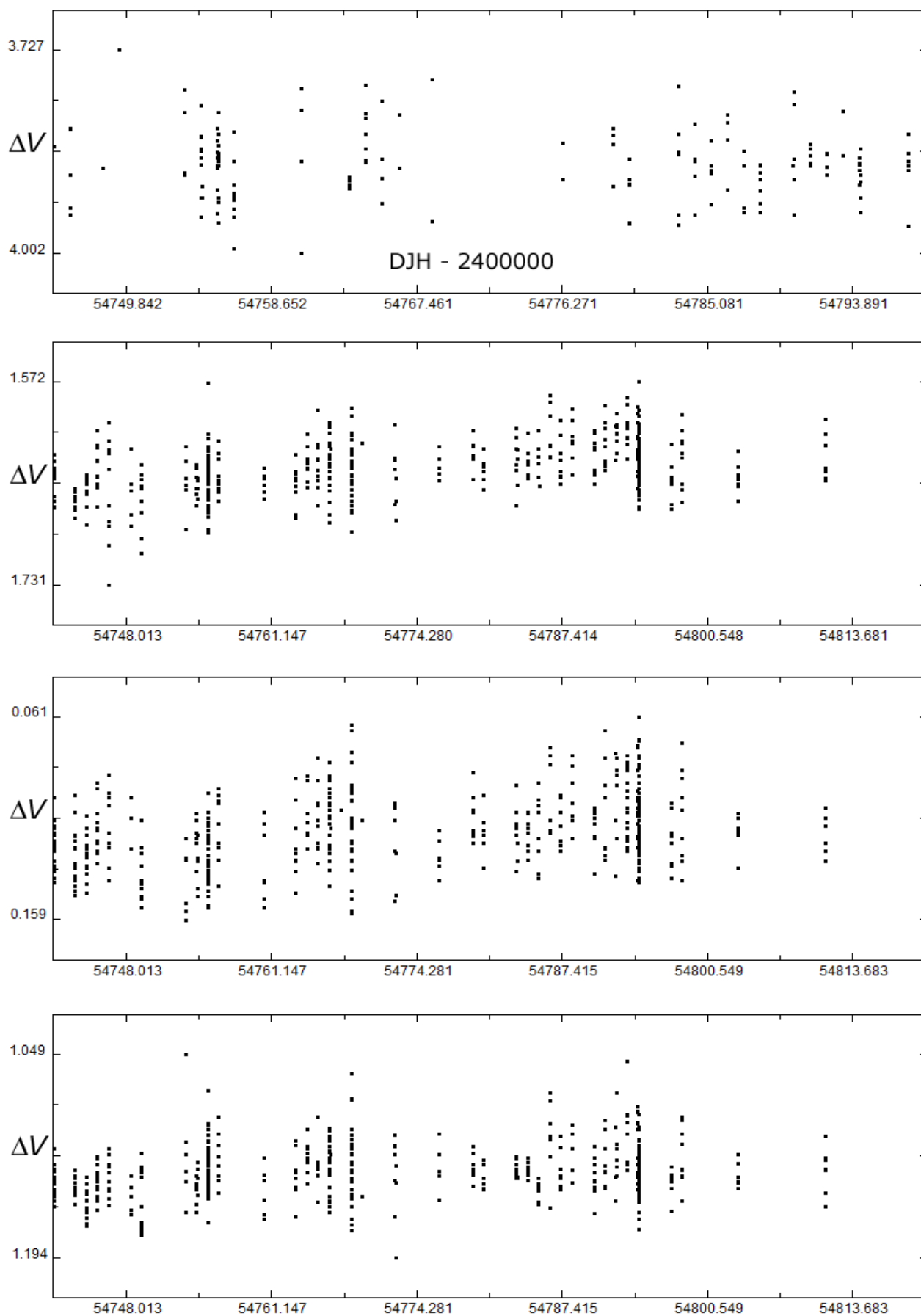


Figura 6. De arriba a abajo curvas de luz en banda  $V$  de las estrellas 5, 6, 7 y 8 en fotometría diferencial.

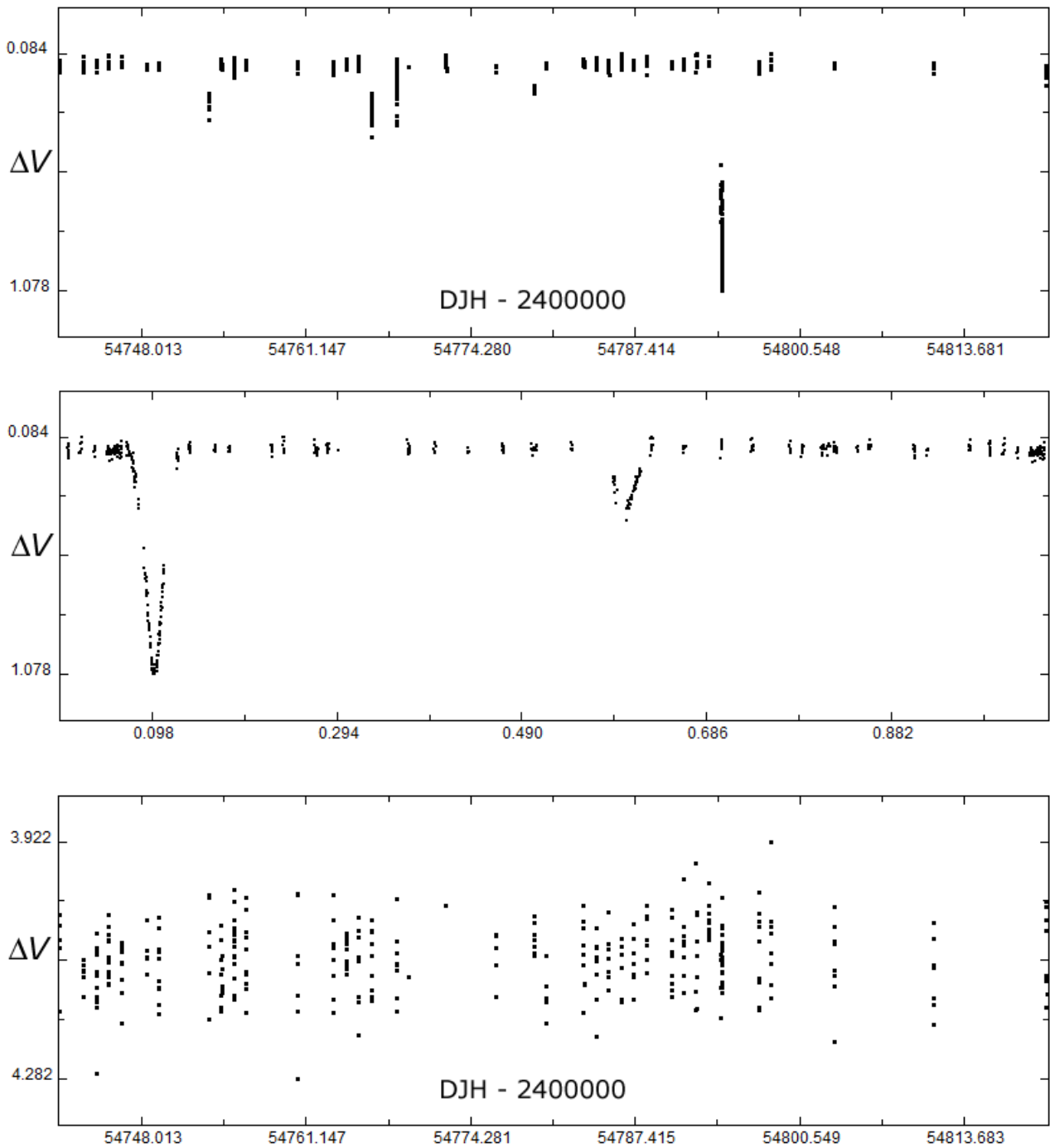


Figura 7. De arriba a abajo curvas de luz en banda  $V$  de las estrellas 9 (noche a noche), 9 representada con un período igual a 4.30216 días y 10 en fotometría diferencial.

**Agradecimientos.** Esta investigación ha sido realizada utilizando los catálogos y bancos de datos de VizieR y SIMBAD (Centro de Datos Estelares CDS, Strasbourg, France), WEBDA, TASS y NASA's Astrophysics Data System, así como el telescopio del Observatorio Astronómico de Forcarei (Pontevedra) perteneciente a la Fundación “Ceo, Ciencia e Cultura” (FC<sup>3</sup>).

## Referencias

- Anthony-Twarog, B. J., 1984, *AJ*, **89**, 655, <http://simbad3.u-strasbg.fr/cgi-bin/cdsbib4?1984AJ....89..655A>  
AAVSO: [http://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail\\_top&oid=232663](http://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail_top&oid=232663)
- Bronkalla, W., 1963, *AN*, **287**, 249, <http://adsabs.harvard.edu/abs/1963AN....287..249B>
- Eggen, O. J., 1968, *ApJ*, **152**, 77, <http://adsabs.harvard.edu/abs/1968ApJ...152...77E>
- Eggen, O. J., 1983, *MNRAS*, **204**, 391, <http://simbad3.u-strasbg.fr/cgi-bin/cdsbib4?1983MNRAS.204..391E>
- Guide Star Catalog (GSC): <http://archive.eso.org/gsc/gsc>
- Høg et al., 2000, *A&A*, **355**, L27-L3, <http://vizier.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR?-source=Tycho-2>
- Observatorio Astronómico de Forcarei (Fundación FC<sup>3</sup>): <http://www.fc3.es/>
- SIMBAD Astronomical Database: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Stephenson, C. B., 1959, *PASP*, **71**, 145, <http://simbad3.u-strasbg.fr/cgi-bin/cdsbib4?1959PASP...71..145S>
- TASS, mediciones fotométricas de la estrella nº 4 (ID#1671414):  
<http://sallman.tass-survey.org/servlet/markiv/template/TassPlot.vm;jsessionid=02B60B6BA05B0DDB29A77146976E872A>
- Violat Bordonau, F., Violat Martín, D., web Casanchi (febrero de 2007), disponible *on line* en la dirección web:  
<http://personales.ya.com/casanchi/ast/delta01.htm>
- Violat Bordonau, F., Violat Martín, D., web Casanchi (mayo de 2009), disponible *on line* en la dirección web:  
<http://personales.ya.com/casanchi/ast/bd363317.pdf>
- Violat Bordonau, F., Arranz Heras, T. (agosto 2009). *IAU Information Bulletin on Variable Stars*, **5900**, 1, disponible en: <http://www.konkoly.hu/cgi-bin/IBVSpdf?5900>
- VizieR Catalogue Service: <http://vizier.u-strasbg.fr/>
- Zacharias et al. (2005), NOMAD, The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset Catalogue, American Astronomical Society Meeting 205; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 36, p.1418:  
<http://astrobib.u-strasbg.fr:2008/cgi-bin/cdsbib?2004AAS...205.4815ZVizieR>
- WEBDA: [http://www.univie.ac.at/webda/cgi-bin/ocl\\_page.cgi?cluster=Stephenson+1](http://www.univie.ac.at/webda/cgi-bin/ocl_page.cgi?cluster=Stephenson+1)