

VARIABLES EN M13

CAMPAÑA 2006

1. LAS RR LYRAE V7 Y V8

Francisco A. Violat Bordonau

Teófilo Arranz Heras

fviolat@yahoo.es

Este es el primer artículo de una serie dedicada a presentar los resultados fotométricos obtenidos durante la campaña fotométrica del año 2006. Debido al elevado número de astros estudiados y a la diferente tipología de los mismos (gigantes rojas, cefeidas y RR Lyraes) tenemos que tratar cada uno de ellos independientemente, aunque agrupados. En esta ocasión mostramos las curvas de luz, amplitudes y períodos de dos variables rápidas, las RR Lyrae V7 y V8, la primera de tipo RRc y la segunda la única de tipo R Rab conocida hasta la fecha en el cúmulo.

Como venimos haciendo desde la primavera del año 2001 hemos estudiado, un año más, el cúmulo globular M13 con la idea de realizar fotometría de sus astros componentes.

La abertura de los instrumentos utilizados (catadióptricos de 203 mm en Cáceres y 305 mm en Navas de Oro, Segovia) nos permite medir, con un alto grado de precisión, todos los astros hasta las magnitudes 15 (Cáceres) y 17 (Segovia) a través del filtro V Johnson: es decir, prácticamente todas las estrellas variables brillantes (gigantes rojas), medianamente brillantes (cefeidas) e incluso las débiles RR Lyrae. Las mediciones que presentamos en este trabajo fueron obtenidas por este último equipo empleando para ello una cámara CCD Starlight Xpress, modelo MX716, de 376 x 290 píxeles y electrónica de 16 bits.

La última actualización del *Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters* (CVSGC, Clement et al., 2001) lista 33 variables de las cuales sólo cuatro (V5, V7, V8 y V9) son de tipo RR Lyrae. El trabajo fotométrico de Kopacki et al. (2003) añadió otras cinco (V25, V31, V34, V35 y V36) ya que confirmaron dos de las variables sospechosas descubiertas por Kadla et al. (1980) y descubrieron tres nuevas (V34 a V36).

El mayor problema que el observador encuentra al estudiar este cúmulo globular no es la debilidad de sus distintas estrellas componentes (magnitud ~11.9-12.5 para las gigantes rojas, ~13.0-14.1 para las cefeidas y ~14.5-14.9 para las RR Lyrae), sino el apiñamiento de los astros: en ocasiones una variable está tan pegada a otra estrella de brillo más elevado que sus cambios de magnitud resultan muy difíciles de medir, siendo la alta contaminación lumínica la que falsea los resultados o los vuelve completamente inservibles.

Estudios realizados por uno de nosotros (Violat) con distintos instrumentos han demostrado que sólo cuando se trabaja con focales iguales, o superiores, a los 2000 mm se está en condiciones de comenzar un seguimiento fotométrico de las estrellas más apiñadas (lo cual no quiere decir, na-

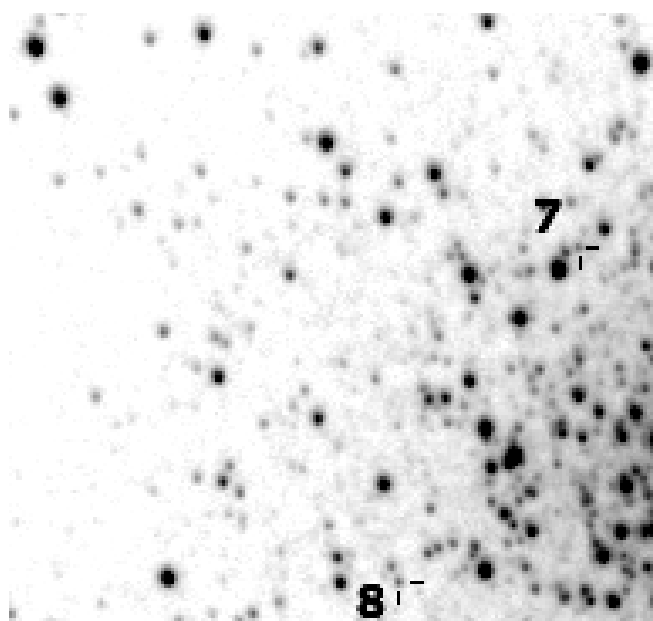


Figura 1. Ampliación de una imagen CCD de M13 en la que hemos marcado las posiciones de las variables V7 y V8. Norte abajo y este a la derecha (Teófilo Arranz Heras).

turalmente, que los resultados sean óptimos), mediciones que aumentan de calidad a medida que la focal sube a los 2500 mm o incluso iguala o rebasa los 3000: esto se debe a que la resolución de la imagen, la separación de los distintos astros sobre el chip, se incrementa con la distancia focal y el menor tamaño aparente de las estrellas (disco de Airy). Esto explica que una variable relativamente brillante como la cefeida V6 (magnitud media: 14.095 V), que apenas dista unos segundos de arco de una estrella mucho más brillante, sea imposible de estudiar con un reflector de 200 mm de abertura a f/7 (focal: 1400 mm), pueda seguirse de una manera difícil y mediocre con un catadióptrico de 203 mm de abertura a f/10 (focal: 2000 mm) y no presente dificultades para otro catadióptrico de 354 mm de abertura también a f/10 (focal: 3500 mm). Sin embargo imágenes capturadas con un reflector de 400 mm de abertura a f/4.5 (focal: 1800 mm) no han mostrado ninguna

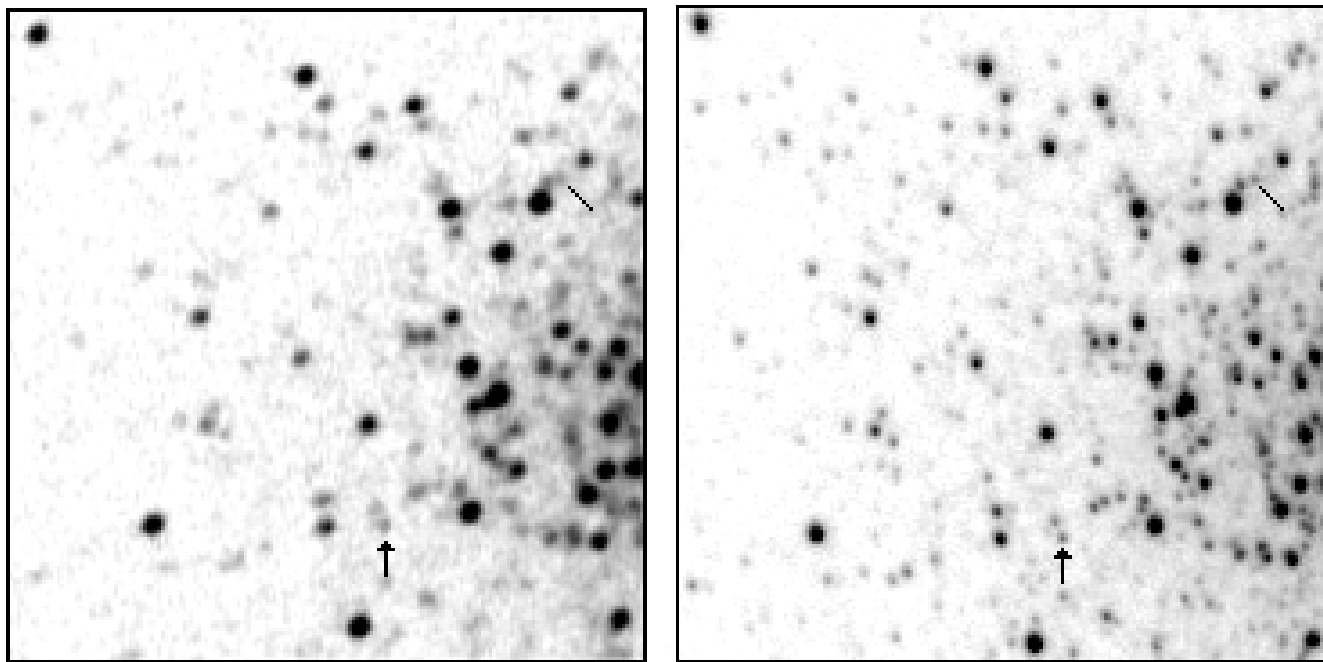


Figura 2. Imágenes digitales de M13 tomadas por Violat (izquierda) y Arranz (derecha) del mismo sector: se han marcado con líneas las posiciones de V7 mientras que V8 está indicada con sendas flechas. En ambos casos se aprecian, en el límite, astros de magnitud $V\ 15^a$ (Violat) y 16^a (Arranz). Como en todas las imágenes norte abajo y este a la derecha.

mejora sobre las del catadióptrico de 203 mm, cuya abertura era la mitad pero de focal mayor.

En esta campaña Arranz ha centrado su trabajo en medir prácticamente todas las estrellas RR Lyrae conocidas en el cúmulo, las cuales han sido seguidas confiando en la mayor abertura y focal de su catadióptrico que permite no sólo separar astros muy pegados (como las RR Lyrae V5 y V9, distantes sólo 2.5", que no pudieron ser resueltas por Sawyer en su estudio del año 1940) sino medir sus magnitudes con una relación señal/ruido elevada; Violat, por el contrario, no ha obtenido mediciones de estos astros para centrar su trabajo sobre las gigantes rojas y cefeidas, las cuales requieren exposiciones más cortas para evitar la sobreexposición.

V7 y V8 se encuentran en la parte occidental de M13 ambas a una distancia de poco más de 90" del núcleo, tal como se aprecia en la figura 1: mientras que V8 es fácil de estudiar, por situarse en un campo libre de estrellas brillantes, V7 está muy próxima a la resplandeciente variable roja V11 lo que dificulta bastante la obtención de mediciones fotométricas de calidad al ser ésta mucho más brillante (magnitud media: 11.93 V).

V7 (L344) fue descubierta por Barnard (1914), confirmada por Shapley (1915) y aparece ya como variable en la primera versión del CVSGC (Sawyer, 1939). Posteriormente Arp (1955) publicó curvas de luz de V7 y V8, encontrando el período de la primera igual a 0.2388 días y dudando de su pertenencia al cúmulo por este valor tan reducido. Del mismo modo Kadla (1966), basándose en su movimiento propio, anunció que este astro no podía ser miembro del cúmulo.

El período sería modificado por Ibáñez y Os-

born (1973), quienes lo hallaron levemente más largo (0.312393 días) y, por tanto, típico de este tipo de variables aunque más tarde Bisard y Osborn (1977), basándose en nuevo material, lo alargaron nuevamente hasta los 0.3126626 días. Una nueva determinación del mismo por Russeva y Russev (1983) lo encontró igual a 0.3126635 días, aunque Kopacki et al., con sus propios datos del año 2001, lo han ampliado a 0.3126902 días.

V8 (L206) fue descubierta por la propia Sawyer (1940) quien en un nuevo trabajo (1942) la clasificó en el tipo RR Lyr, aunque sería Kollnig-Schattschneider (1942) quien determinase su período, 0.75 días, y el subtipo: R Rab. Fue estudiada por Osborn (1969) para buscar posibles cambios en su período: el nuevo valor que obtuvo, 0.7503158 días, era consistente con todas las observaciones obtenidas entre los años 1925 (Kollnig-Schattschneider) y 1967 (Osborn); con un nuevo valor (0.750316 días) aparece en la última versión del CVSGC, dato que fue determinado por Russeva y Russev (1983).

Pasemos ya a examinar individualmente los resultados obtenidos en cada una de las variables.

V7

Situada en la posición α : 16h 41m 37.10s y δ : $36^\circ 26' 28.8''$ (2000.0) aparece muy próxima a la brillante V11 con una débil estrellita de brillo similar pegada en la parte NW: las mediciones de brillo son realmente difíciles de conseguir; con el catadióptrico de 203 mm de diámetro Violat no ha sido capaz de conseguir datos útiles, ya que sus

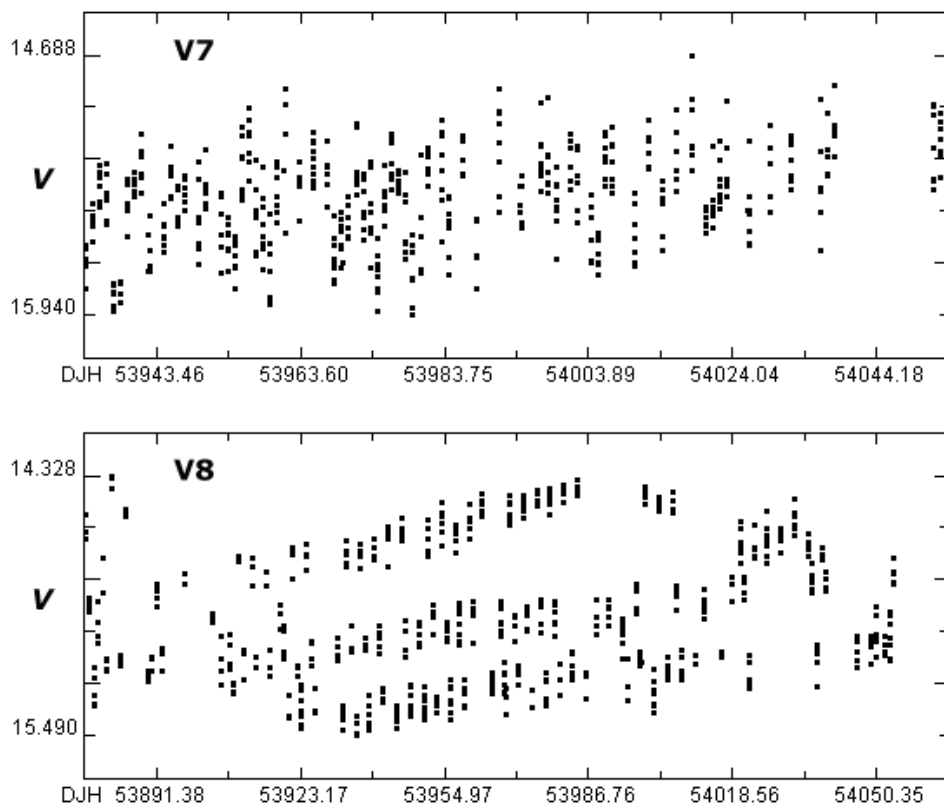


Figura 3. Mediciones obtenidas por Arranz de las variables V7 (arriba) y V8 (abajo). En el primer caso su corto período impide apreciar visualmente el comportamiento o la forma de la misma; V8, por el contrario, tiene un período más próximo a la unidad (0.7503 días) por lo que muestra pequeños cambios que se pueden apreciar de noche en noche.

dos metros de focal apenas si muestran separadas V7 de su débil compañera.

Se trata de una estrella del tipo RRc de las que hasta la fecha (2007) se conocen 8 ejemplos en M13: sus períodos están comprendidos entre los 0.3126902 días (V7) y los 0.4295447 días (V25), mientras que sus curvas de luz son típicamente redondeadas. El período medio de este tipo de astros, en el caso de M13, es igual a 0.36 ± 0.05 días con lo cual el cúmulo se incluye en el tipo II según la clasificación de Oosterhoff.

Arranz la ha seguido entre los DJH 53933.385 y 54054.254 (122 días) obteniendo 537 mediciones de brillo: la ha registrado entre las magnitudes 14.69 y 15.94 V lo que nos da una amplitud igual a 1.25 magnitudes; su magnitud media resulta ser igual a la 15.37 V ($\sigma = 0.22$ magnitudes).

Bisard y Osborn (1977) encontraron que su magnitud media era igual a la 14.86 V con una amplitud de 0.26 magnitudes en dicha banda.

Osborn (2000) indicó que su magnitud media era igual a la 14.87 V ($\sigma = 0.10$ magnitudes) mientras que Kopacki et al. comunicaron que su magnitud media era igual a la 14.930 V con una amplitud de 0.305 magnitudes, lo que la mostraría en el rango 14.777—15.082 V.

Como podemos apreciar la diferencia entre las magnitudes medias encontradas es reducida entre los profesionales pero mayor en nuestro caso, lo que demuestra la dificultad a la hora de efectuar mediciones exentas de errores por la contaminación de V11 para focales cortas.

Al analizar los datos promediados cada noche

por medio del programa A.V.E, del Grupo de Estudios Astronómicos, usando el algoritmo Scargle, la encontramos en el rango 14.96—15.84 V y obtuvimos un período igual a 0.312623 días con el cual dibujamos la curva de luz que mostramos en la parte superior de la figura 4: podemos apreciar la forma redondeada típica de los astros RRc así como la dispersión de los puntos que la integran en todo momento. La diferencia con el valor oficial (0.3126635 d, 1983) es igual a 0.0000405 días lo que equivale a sólo 3.5 segundos, mientras que la diferencia con el nuevo valor de Kopacki et al. (0.3126902 d, 2003) es igual a 0.0000672 días o 5.8 segundos: consideramos que es un resultado especialmente bueno teniendo en cuenta la dificultad en seguirla debido a su posición. Para mejorar este valor durante la campaña de 2007 sería preciso emplear un duplicador de focal, lo que reduciría todavía más el campo capturado en detrimento del estudio de las demás variables.

V8

Está situada en la parte NW del cúmulo en una zona libre de astros brillantes, concretamente en la posición α : 16h 41m 32.64s y δ : $36^\circ 28' 02.0''$ (2000.0): el único astro que podría molestar es de magnitud 13.34 V y no afecta demasiado. Forma pareja con una estrellita más débil, de magnitud 14.98 V, situada al sur con la que se puede comprobar en las imágenes, de noche en noche, el cambio en su brillo incluso a simple vista.

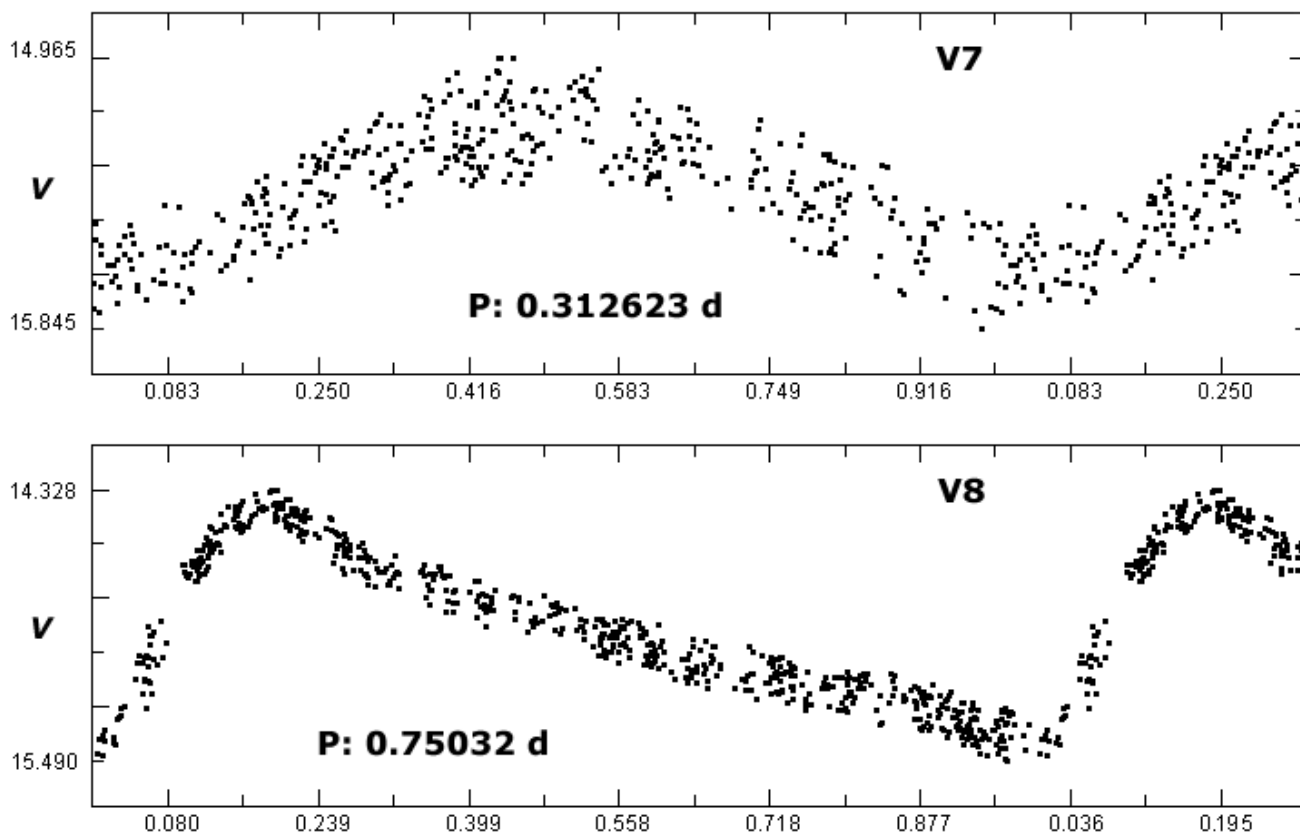


Figura 4. Curvas de luz de las variables V7 (arriba) y V8 (abajo): en el primer caso hemos utilizado el período obtenido por nosotros: 0.312623 días. Para representar la de V8 hemos utilizado el período oficial, 0.75032 días, ya que nuestro valor (0.75003 días) originaba *escalones* anómalos. Como podemos ver las curvas obtenidas son similares a las profesionales: en el primer caso la variable es del tipo RRC mientras que la segunda es la de una típica RRab.

Es la única estrella del tipo RRab del cúmulo conocida hasta la fecha: su período es superior a los 0.4295447 días de V25 mientras que su curva de luz muestra una asimetría muy evidente, al contrario que las de las RRC que son muy redondeadas; otro dato a tener en cuenta es que el primer tipo presenta el mínimo muy cerca de la fase 0.5 mientras que el segundo lo tiene mucho más avanzado: en el caso de esta estrella aparece en la fase 0.83 aproximadamente, lo que produce una asimetría notable muy característica.

Arranz la ha seguido entre los DJH 53875.481 y 54066.248 (192 días) obteniendo 661 mediciones fotométricas: según sus datos ha oscilado entre las magnitudes 14.33 y 15.49 V lo que nos da una amplitud igual a 1.16 magnitudes; su brillo medio es igual a la magnitud 14.95 V ($\sigma = 0.31$ magnitudes).

Osborn (2000) indicó que su magnitud media era igual a la 14.92 V ($\sigma = 0.19$ magnitudes) mientras que Kopacki et al. notaron que su magnitud media era igual a la 14.880 V con una amplitud igual a 0.836 magnitudes en el rango 14.462—15.298 V.

Su brillo medio, 0.05 magnitudes menos que V7, su mayor amplitud y el hecho de estar localizada en una zona libre de astros molestos permite estudiarla con mayor comodidad.

El análisis de los datos, por medio del progra-

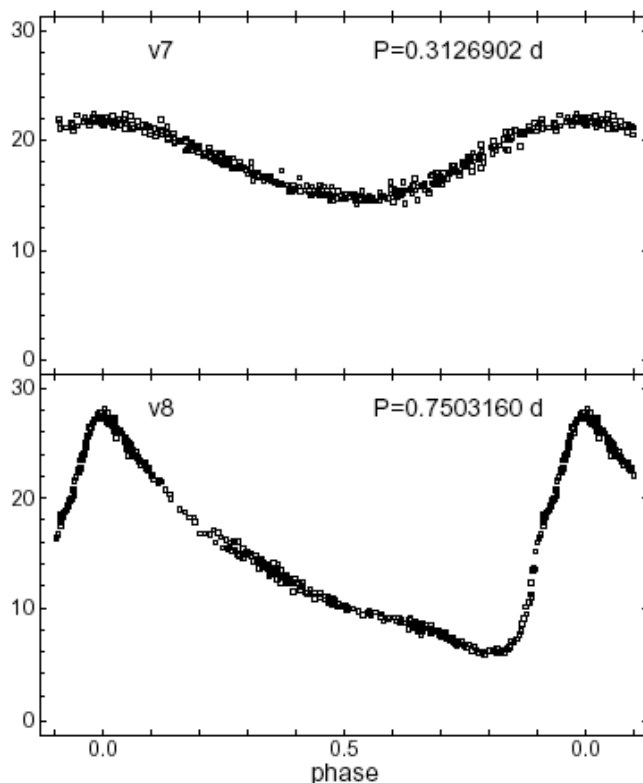


Figura 5. Curvas de luz, en banda V, obtenidas por Kopacki et al. de las variables V7 (arriba) y V8 (abajo): ambas muestran el flujo luminoso medido en una escala arbitraria. Podemos comparar la forma de las mismas con las nuestras y comprobaremos que, pese a la diferencia de aberturas empleadas (60 cm contra 35.5 cm), son muy similares.

ma A.V.E del Grupo de Estudios Astronómicos usando el algoritmo Scargle, produjo un período igual a 0.75003 días que resultó ser algo más corto que el oficial; al dibujar la curva de luz con este valor eran notorios unos extraños "escalones" los cuales desaparecieron al usar el período oficial. Aunque este resultado no nos parece satisfactorio al dibujar la curva de luz con este valor (0.75032 días) el resultado, mostrado en la parte inferior de la figura 4, es ya plenamente consistente: vemos la forma asimétrica típica de los astros RRab, una menor dispersión de las mediciones a lo largo de toda la curva y la, también, típica y lógica mayor dispersión de los puntos a medida que la estrella pierde brillo desde su máximo al mínimo.

La diferencia existente entre el valor obtenido por nosotros y el período oficial es próxima a 0.000286 días, lo que equivale a casi 25 segundos: curiosamente pese a que la estrella está mejor situada para su estudio este resultado es de menor calidad que el anterior.

Ambas curvas de luz pueden ser comparadas con las obtenidas por el equipo de Kopacki que mostramos en la figura 5: en la parte superior la de V7 y en la inferior la de V8. Pese a que las escalas empleadas son distintas (banda V en nuestro caso, flujo expresado en una escala arbitraria en el suyo) la forma de las mismas es muy similar; es preciso hacer notar, para terminar, que los instrumentos empleados han sido muy distintos: un reflector de 60 cm en su trabajo, un catadióptrico de 35.5 cm en el nuestro.

Notemos, sin embargo, que la dispersión de las mediciones de V7 es (como en nuestro caso) algo mayor que la de V8 por el motivo ya comentado: la molesta presencia de V11.

CONCLUSIONES

Al igual que en campañas anteriores durante el año 2006 hemos efectuado un estudio fotométrico del cúmulo globular M13 y las distintas estrellas variables conocidas hasta la fecha.

El seguimiento fotométrico de dos estrellas de tipo RR Lyrae, las variables V7 (tipo RRc) y V8 (tipo RRab) se ha realizado por medio de un telescopio catadióptrico de 355 mm de abertura equipado con una cámara CCD Starlight Xpress MX716. La calibración fotométrica de las tomas y la medición de las magnitudes en cada una de ellas se ha efectuado con el programa comercial *AstroArt*, empleando para ello una secuencia de astros no variables de magnitud bien determinada por Osborn (2000) que han sido utilizados con éxito en campañas anteriores (años 2001 a 2005).

El análisis posterior de estos datos con el programa A.V.E. nos ha permitido obtener un período

igual a 0.312623 días para el primer astro y otro igual a 0.75003 días para el segundo: los valores obtenidos por Kopacki et al. (2003) son 0.3126902 y 0.7503160 días respectivamente.

Las diferencias existentes entre ambas en el sentido Kopacki *menos* Arranz son iguales a 0.0000672 días (5.81 segundos, V7) y 0.000286 días (24.71 segundos, V8) respectivamente. No comprendemos cómo este segundo astro, pese a que está mejor situado y es más brillante, aparentemente ha sido estudiado con un error mayor cuando las mediciones, una vez representadas con el período oficial, muestran una menor dispersión y dibujan perfectamente su curva de luz.

Estamos seguros de que con la entrada en funcionamiento de una nueva cámara CCD en el Observatorio Astronómico de Cáceres, puesta a prueba con la fotometría realizada en el cúmulo M36 durante los meses de marzo y abril, en la próxima campaña podremos obtener mejores mediciones con las que refinemos y amplíemos los resultados aquí expuestos.

Observatorio Astronómico de Cáceres. Cáceres (España), 21 de abril de 2007.

REFERENCIAS

- Arp, H. C., 1955, AJ, 60, 317.
- Barnard, E. E., 1914, ApJ, 40, 173.
- Bisard, W., Osborn, W., 1977, IBVS 1475.
- Clement, C. M., Muzzin, A., Dufton, Q. et al., 2001, AJ, 122, 1587.
- Ibáñez, F., Osborn, W., 1973, IBVS 769.
- Kadla, Z. I., 1966, Iz. Pulkova Observ. 24, 93.
- Kadla, Z. I., Gerashchenko, A. N., Yablokova, N. V., 1980, Astron. Tsirkular, 1136, 5.
- Kollnig-Schattschneider, E., 1942, Astr. Nachr., 273, 145.
- Kopacki, G., Kolaczowski, Z., Pigulski, A., 2003, A&A, 398, 541.
- Osborn, W., 1969, AJ, 74, 108.
- Russeva, T., Russev, R., 1983, Peremennye Zvezdy, 22, 49.
- Sawyer, H. B., 1939, Pub. David Dunlap Obs., Vol. 1, 127.
- Sawyer, H. B., 1940, Pub. David Dunlap Obs., Vol. 1, 181.
- Shapley, H., 1915, PASP, 27, 238.