

VARIABLES EN M13

CAMPAÑA 2006

3. GIGANTES ROJAS (I)

Francisco A. Violat Bordonau

Teófilo Arranz Heras

fviolat@yahoo.es

Este es el tercer artículo de una serie dedicada a presentar los resultados fotométricos obtenidos durante la campaña del año 2006; si en el primero mostramos los obtenidos de las estrellas RR Lyrae V7 y V8 y en el segundo los de las también RR Lyrae V31, V34 y V36, en esta ocasión ofrecemos las curvas de luz, amplitudes y períodos de siete gigantes rojas de las catorce estudiadas en esta campaña; dejamos para una segunda parte el resto de las estrellas. Según nuestros datos todas presentan oscilaciones lumínicas sin una periodicidad marcada. Una de las estrellas utilizada como astro de chequeo, L853, parece ser una variable de reducida amplitud (≈ 0.1 magnitud) con un período próximo a los 23.3 días.

En dos artículos anteriores (Violat y Arranz, 2007a, b) hemos presentado los resultados fotométricos obtenidos en el estudio del cúmulo globular M13 en la campaña de 2006 de las variables rápidas de tipo RR Lyrae. En esta ocasión pasamos a exponer los resultados conseguidos en el estudio de distintas estrellas gigantes rojas del cúmulo: dado que han sido catorce las seguidas en esta campaña hemos dividido en dos artículos la presentación de los resultados, conteniendo siete estrellas cada uno para no cargar los trabajos de excesivas curvas de luz (dos por astro, una por cada observatorio) ni hacerlos demasiado pesados y extensos.

La abertura de los instrumentos utilizados (catadióptricos de 355 mm en Navas de Oro, Segovia y 203 mm en Cáceres) nos ha permitido medir, con un alto grado de precisión, todos los astros hasta las magnitudes 15 (Cáceres) y 17 (Segovia) a través del filtro V Johnson.

El instrumento ubicado en Segovia ha trabajado con una cámara CCD Starlight Xpress, modelo MX716, de 376 x 290 píxeles y electrónica de 16 bits; el de Cáceres ha utilizado una cámara Starlight Xpress, modelo MX516, de 520 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 siete variables del tipo Gigante Roja: V11, V15, V17, V18, V19, V24 y V33. El trabajo de Kopacki et al. (2003) añadió otras ocho (de V38 a V45) al confirmar variables sospechosas para Russev (1973) y Osborn (2000), aunque de todas ellas sólo determinaron el período de una (V41), concluyendo que las restantes eran semirregulares sin período.

De todas ellas sólo cuatro (V41, V42, V44 y V45) son completamente nuevas y nunca habían sido sospechosas de variabilidad: esto se debe a la posición que ocupan, muy próxima a otra estrella de brillo similar (V42), dentro del núcleo del cúmulo (V44 y V45) o en una zona cercana a éste (V41). Las restantes son astros que no han podido

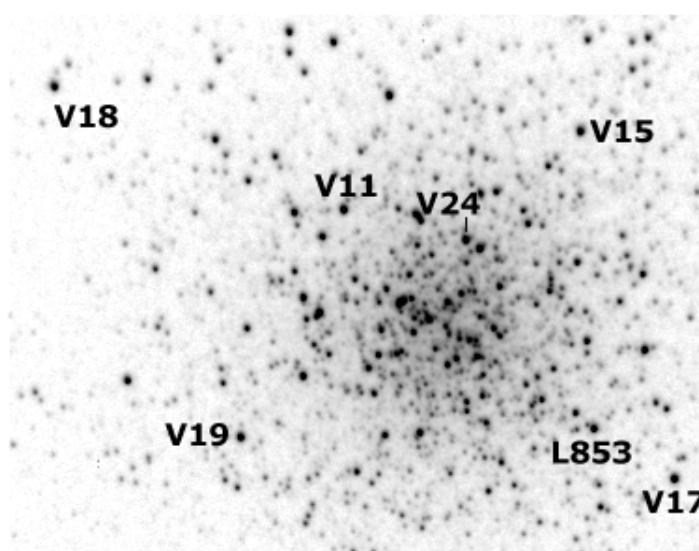


Figura 1. Imagen CCD de M13 en la que hemos marcado las posiciones de las distintas variables rojas estudiadas. Norte abajo y este a la derecha (Teófilo Arranz Heras).

ser identificados como variables debido a que las mediciones disponibles eran de baja calidad por su proximidad al núcleo (V39 y V42) o a su reducida amplitud (V38, V40 y V43).

Durante la campaña de 2006 han sido catorce las estrellas variables de tipo gigante roja seguidas por nosotros: V11, V15, V17, V18, V19, V20 (sólo por Violat), V24, V33 (idem), V38, V39, V40, V41, V42 y V43. A las mismas se ha unido L853, astro utilizado por Violat como astro de chequeo durante los últimos cinco años en los cuales parecía que se apreciaban leves oscilaciones de brillo: las mediciones de Arranz muestran estas oscilaciones y las de Violat, aunque más débilmente, parecen confirmarlas también.

Dado que la campaña fotométrica ha sido muy amplia (DJH 53792 al 534066: 275 días) podemos decir, sin miedo a exagerar, que en estos momentos este el conjunto de datos más completo y extenso obtenido de las variables rojas de M13, no sólo por el número de mediciones disponibles

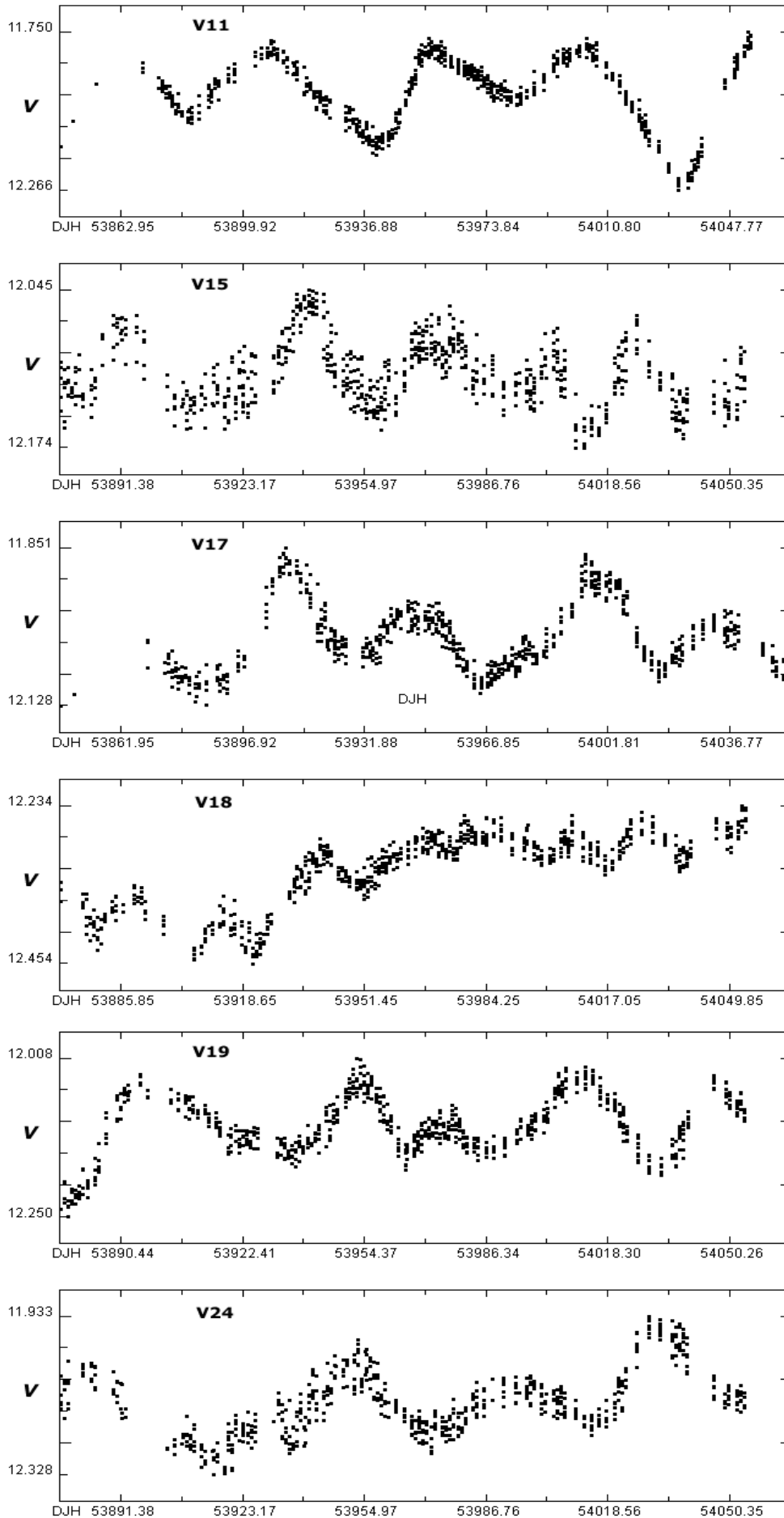


Figura 2. Curvas de luz, en banda V, de las estrellas variables V11, V15, V17, V18, V19 y V24 obtenidas por Arranz. Puede apreciarse la diferente amplitud de las mismas y su dispar comportamiento.

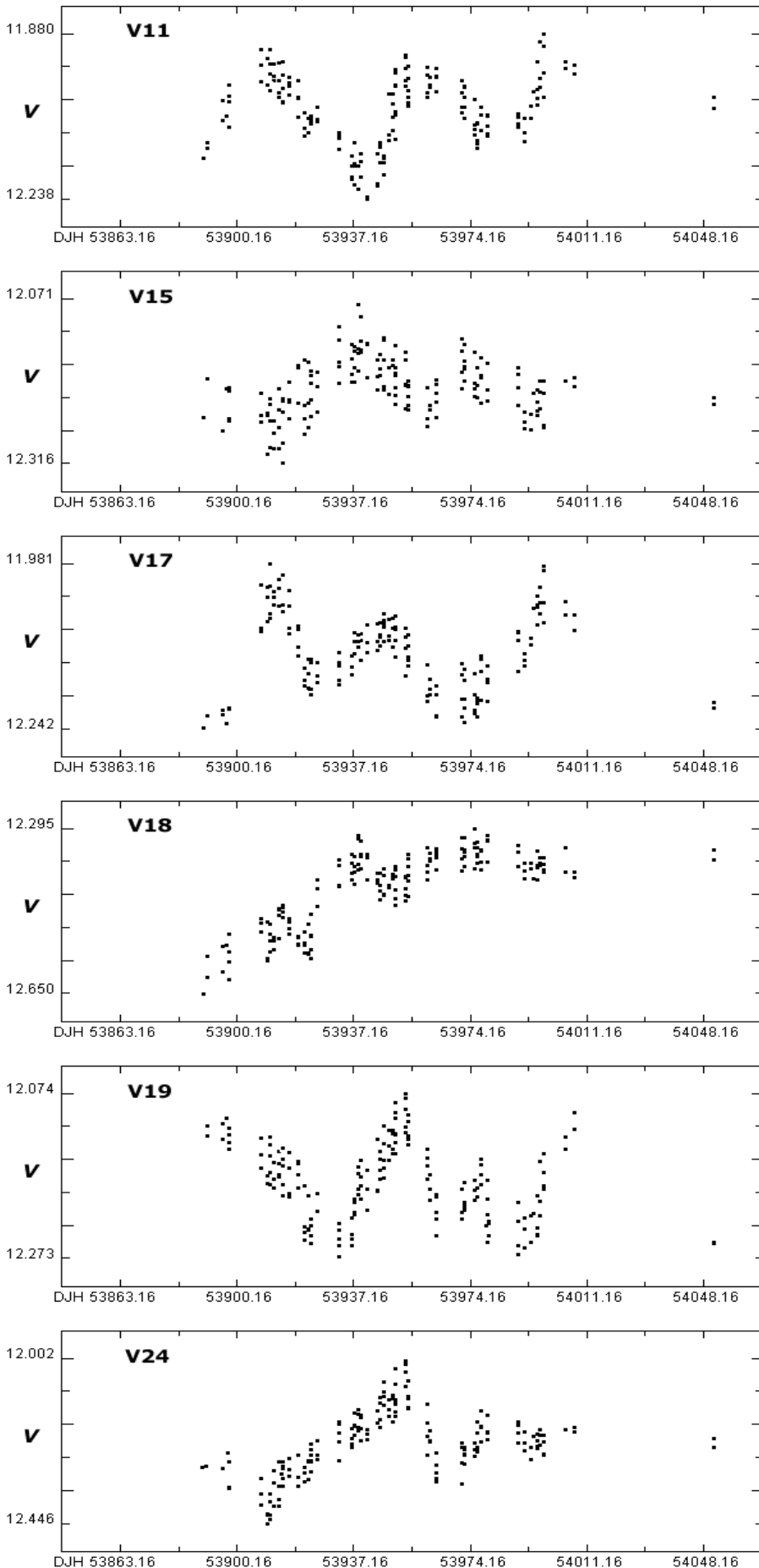


Figura 3. Curvas de luz, en banda V, tomadas por Violat: para que puedan ser comparadas con las de Arranz están representadas en el mismo período temporal.

(hasta 797 en el caso de V17) sino por el amplio período estudiado en una misma campaña y la densidad de mediciones obtenidas en este intervalo, todo lo cual nos permite mostrar el comportamiento de cada astro con una excelente fidelidad.

Violat, por su parte, ha observado un período de tiempo más reducido debido a la orientación del observatorio: pese a todo ha trabajado entre el DJH 53889 y el 54051 (163 días) obteniendo por estrella entre 180 y 183 mediciones de brillo. Las curvas de luz obtenidas se muestran en la figura 3: para que puedan ser comparadas con las de Arranz han sido dibujadas en el mismo intervalo temporal.

Todos los trabajos profesionales publicados hasta la fecha, el más completo de los cuales es el de Kopacki et al. (2003), cubren períodos de tiempo mucho más cortos que el que hemos estudiado nosotros o con una cobertura temporal reducida y/o mal muestreada: ese estudio, por ejemplo, abarca un total de 170 días al comenzar el 27 de febrero de 2001 y finalizar el 1 de agosto. En la figura 4 mostramos sus curvas de luz para las variables V11, V15, V17, V18, V19 y V24 en banda V: el flujo luminoso (magnitud) está representado en una escala lumínica arbitraria.

Sin embargo durante este período de tiempo sólo tomaron mediciones en 23 noches obteniendo un total de 342 imágenes CCD: cremos que este número es del todo insuficiente para apreciar el comportamiento real de las distintas estrellas variable estudiadas. Abundantes mediciones obtenidas en cortos períodos de tiempo sólo muestran una breve parte de su evolución lumínica, pero no el desarrollo completo de la misma en largos períodos de tiempo: en este caso la amplitud medida puede ser distinta a la real mientras que el período no será correcto.

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

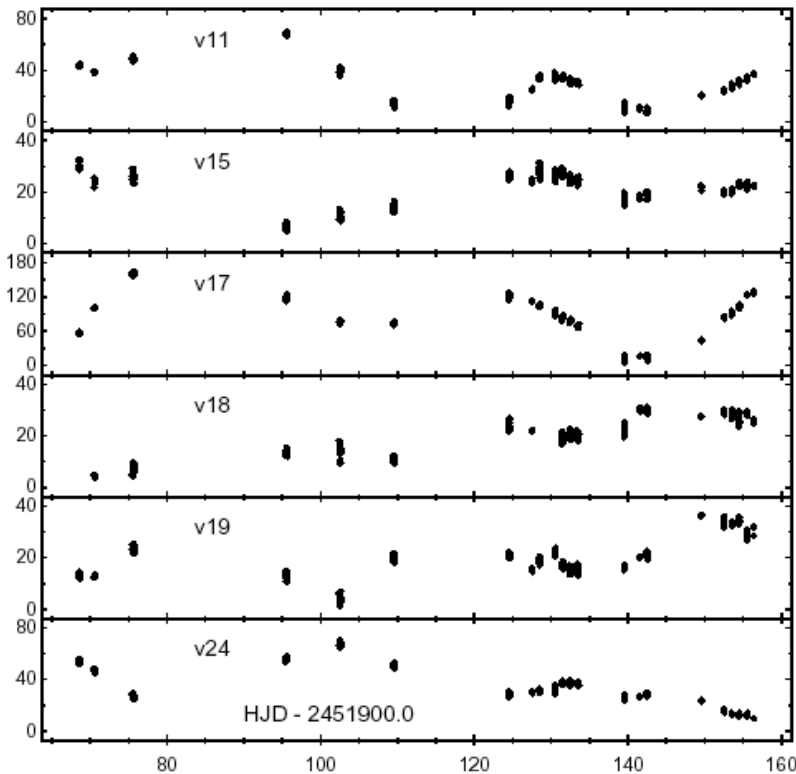


Figura 4. Curvas de luz, en banda V, de las variables V11, V15, V17, V18, V19 y V24 obtenidas por Kopacki et. al. El flujo luminoso está expresado en una escala arbitraria.

V11

Situada en la posición α : 16h 41m 36.61s y δ : 36° 26' 35.3" (2000.0) aparece en la parte oriental del cúmulo, no lejos de la RR Lyrae V7 a la que a veces deslumbra con su resplandor.

Arranz la ha seguido entre el DJH 53844 y 54066 (223 días) obteniendo un total de 792 mediciones y encontrándola en el rango 11.75-12.27 lo que supone una amplitud de 0.52 magnitudes: nada menos que cuatro veces superior a la medida por Kopacki et al. en 2001 (0.13 magnitudes en banda V). Las curvas de luz pueden verse en las figura 2 y 3: como el lector puede comprobar la dispersión de sus puntos es reducida.

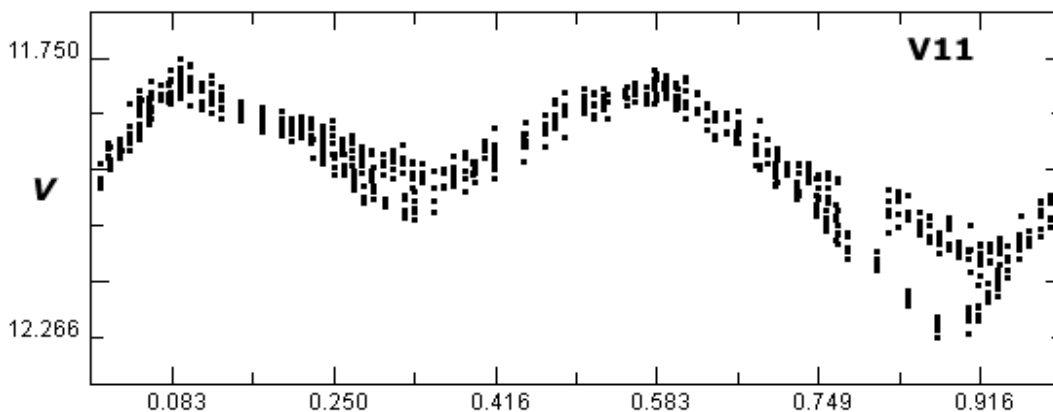
Aunque el período oficial es igual a 91.77 días (Russev y Russeva, 1979b), un examen de dicha curva de luz pone de manifiesto que esto no pare-

ce ser cierto del todo: la variable presenta caídas de brillo y recuperaciones a intervalos de unos 48 días dando la impresión de que existen, al menos, dos períodos los cuales modulan, al interferir entre sí, la curva de luz originando mínimos profundos y menos profundos alternos en el tiempo. Este fenómeno es visible también, aunque con menor claridad, en las mediciones de Violat.

La búsqueda del período en el intervalo 1-300 días por medio del algoritmo de Scargle (usando el programa AVE del G.E.A.) puso de manifiesto dos valores distintos: el primero igual a 48.01 días y el segundo igual a 86.6 días. Al representar la curva de luz con ambos notamos que ninguno es válido: el primero origina dos curvas completamente distintas, en cuanto a forma y amplitud, que se cruzan mientras que el segundo produce similar resultado. Incluso empleando el período oficial la curva deja que desear: los ciclos de pulsación no son idénticos y, por tanto, no se superponen en una curva de luz de alta calidad. Sin embargo al usar un valor que es exactamente doble del primero (96.02 días) el resultado es bastante bueno: tanto los máximos (cuatro), como los mínimos profundos (dos) y menos profundos (otros dos) coinciden con una dispersión bastante reducida y una diferencia temporal entre ellos de muy pocos días (figura 5).

Cuando comprobamos qué período de tiempo transcurre entre mínimos profundos notamos que del primero de ellos (DJH 53940) al segundo (DJH 54032) han transcurrido exactamente 92 días. Al hacer esto mismo pero fijándonos en los máximos notamos que del primero (DJH 53908) al segundo (DJH 53956) han transcurrido 48 días, del segundo al tercero (DJH 54004) transcurren 48 días y de éste al cuarto (DJH 54053) hay otros 49 días. Los datos disponibles indican que si entre mínimos profundos hemos de esperar 92 días

Figura 5. Curva de luz de V11 obtenida utilizando las mediciones de Arranz con un período igual a 96.023 días: podemos notar que los máximos y mínimos (profundos y poco profundos) coinciden con bastante precisión.



entre máximos, más frecuentes, sólo esperaremos unos 48 días: este valor es prácticamente la mitad del primero y coincide con el período corto determinado por AVE, lo que explica la calidad de la curva de luz obtenida.

La diferencia en las amplitudes medidas por ambos equipos se debe, sin duda, a que ellos registraron completo un máximo de menor brillo pero sólo incompletamente la caída de brillo del máximo de mayor brillo.

V15

Podemos localizarla en la parte sur del cúmulo en la posición α : 16h 41m 46.98s y δ : 36° 25' 57.3" (2000.0), en un sector libre de estrellas un poco al norte de la brillante variable V33.

Arranz la ha seguido entre el DJH 53875 y 54066 (192 días) obteniendo un total de 766 mediciones y encontrándola en el rango 12.04-12.17 con una amplitud de 0.13 magnitudes. La curva de luz de Arranz puede verse en la figura 2 y la de Violat, menos completa y definida, en la figura 3.

La búsqueda del período en el intervalo 1-300 días nos proporcionó dos valores diferentes: el primero, poco marcado, igual a 28.10 días y el segundo, muy marcado, igual a 43.19 días. Dado que el período oficial es igual a 39.23 días (Russeva y Russev, 1980) apreciamos una diferencia de 4 días completos entre estos dos últimos valores. Cuando utilizamos el primero de los nuestros el resultado es mediocre: aparece una curva de luz bastante coherente pese a la dispersión de las mediciones. Sin embargo al emplear el resultado oficial o el segundo obtenido por nosotros las curvas obtenidas, que podemos ver en la figura 5, presentan una dispersión no demasiado elevada pero tampoco son buenas. La dibujada con el período

oficial, sin embargo, visualmente parece de mejor calidad que la dibujada con nuestro período aunque ambas, pese a todo, demuestran que las oscilaciones lumínicas no se repiten de ciclo en ciclo.

Si examinamos las curvas de luz de las figuras 2 y 3 comprobaremos que del primer máximo al segundo transcurre un período de tiempo más amplio que del segundo al tercero. Este fenómeno es todavía más visible entre el cuarto y el quinto, lo que nos dice claramente que las oscilaciones lumínicas ocurren con períodos de tiempo distintos: en este caso intentar obtener una buena curva de luz es difícil sino imposible, como hemos mostrado con nuestros propios datos.

La reducida amplitud medida por Kopacki et al. (0.09 magnitudes) sólo puede explicarse si estos observadores registraron máximos de reducido brillo, como los tres últimos registrados por nuestras propias mediciones que podemos apreciar en la figura 2.

V17

Localizada en la posición α : 16h 41m 50.89s y δ : 36° 28' 54.2" (2000.0) aparece en la parte oriental del cúmulo, lejos del núcleo y de otras estrellas que puedan dificultar sus mediciones.

Arranz la ha seguido entre el DJH 53844 y 54054 (211 días) obteniendo un total de 797 mediciones y encontrándola en el rango 11.85-12.13, lo que supone una amplitud de 0.28 magnitudes.

Nuestras curvas de luz pueden verse en las figuras 2 y 3: el lector comprobará que, como ocurría en el caso de V11, los mínimos profundos y menos profundos y máximos brillantes y menos brillantes se alternan en el tiempo. El período oficial (Russev y Russeva, 1979a) es igual a 43.04

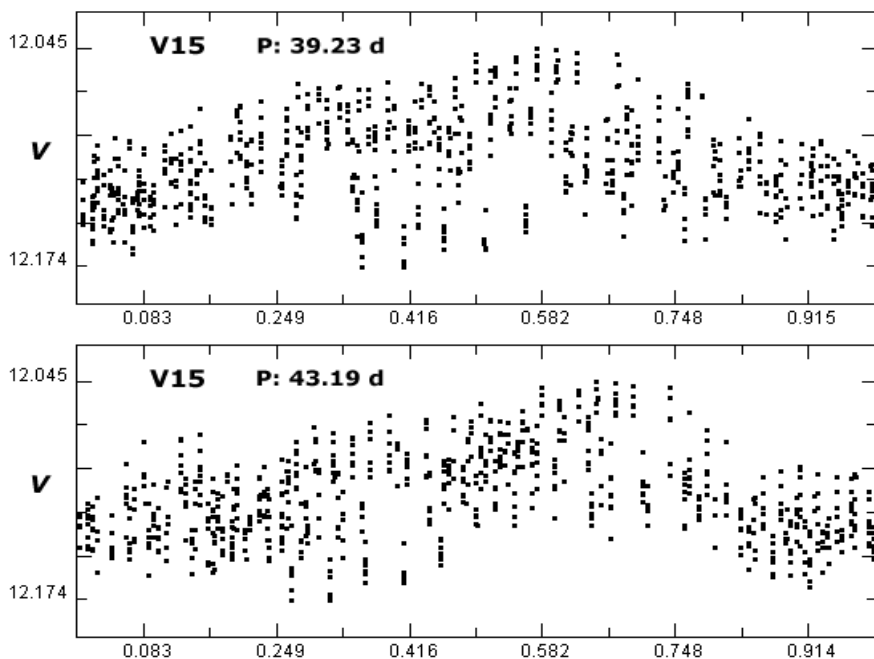


Figura 6. Curvas de luz de V15, en banda V, obtenidas utilizando las mediciones fotométricas de Arranz con un período igual a 39.23 días (período oficial, arriba) y con el obtenido de estas mediciones, 43.19 días, abajo. El examen de ambas pone de manifiesto que, dentro de la baja calidad de las mismas, la que parece más consistente es la dibujada con el período oficial.

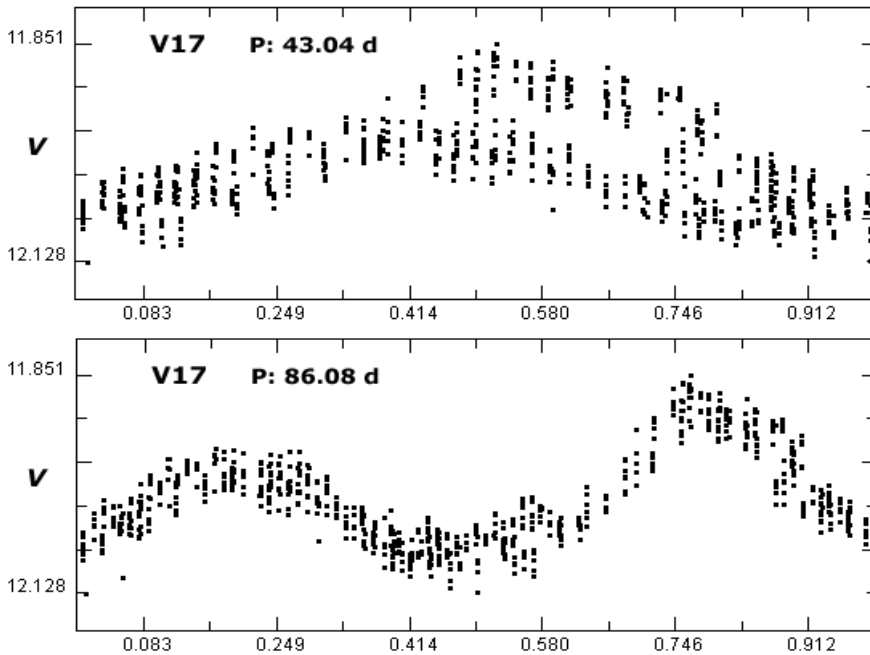


Figura 7. Curvas de luz, en banda V, de V17 obtenidas utilizando las mediciones fotométricas de Arranz con un período igual a 43.04 días (período oficial, arriba) y con el doble del mismo (86.08 días), abajo. El examen de ambas pone de manifiesto que la que parece más consistente es la dibujada con el doble del período oficial.

días y parece cumplirse escrupulosamente, o al menos eso parece deducirse del examen de la curva de luz que mostramos en la figura 2: los máximos ocurren los DJH 5309, 53947, 53995 y 54035 habiendo transcurrido entre ellos 38, 48 y 40 días respectivamente; la media de los tres valores es exactamente 42 días.

El examen de los mínimos pone de manifiesto que éstos ocurrieron los DJH 53886, 53929, 53965, 54016 y 54054 a intervalos de 43, 36, 51 y 38 días respectivamente: el valor medio de los cuatro valores es igual a 42 días. Comprobamos que el período medio en ambos casos, tanto de mínimo a mínimo como de máximo a máximo es el mismo: 42 días. (No perdamos de vista que este valor difiere en sólo un día del período oficial.)

Al buscar su período encontramos dos posibles valores: el primero igual a 43.80 días y el segundo, más largo, igual a 83.68 días; el primero es muy próximo al oficial.

Cuando representamos las curvas de luz con éste (figura 7, arriba), prácticamente igual al primero que obtuvimos, comprobamos que se obtenían dos líneas no coincidentes que, aunque se desarrollaban paralelas, presentaban diferentes amplitudes: el resultado era de baja calidad. Sin embargo al duplicar este período oficial (86.08 días) obtenemos un valor no muy distinto al nuestro con el cual obtenemos una curva de luz de alta calidad (figura 7, abajo) en la que aparecen dos máximos de diferente intensidad: uno de mayor brillo y otro de menor brillo.

La curva con este período largo, pese a que representa la superposición de dos máximos brillantes y dos menos brillantes, es de alta calidad y reducida dispersión a lo largo de todas las fases: esta baja dispersión quiere decir que los máximos de dispar intensidad se repiten cíclicamente y alternan: tras un máximo de gran intensidad se pro-

duce uno de menor intensidad seguido, a su vez, de otro máximo intenso.

La impresión que se obtiene con estos datos es que la variable pulsa con un período muy próximo a los 43 días, aunque estas pulsaciones (por algún mecanismo interno desconocido para nosotros) son de distinta amplitud lumínica por lo que su brillo es distinto de ciclo en ciclo.

V18

Situada en la posición α : 16h 41m 24.06s y δ : $36^\circ 25' 30.6''$ (2000.0) podemos localizarla en la parte occidental del cúmulo, en una de las cadenas de estrellas conocidas popularmente con el nombre de "patas de araña".

Arranz la ha seguido entre el DJH 53869 y 54066 (198 días) obteniendo un total de 751 mediciones y encontrándola en el rango 12.23-12.45 lo que nos daría una amplitud de 0.22 magnitudes.

Si examinamos las curvas de luz que mostramos en las figuras 2 y 3 comprobaremos que su comportamiento es poco regular: después de registrar leves oscilaciones de brillo de baja amplitud a lo largo de varias semanas la estrella subió de magnitud hasta alcanzar un máximo que duró pocos días; más tarde asistimos a un nuevo incremento de brillo que se mantuvo en el tiempo, aunque con oscilaciones rápidas de reducida amplitud que se repitieron hasta el final de la campaña. Aunque las mediciones de Violat tienen una menor resolución muestran, con la misma claridad, que la estrella sufrió un incremento de brillo hacia el mitad de la campaña y se mantuvo así hasta el final de la misma.

A la vista de este comportamiento supusimos que no sería fácil encontrar periodicidad en las os-

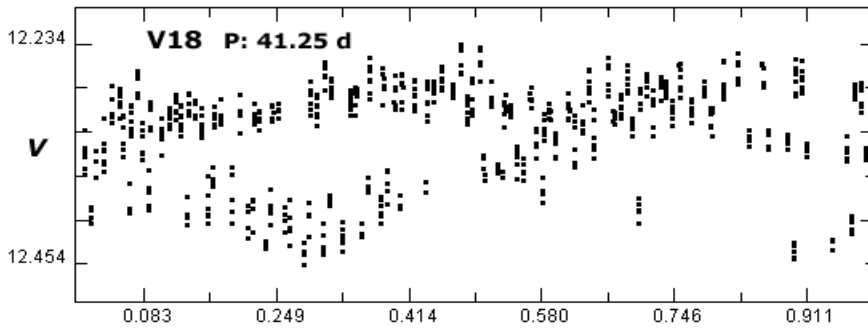


Figura 8. Curva de luz de V18 dibujada utilizando las mediciones fotométricas de Arranz con el período oficial: podemos comprobar que se obtienen ciclos de distintas amplitudes y períodos pero nunca una curva de luz coherente. Con nuestros datos no es posible elaborar una que sea mínimamente válida.

cilaciones lumínicas ni, por supuesto, confirmar el período que aparece en los distintos catálogos: aunque su período oficial es igual 41.25 días (Russeva y Russev, 1980) no parece probable, a la vista de nuestros datos, que éstos lleguen a dibujar una curva de luz coherente.

La búsqueda del período nos proporcionó dos valores marcados: el primero igual a 13.86 días y el segundo igual a 38.03 días. El primero parece corresponder a las oscilaciones rápidas mientras que el segundo, más dilatado, debería ser el período fundamental pese a que es tres días más corto que el oficial.

Cuando dibujamos su curva de luz con ambos obtuvimos resultados negativos: en los dos casos aparecieron curvas de distinta amplitud que se cruzaban sin ningún orden. Obtener una que fuese coherente fue tarea imposible incluso utilizando el valor oficial, tal como mostramos en la figura 8: aparecen hasta tres curvas distintas que se cruzan, sin que los puntos dibujen un trazado en el cual los diferentes datos se superpongan al coincidir la amplitud y período de cada una de ellas.

A la vista de los resultados hemos de concluir que, durante el período estudiado por nosotros, la estrella ha mostrado un comportamiento muy poco regular e impredecible.

V19

Podemos localizarla en la parte noroeste del cúmulo en la posición α : 16h 41m 31.98s y δ : 36° 28' 29.8" (2000.0) en un sector libre de estrellas brillantes que dificulten su estudio.

Arranz la ha seguido entre el DJH 53874 y 54066 (193 días) obteniendo un total de 766 mediciones y encontrándola en el rango 12.01-12.25 con una amplitud de 0.24 magnitudes. Las curvas de luz pueden verse en las figuras 2 y 3.

Un examen de las mismas pone de manifiesto que, aunque existe una cierta periodicidad en sus distintos ciclos, éstos no tienen la misma duración ni amplitud comprobándose la existencia de máximos de gran intensidad entre los cuales se intercalan máximos menos brillantes. Lo mismo puede aplicarse a los mínimos: tras uno profundo al inicio de la campaña se produjeron cuatro de menor profundidad. Esto puede comprobarse también en las mediciones de Violat aunque son, como ya hemos indicado, de menor calidad.

Dado que la amplitud medida por Kopacki et al. fue de sólo 0.09 magnitudes, casi 3 veces inferior a la que nosotros registramos, creemos que sólo llegaron a capturar mínimos de baja profundidad durante el tiempo que observaron.

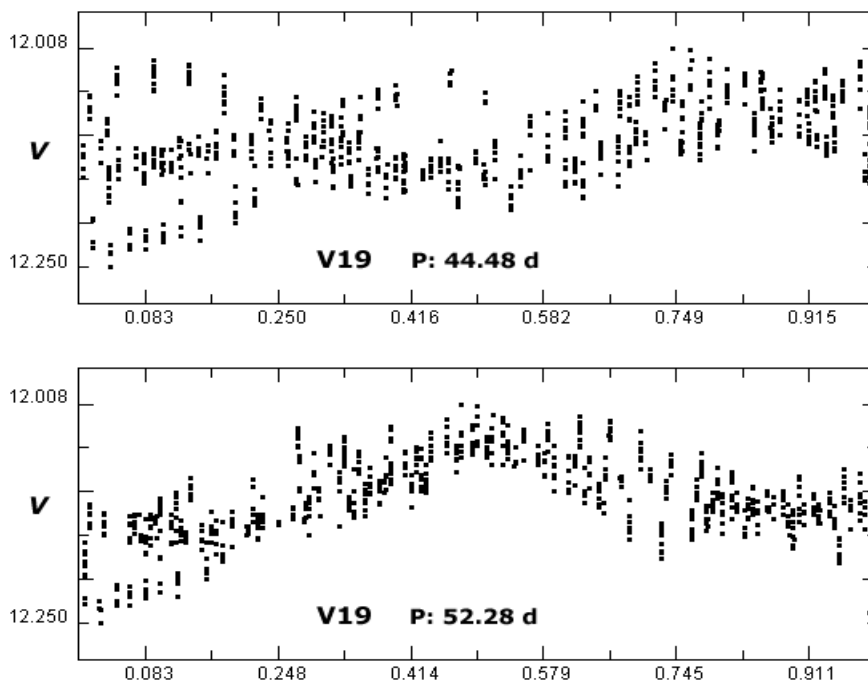


Figura 9. Curvas de luz de V19 dibujadas utilizando las mediciones fotométricas de Arranz con el período oficial (arriba) y con el período más largo obtenido de nuestros datos (abajo): podemos ver que con el primero de ellos aparecen hasta tres curvas distintas que se cruzan, mientras que con el nuestro el resultado, aunque todavía no es perfecto, parece insinuar una cierta periodicidad en los distintos ciclos capturados.

La búsqueda del período nos proporcionó dos valores marcados: el primero igual a 30.37 días y el segundo igual a 52.28 días; dado que el oficial es igual a 44.48 días (Russeva y Russev, 1980) podemos comprobar que ninguno de los obtenidos de nuestros datos es ni remotamente parecido: en el primer caso es 14 días más corto, en el segundo es casi 8 días más largo.

Cuando representamos la curva de luz con el período oficial (figura 9, arriba) comprobamos que aparecen hasta tres ciclos distintos que se cruzan varias veces sin originar un resultado de calidad. Sin embargo al utilizar el período más largo que obtuvimos el resultado, mostrado en la parte inferior de la figura 9, es un poco más coherente aunque todavía no es de buena calidad.

Esta estrella, como las anteriores, también parece pulsar con períodos de distinta duración y amplitud que se superponen.

V24

Situada en la posición α : 16h 41m 41.91s y δ : 36° 26' 51.5" (2000.0) podemos encontrarla al lado de V39, muy próxima al centro del cúmulo: en estas condiciones no es fácil obtener mediciones de brillo de buena calidad.

Arranz la ha seguido entre el DJH 53875 y 54066 (192 días) obteniendo un total de 682 mediciones y encontrándola en el rango 11.93-12.33, lo que supone una amplitud de 0.40 magnitudes: como Kopacki et al. midieron un valor igual a 0.24 magnitudes comprobamos que nuestro dato es prácticamente doble del de aquéllos.

El examen de las curvas de luz obtenidas (figuras 2 y 3) pone de manifiesto que aunque existe una cierta periodicidad en sus distintos ciclos éstos no tienen la misma duración: así tras un pri-

mer máximo de escaso brillo asistimos a otro máximo similar que fue seguido, días después, de un máximo de poca amplitud tras el cual medimos un último máximo de gran brillo. Sus mínimos son de distinta profundidad: el más débil fue registrado tras el primer máximo, siendo los dos siguientes cada vez menos profundos a medida que el astro se aproximaba a un máximo brillante.

La búsqueda del período en el intervalo 1-300 días nos proporcionó dos valores diferentes: el primero igual a 46.77 días y el segundo igual a 78.34 días. Dado que el período oficial es igual a 45.34 días (Russeva et al., 1982) comprobamos con satisfacción que el primero de los nuestros es apenas 1.43 días más largo.

Sin embargo cuando dibujamos la curva de luz con cualquiera de estos tres valores, el oficial y los dos nuestros el resultado, mostrado en la figura 10, dista de ser bueno: con ninguno de ellos tenemos éxito apareciendo entre dos y tres curvas distintas que se superponen, cruzan y evolucionan de modo independiente tal como apreciamos en dicha figura. Pese a todo la curva que parece más coherente es la que dibujamos con nuestro período largo, aunque no se consigue una superposición total de las distintas curvas independientes.

Sin embargo si en la obtenida con el período oficial omitimos observaciones, simulando haber estudiado la estrella durante poco tiempo, el resultado sería coherente: esto se consigue eliminando con la imaginación la segunda curva que se superpone serpenteando a la fundamental; el resultado es entonces de buena calidad.

Creemos que es la falta de observaciones de calidad, a lo largo de una amplia campaña, la que justifica el período oficial que (como vemos) no es completamente correcto del todo al no reflejar fielmente el comportamiento de la estrella durante períodos de tiempo que sean muy extensos.

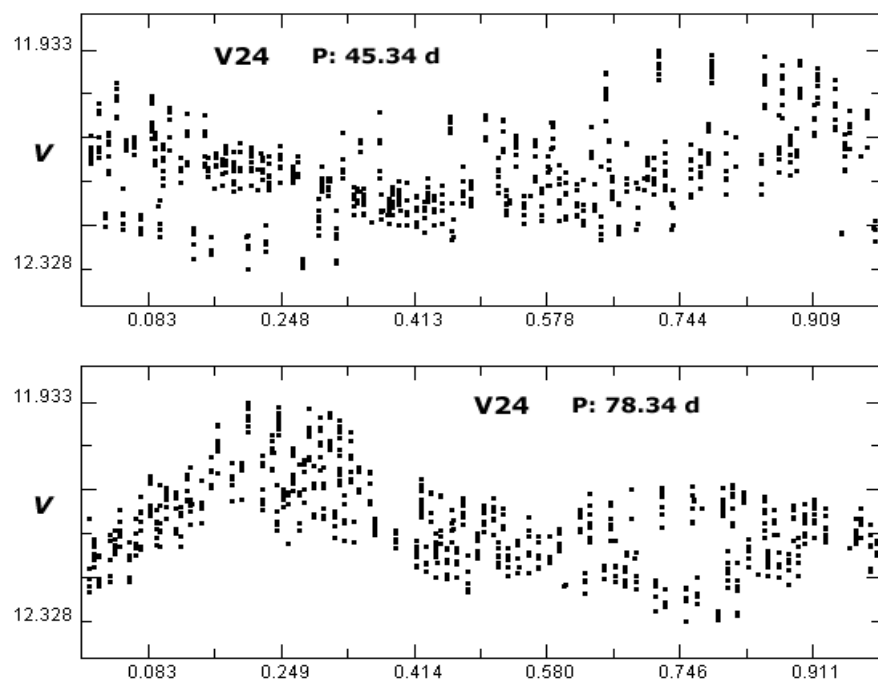


Figura 10. Curvas de luz de V24 obtenidas utilizando las mediciones fotométricas de Arranz con el período oficial (arriba) y con el período más largo obtenido de nuestros datos (abajo): aunque con ninguno de ellos se obtiene un resultado de calidad la curva obtenida con el último valor parece mejor, pese a que en ella se aprecia también la existencia de dos ciclos superpuestos.

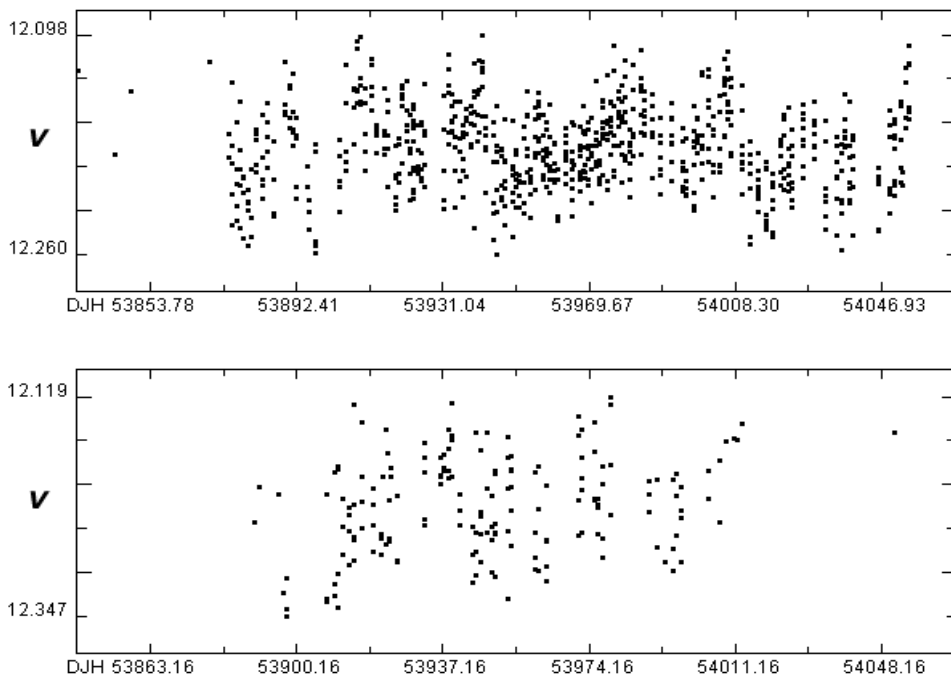


Figura 11. Curvas de luz de L853 tal como han sido registradas por Arranz (arriba) y Violat (debajo) a lo largo de la campaña: aunque la dispersión es bastante elevada es posible apreciar oscilaciones de brillo no demasiado regulares ni periódicas. Ambas han sido representadas en el mismo período temporal para poder ser comparadas.

L853

Este astro, número 853 en el catálogo de Lüdendorff (1905), aparece tabulado en el trabajo fotométrico de Osborn (2000) estando situado en la posición α : 16h 41m 47.45s y δ : 36° 28' 28.3" (2000.0). Se localiza en el sector nororiental del cúmulo unos minutos de arco al oeste de V17, que puede servirnos de jalón para encontrarla.

Su magnitud en banda V es 12.25, la magnitud en banda B es 13.64 siendo su índice de color $B-V$ igual a 1.39: es un astro bastante anaranjado con un color idéntico al de L261; las restantes variables del cúmulo presentan índices de color levemente más altos como 1.45 (V38 y V15), 1.48 (V40), 1.53 (V17) o 1.60 (V39). Sin embargo si nos remontamos al estudio fotométrico de Cudworth y Monet (1979) estos valores son algo distintos, ya que su magnitud es 12.20 V con un índice de color $B-V$ igual a 1.48.

En la bibliografía profesional no hay indicios de que sea variable: en el trabajo fotométrico de Osborn (2000) se indica que su desviación estándar σ en banda V es igual a 0.02 magnitudes mientras que este mismo valor, en banda B , asciende a 0.04 magnitudes; de ser realmente variable su amplitud máxima con filtro V podría ascender a 0.06-0.07 magnitudes mientras que con filtro B podría llegar a las 0.12 magnitudes.

Debido a su índice de color ha sido incluida en todos nuestras campañas fotométricas registrándose leves oscilaciones de brillo (en torno a 0.20-0.25 magnitudes) desde el año 2001.

La presencia de una débil estrella compañera de casi magnitud 14 dificulta las mediciones: pese a todo observando la curva de luz obtenida por Arranz, representada en la figura 11, podemos

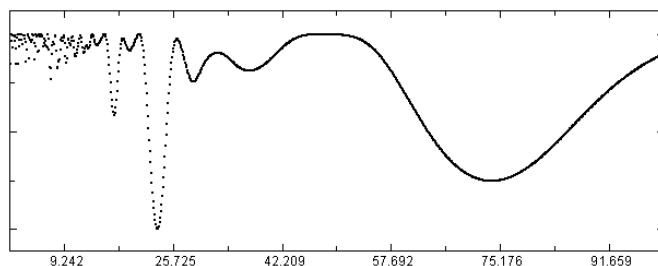


Figura 12 Periodograma de L853 obtenido a partir de las mediciones de Arranz: de los tres posibles períodos encontrados el más marcado es igual a 23.35 días.

comprobar que aunque las 784 mediciones obtenidas están afectadas por un cierta dispersión (probablemente causada por la presencia de este astro), la estrella presenta oscilaciones lumínicas con una amplitud igual a 0.16 magnitudes en el rango 12.10-12.26; la magnitud media fue igual a 12.18 ($\sigma = 0.03$). Eliminando las mediciones más extremas afectadas por el error la amplitud puede reducirse a casi 0.10 magnitudes. De las mediciones de Violat, menos precisas, se obtiene una magnitud media igual a 12.24 con $\sigma = 0.06$.

El análisis de estos datos produjo un periodograma, mostrado en la figura 12, en el que destacan tres posibles períodos: uno corto y poco marcado igual a 16.79 días que representa las rápidas oscilaciones de brillo. Otro, muy marcado, igual a 23.35 días y un tercero de menor importancia, también más largo, igual a 73.91 días.

Cuando dibujamos la curva de luz con los tres, mostradas en la figura 13, comprobamos que aparecen resultados interesantes: con el período corto se obtiene una bastante coherente con un máximo, un mínimo y forma redondeada en todo momento. Este mismo resultado se consigue al emplear el período medio pero no con el largo: con este último caso el resultado nos parece de menor calidad

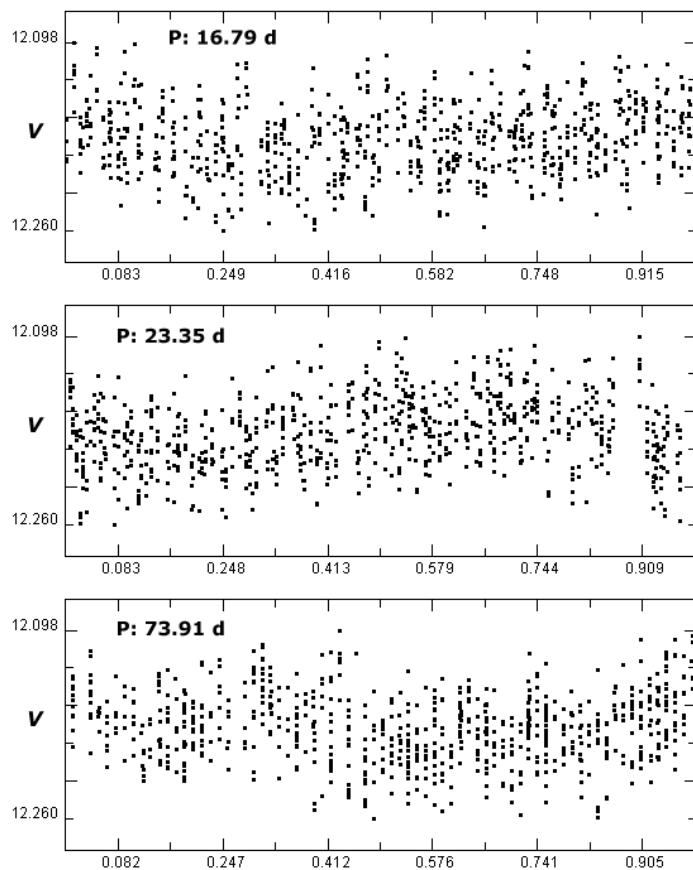


Figura 13. Curvas de luz de L853 obtenidas con las mediciones de Arranz empleando un período igual a 16.79 días (arriba), 23.35 días (centro) y 73.91 días (abajo). La de mayor calidad se origina con el período medio.

aunque la curva obtenida sigue mostrando una oscilación de brillo típica de las gigantes rojas.

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 rojas conocidas hasta la fecha.

El seguimiento de casi todas las estrellas gigantes rojas se ha realizado por medio de un telescopio catadióptrico de 355 mm de abertura instalado en Navas de Oro (Segovia) y otro de 203 mm en Cáceres, ambos equipados con sendas cámaras CCD Starlight Xpress y filtros V Johnson. La calibración de las tomas y la medición de las distintas magnitudes en cada una de ellas se ha efectuado con el programa comercial *AstroArt*, empleando para ello una secuencia de astros no variables de magnitudes bien determinadas por Osborn en su trabajo del año 2000.

El análisis de las curvas de luz pone de manifiesto el carácter irregular o poco regular de todas las estrellas: los períodos oficiales no han podido ser comprobado en casi ningún caso, ya que al dibujar las curvas de luz con ellos se obtienen resul-

tados completamente distintos a los esperados, apareciendo dos e incluso tres líneas de puntos (ciclos) que se cruzan y desarrollan independientemente a lo largo del tiempo. Sin embargo V11 y V17 parecen pulsar con dos períodos distintos, cortos, que modulan la curva de luz.

En ocasiones la utilización de un período próximo al doble del oficial produce un resultado bueno: las mediciones de los distintos ciclos prácticamente se superponen con una dispersión pequeña o una reducida diferencia temporal de muy pocos días entre los distintos mínimos o máximos existentes.

Una de las estrellas de chequeo utilizadas, L853, presenta oscilaciones lumínicas con el tiempo de ≈ 0.1 magnitud: el análisis de las mediciones de mejor calidad (Arranz) ha puesto de manifiesto la existencia de tres posibles períodos, dos de los cuales (16.79 y 23.35 días) originan curvas de luz de bastante buena calidad.

A la vista de los excelentes resultados obtenidos deseamos realizar nuevas mediciones, en la campaña fotométrica de 2007, para corroborar y mejorar los valores aquí expuestos.

Observatorio Astronómico de Cáceres. Cáceres (España), 15 de junio de 2007.

REFERENCIAS

- Clement, C. M., Muzzin, A., Dufton, Q. et al., 2001, *AJ*, 122, 1587.
- Cudworth, K. M., Monet, D. G., 1979, *AJ*, 84, 774.
- Kopacki, G., Kolaczowski, Z., Pigulski, A., 2003, *A&A*, 398, 541.
- Ludendorff, H., 1905, *Public. Astron. Observat. Postdam*, 15, No. 50.
- Osborn, W., 2000, *AJ*, 119, 2902.
- Russev, R., 1973, *Peremennye Zvezdy*, 19, 181.
- Russev, R., Russeva, T., 1979a, *IBVS* 1534.
- Russev, R., Russeva, T., 1979, *IBVS* 1624.
- Russeva, T., Russev, R., 1980, *IBVS* 1769.
- Russeva, T., Iliev, L., Russev, R., 1982, *IBVS* 2223.
- Russeva, T., Russev, R., 1983, *Peremennye Zvezdy*, 22, 49.
- Violat Bordonau, F. A., Arranz Heras, T., 2007, abril, web Casanchi.
- Violat Bordonau, F. A., Arranz Heras, T., 2007, mayo, web Casanchi.