

## VARIABLES EN M13

### LA RR LYRAE V8

Francisco A. Violat Bordonau

Toni Bennasar Andreu

Asociación de Variabilistas de España  
Asesores Astronómicos Cacereños

fviolat@yahoo.es

En este trabajo presentamos la curva de brillo de V8, la primera estrella RR Lyrae que hemos estudiado en M13, así como un valor aproximado para su módulo de distancia.

En todos nuestros artículos anteriores, disponibles en Internet en la dirección web

<http://personales.ya.com/casanchi/astronomia.htm>

hemos estudiado brillantes estrellas, bien gigantes rojas (magnitud 11.95 a 12.5<sup>a</sup>) o cefeidas (magnitud 12.5-13.5<sup>a</sup>). En este nuevo trabajo presentamos un estudio de V8, una estrella del tipo RR Lyrae no demasiado brillante (magnitud V media 14.88<sup>a</sup>) pero sí lo bastante alejada del núcleo, y de otras estrellas vecinas, como para intentar hacer fotometría de la misma. (Al pie de la página insertamos una tabla que informa de los parámetros de cada estrella Cefeida o RR Lyrae de M13.)

La primera versión del "*Catálogo de Estrellas Variables en Cúmulos Globulares*" o CVSGC (Sawyer, 1939) listaba sólo 7 variables, aunque al año siguiente la propia Sawyer encontró 4 nuevas variables (V8, V9, V10 y V11); de este modo en la siguiente actualización (1942) pudo ofrecer ya curvas de luz de estas nuevas variables, clasificando V8 como una RR Lyrae.

Kollnig-Schattschneider (1942) amplía el número de variables con tres sospechosas (V12, V13 y V14), a la vez que determina períodos y ofrece curvas de luz de 11 variables, incluyendo V8 para la cual indica un período de 0.75 días clasificándola como una RR Lyrae de tipo **RRab**.

Osborn (1969) estudia el cambio en el período de distintas variables rápidas de M13, estimando su período en 0.7503158 días (18 h 27.28512 s),

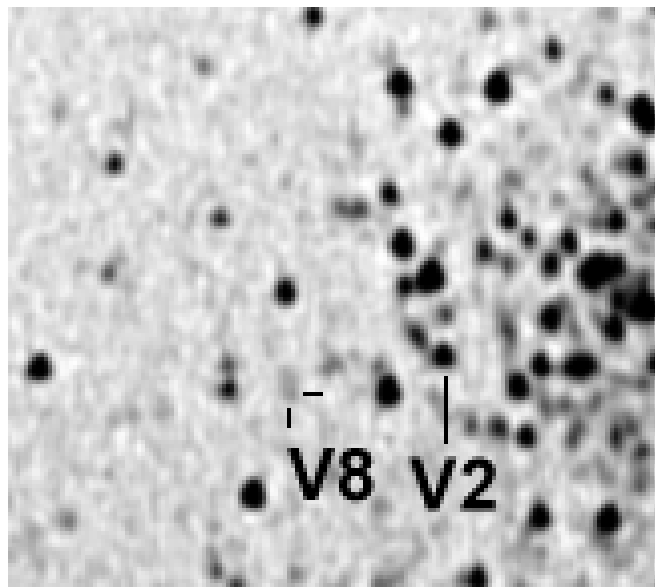


Imagen CCD con filtro V de la débil RR Lyrae V8, no lejos de la cefeida V2 (Francisco A. Violat, SC-203 mm, 2002).

entre las magnitudes B 14.54 y 15.70<sup>a</sup>: la amplitud es de 1.16 magnitudes en luz azul.

Demers (1971) encuentra su magnitud media V igual a 14.735<sup>a</sup>, con un índice B-V medio que cifra en 0.30 y un rango de oscilación de 0.57 magnitudes en el rango 14.425-14.995<sup>a</sup> V, determinando su magnitud absoluta ( $M_V$ : 0.43).

Butler (1975) la estudia con el reflector Lick de 3 metros y encuentra su espectro del tipo F2.4.

Pike y Meston (1977) miden su magnitud V media en 14.91<sup>a</sup>, su índice B-V medio en 0.29 con una amplitud de oscilación de 0.6 magnitudes en banda V y 0.92 magnitudes en banda B; el módulo de distancia según sus datos de 3 RR Lyraes puede estimarse en 14.79 magnitudes y su período igual a 0.750375 días.

En su estudio sobre estrellas del cúmulo Cudworth y Monet (1979) ofrecen un índice de color B-V igual a 0.42 y magnitud V media 14.60<sup>a</sup>.

Russev y Russeva (1979) investigan la variabilidad de distintas estrellas, incluyendo V8; realizan también un estudio sobre cambios en sus períodos de pulsación (1983), sugiriendo que M13 puede clasificarse como un cúmulo globular de tipo *Oosterhoff I*.

### Messier 13

Datos actualizados: febrero de 2003

Nº	Nombre	Tipo	Máx.	Media	$\Delta$	Período	Notas
1	L816	Cefeida	13.62	14.14	1.04	1.459033	Descubierta por Bailey (1898).
2	L306	Cefeida	12.63	13.05	0.87	5.110818	Descubierta por Bailey (1898) y Barnard (1900).
3	L135		15.34				No variable (Kopacki <i>et al.</i> , 2003).
4	L322		15.69				No variable (Kopacki <i>et al.</i> , 2003).
5	L806 $\beta$	RR Lyrae	14.57	14.78	0.42	0.381759	Descubierta por Shapley (1915).
6	L872	Cefeida	13.79	14.09	0.60	2.112918	Descubierta por Shapley (1915).
7	L344	RR Lyrae	14.78	14.93	0.31	0.31269	Descubierta por Barnard (1914).
8	L206	RR Lyrae	14.46	14.88	0.84	0.750316	Descubierta por Sawyer Hogg (1940).
9	L806 $\alpha$	RR Lyrae	14.62	14.83	0.43	0.39278	Descubierta por Sawyer Hogg (1940).

## Datos de V8

Mag. absoluta:	$\dot{\iota}$ 0.50?
Rango oscilación:	14.42-15.25
Mag. media banda V:	14.88
Período:	0.750316 d
Índice B-V:	0.35
Tipo:	RRab
[Fe/H]:	-1.53
Masa:	0.6 solar
FK5 2000:	16h 41m 32.68s +36° 28' 02.2"

Smith y Perkins (1982) estudian su espectro (que clasifican como F5.9) y estiman su metalicidad  $[\text{Fe}/\text{H}]^*$  en -1.53, similar a la de M13.

Osborn (2000), empleando 65 placas tomadas con filtro B y 24 con filtro V, indica que su magnitud V media es la 14.92<sup>a</sup> con un índice de color medio B-V igual a 0.35; de su trabajo sobre 4 RR Lyraes puede inferirse que el módulo de distancia del cúmulo es igual a **14.8 magnitudes**.

La reciente actualización del "Catálogo de Estrellas Variables en Cúmulos Globulares" (Clement *et al.*, 2001) ofrece un período de 0.750316 días (18 horas 27.3 segundos) para V8.

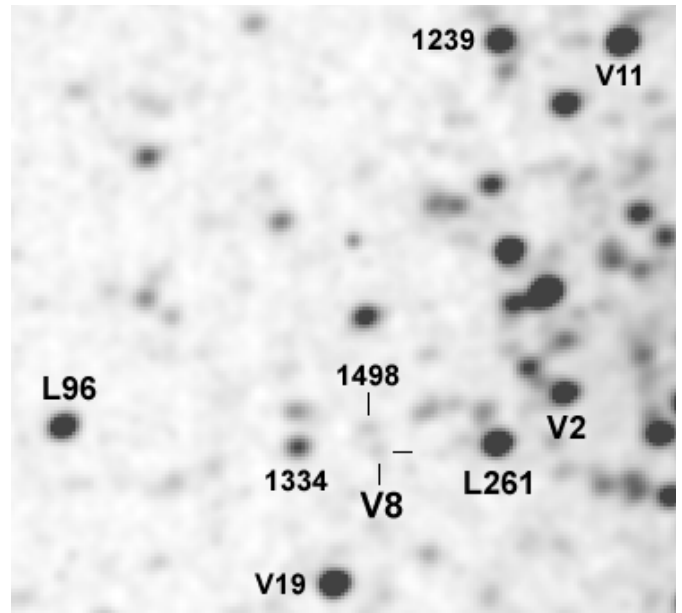
El último artículo sobre variables en M13, de Kopacki *et al.* (2003), empleando un reflector de 60 cm de apertura, anuncia nuevas estrellas variables cefeidas y RR Lyrae hasta elevar el número de éstas a 9: con estos datos este equipo determina el período medio de las variables RRC datándolo en  $0.36 \pm 0.05$  días, lo que sugiere que M13 debe clasificarse en el tipo *Oosterhoff II*. Calculan también la magnitud media del Brazo Horizontal, que estiman en  **$14.83 \pm 0.02$  magnitudes**.

Quien desee buscar más datos en la bibliografía profesional (por ejemplo a través del buscador de NASA ADS) puede encontrarla bajo la denominación **L206** (Ludendorff, 1905), **Kadla 389** (Kadla, 1966) o **V8** (Sawyer Hogg, 1973); en SIMBAD aparece como un astro de magnitud 15.10<sup>a</sup> V y 15.549<sup>a</sup> B de donde B-V: 0.449.

Nosotros, después de los amplios trabajos realizados sobre *gigantes rojas*, decidimos tomarnos un descanso intentando llevar nuestras técnicas e instrumentos al límite: para ello quisimos estudiar alguna estrella RR Lyrae, midiendo posteriormente en nuestras abundantes imágenes su brillo para intentar determinar la amplitud, el período y elaborar una sencilla curva de luz en banda visual.

Las estrellas RR Lyrae son astros pulsantes como las Cefeidas, aunque de baja masa (inferior a 0.8 masas solares), períodos cortos (0.2-1.2 días) y amplitudes por debajo de las dos magnitudes. Se observan principalmente dentro de cúmulos globulares, ya que son estrellas de Población II de baja metalicidad: parece ser que todas tienen la misma luminosidad; en el diagrama H-R se sitúan en el denominado *Brazo Horizontal*.

\* $[\text{Fe}/\text{H}] = \log (\text{Fe}/\text{H})_{\text{estelar}} - \log (\text{Fe}/\text{H})_{\text{solar}}$

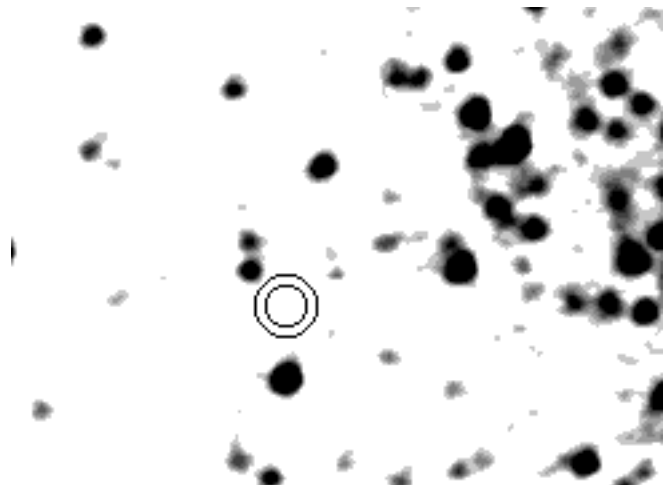


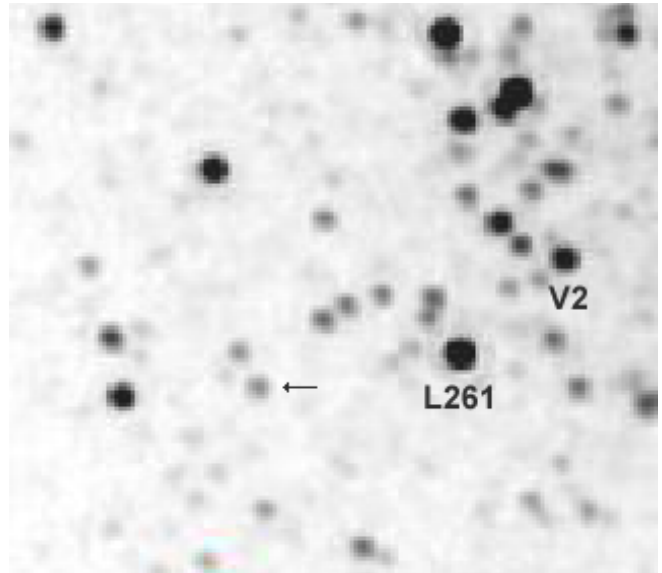
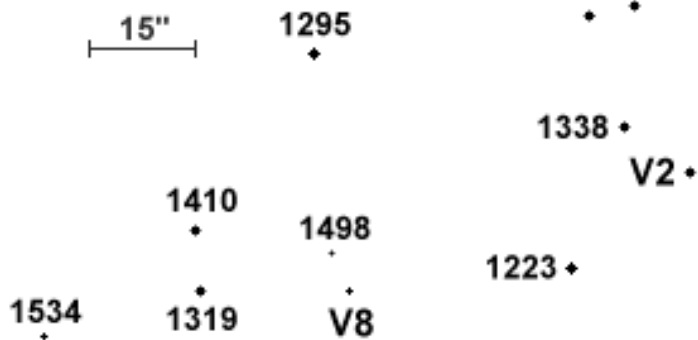
Primer plano de M13 mostrando la zona de V8, V2 y fotometría en banda V (Toni Bennasar, SC-305 mm, 2002).

El primer paso consistió en localizar sobre una de nuestras imágenes todas las RR Lyrae; acto seguido descartamos las situadas en una zona de excesivo apiñamiento, lo que nos impediría hacer fotometría con un mínimo de precisión al obtener mediciones alteradas excesivamente por débiles astros de fondo o compañeras brillantes.

Finalmente una vez descartadas las más fáciles e interesantes por su brillo (V5 y V9), situadas en una zona demasiado próxima al núcleo (¡y muy próximas entre sí, para nuestra desgracia!), nos decantamos por V8: tal como puede verse en nuestras imágenes se encuentra bastante alejada del núcleo, en la zona occidental del mismo, y lejos de cualquier estrella brillante que perturbase la identificación (como en el caso de V7, excesivamente pegada a la brillante V11) o la medición de su brillo con cierta precisión.

Se encuentra a pocos segundos de arco al NE de una estrellita de magnitud V 14.98<sup>a</sup> (según SIMBAD su índice B-V es 0.79), de modo que nos atrevimos a medir sus cambios de brillo aún sabiendo que siempre la tendríamos dentro del





Fotometría en banda V de la zona en la que se encuentra V8, tomada de SIMBAD: para localizar la variable podemos partir de V2, moviéndonos hacia el oeste; si lo deseamos podemos emplear la estrella de magnitud 13.19 para efectuar las comparaciones y/o el chequeo rutinario de las imágenes. (SIMBAD).

círculo más interno del puntero (ver imagen inferior en la página anterior, con V8 en su máximo brillo), influyendo débilmente a la luz total que éste registra y cuantifica: si la compañera no es variable (eso suponemos) el hecho de capturarla noche a noche no debe afectar nada en la curva de luz que obtengamos.

V8 es la única variable de M13 clasificada en el tipo **RRab**: astros pulsantes con curvas de luz asimétricas mostrando una rama ascendente rápida y una rama descendente más lenta; sus períodos van de 0.3 a 1.2 días con amplitudes de 0.5 a 2 magnitudes (RR Lyrae es el prototipo de las estrellas de su clase, subtipo RRab).

Con la intención de obtener su curva de luz, estudiar su comportamiento y determinar su período hemos tomado noche a noche (cuando la meteorología local en Mallorca o Cáceres lo ha permitido)

imágenes CCD del cúmulo -en ocasiones incluso una decena de ellas en cada sesión de trabajo, para realizar *fotometría rápida* de cefeidas-, empleando telescopios catadióptricos de 203 mm (Cáceres, "Observatorio Astronómico de Cáceres") y 305 mm (Palma de Mallorca, Observatorio Astronómico "Ca Nostra") dotados de filtros "V" Johnson para normalizar las mediciones; tras el procesamiento de bias, cuadros oscuros y campos planos se han abierto y medido las imágenes con el programa **IRIS** (disponible en la página web de Christian Buil\*), para determinar la magnitud de cada estrella y se han analizado estas medidas con **A.V.E.**, software empleado por el Grupo de Estudios Astronómicos (se puede descargar fácilmente de su página web\*\*) para la búsqueda de perío-

\* <http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

\*\* <http://www.astrogea.org/web-gea/software.htm>

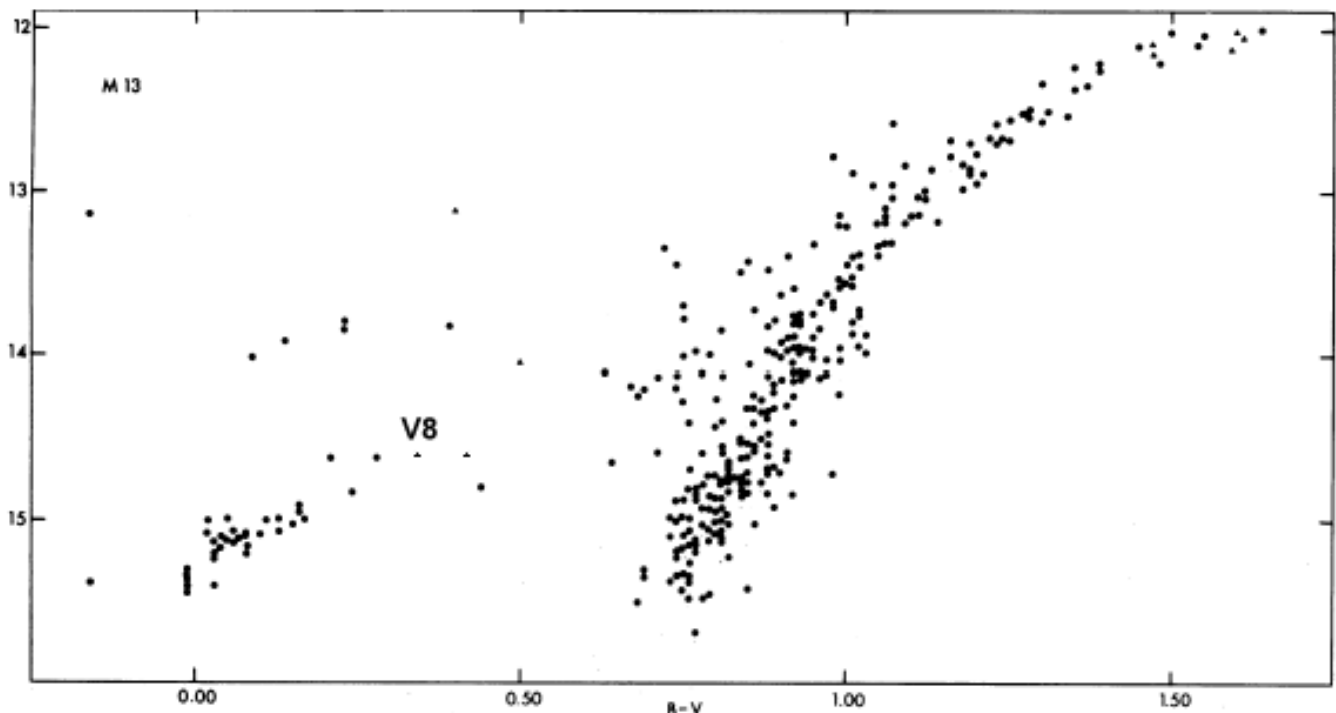
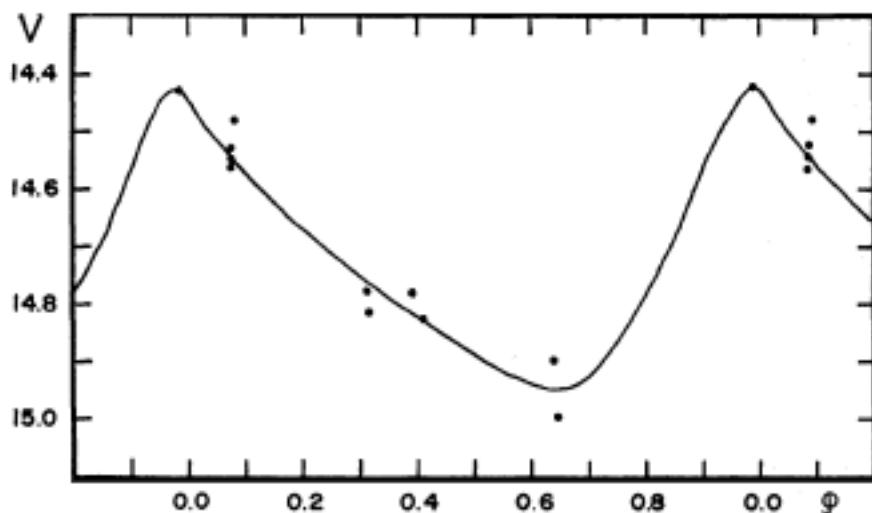
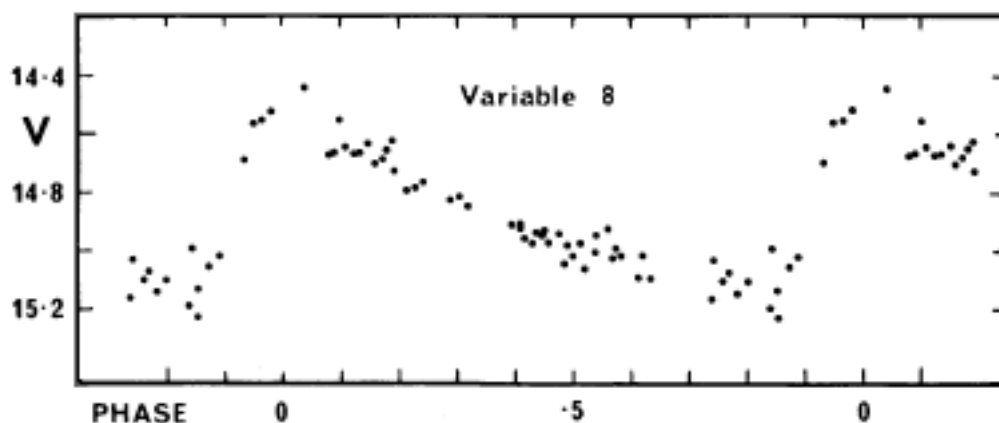


Diagrama color-magnitud de M13, incluyendo la RR Lyrae V8 en el *Brazo Horizontal* (de Cudworth y Monet, 1979).



Curva de luz de V8 obtenida por Serge Demers (1971): obsérvese la dispersión de las mediciones (hasta 0.12 mag.) y el ajuste de la curva de brillo.



Curva de luz según Pike y Meston (1979): en este caso es posible apreciar, mucho mejor, la verdadera forma de la curva de brillo aunque la dispersión sube, en ocasiones, a 0.24 mag.

dos, representación de curvas de brillo y otros estudios más complejos.

Para poder obtener una completa curva de luz hemos estudiado M13 durante un período de **189 noches** (DJ 2.452.408-52.596) en 2002 (mayo a noviembre), midiendo su magnitud V por medio de la *fotometría diferencial*. Disponemos también de abundantes imágenes del año 2001, pero no se han utilizado al haberse realizado en luz integral.

Para la calibración del software se han empleado dos estrellas no variables utilizadas por Osborn (2000) de magnitud **V 12.21<sup>a</sup>** (L199) y **12.81<sup>a</sup>** (L169); una tercera estrella no variable de magnitud **12.77<sup>a</sup>**, L77, (B-V = 1.20), ha sido usada para verificar la dispersión de los datos y el error cometido al medir las fotografías.

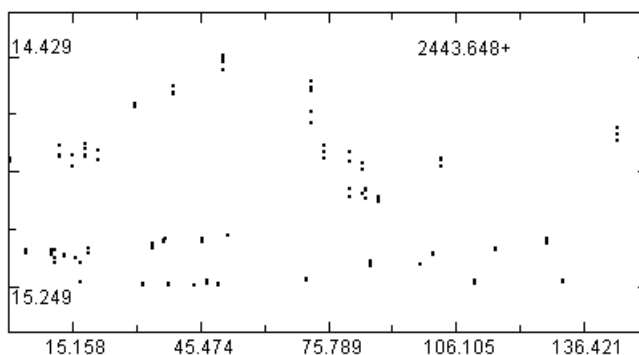
Los cuadros han sido tomados con el filtro **V Johnson** (de color verde); los tiempos de integración empleados han sido de 30 a 45 segundos, dependiendo de la abertura del instrumento, ofreciendo una escala cercana a 1.3"/píxel (campo: 8' x 6') en la peor de nuestras cámaras (Observatorio Astronómico de Cáceres). Estos tiempos tan prolongados han influido en la calidad final de las imágenes, de modo que en las ampliaciones los astros aparecen más afectados por la turbulencia local de los observatorios.

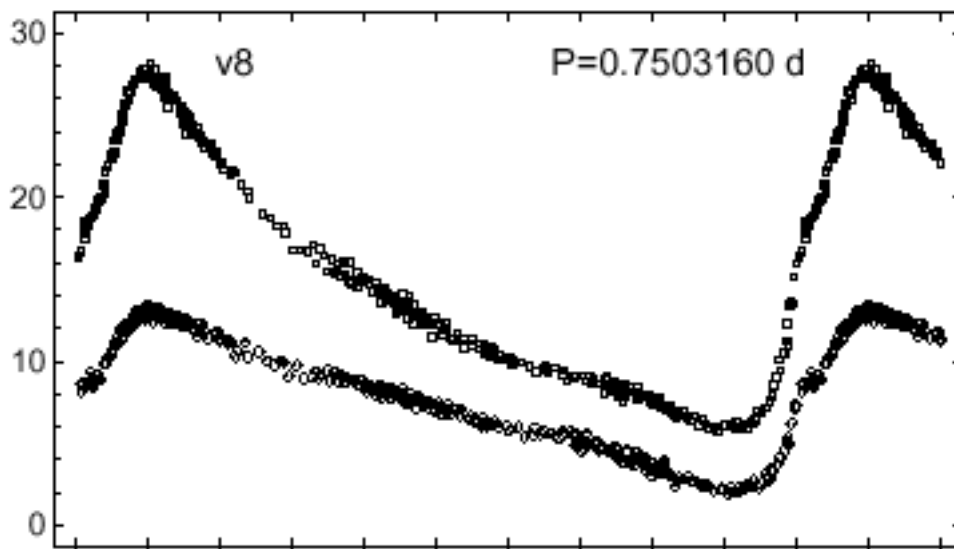
Hemos analizado **201 imágenes CCD** tomando sólo las mejores de cada jornada de trabajo, con astros poco afectados por la turbulencia o

errores de seguimiento: en ocasiones han sido medidas hasta 10-12 cuadros por noche en momentos bastante separados en el tiempo, lo que nos ha permitido obtener una cobertura algo mayor.

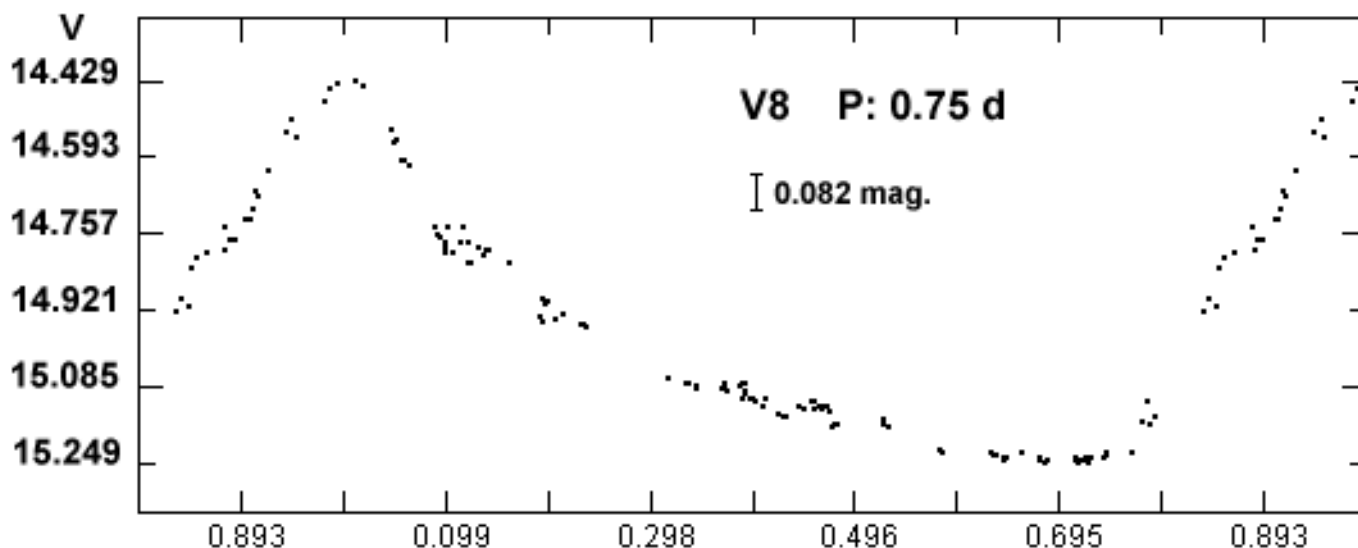
Una vez obtenidas las magnitudes (empleando para ello imágenes ampliadas 2 veces, para centrarnos al máximo en el brillo de la estrella), éstas se pasan a una tabla de datos que tabula el Día Juliano, fracción de día y magnitud para ser analizada con el programa A.V.E. (*Análisis de Variabilidad Estelar*), el cual pone de manifiesto los posibles períodos de oscilación en forma de "periodograma"; en el esquema inferior mostramos todas las mediciones realizadas en 189 noches.

Utilizando el algoritmo de Bloomfield encontramos un período de **0.749859 días**, no demasiado distinto del oficial (0.750316 días): la diferencia es de **0.000457 días** ó **39.49 segundos**; un





Curva de luz obtenida por Kopacki *et al.* (2003), empleando el reflector de 60 cm *Białków*, en la Wroclaw University (Polonia): al haber usado el programa DAOPHOT los autores facilitan la magnitud instrumental medida en unidades arbitrarias, no en magnitud V; la curva superior ha sido realizada en banda V, la inferior en banda B (de Kopacki *et al.*, 2003).



Nuestra curva de luz de V8, medida en banda V, empleando un período de 0.75 días con telescopios de 30 y 20 cm de apertura; puede notarse la buena coincidencia entre ambas salvo la mayor dispersión en las mediciones (hasta 0.07 magnitudes), debidas a la menor apertura de nuestros telescopios (Francisco A. Violat Bordonau).

resultado no demasiado malo dadas las dificultades de las mediciones y su reducido brillo.

Quizá el problema más grave a la hora de obtener una completa curva de luz es su período, muy próximo a las 18 horas (0.75 días): en una misma noche no es fácil cubrir una amplia porción de su ciclo, ya que incluso trabajando a lo largo de 3 horas sólo observaremos un sexto del mismo. Lógicamente tomando imágenes noche a noche, a intervalos de 24 horas como nosotros hemos hecho, se precisa un período muy largo para cubrir todo su ciclo (en un día realiza 31.9865 pulsaciones, prácticamente 32: el desfase es mínimo). Conociendo este hecho procuraremos obtener una mejor cobertura temporal en la campaña de 2003, trabajando a horas muy distintas.

La amplitud fotométrica medida por nosotros

es de **0.820 magnitudes**, en el rango 14.429<sup>a</sup>-15.249<sup>a</sup> **magnitud** en banda V; las mediciones de brillo realizadas desde Cáceres (MEADE de 203 mm de apertura) son de menor calidad que las obtenidas desde Mallorca, de modo que se nota la escasez de puntos en la zona de menor brillo de su curva de luz; intentaremos paliar este hecho en la campaña recientemente abierta.

En la parte superior de la página 4 hemos incluido dos curvas de brillo: la primera de Serge Demers y la segunda de Pike y Meston: es fácil ver en ellas la dispersión de las mediciones en los instantes de menor brillo (0.2-0.3 magnitudes), debido a su alta magnitud y a la dificultad en estimar correctamente su reducido brillo. Arriba insertamos la curva de brillo obtenida por Kopacki *et al.*, y la comparamos con la nuestra.

## Datos de V8

	<i>Kopacki</i>	<i>Nosotros</i>	Diferencia
Magnitud media:	14.85	14.839	-0.011 mag.
Amplitud:	0.836	0.820	-0.016 mag.
Período (días):	0.750316	0.749859	-0.000457 d
Rango V:	14.432-15.268	14.429-15.249	-0.003 y -0.019 mag.

## CONCLUSIÓN

Aunque nuestras aperturas no son muy grandes (203 y 305 mm) ni nuestra experiencia fotométrica dilatada (2 años), creemos que podemos sentirnos bastante satisfechos del trabajo: de nuestra curva de luz podemos ver que **V8 es una estrella variable del tipo RR Lyrae, subtipo RRab, con una amplitud V de 0.82 magnitudes y un período muy próximo a los 0.75 días (18 horas).**

Su magnitud media V (según nuestros datos) es igual a la **14.84±0.03** de donde, suponiendo que su magnitud absoluta es próxima a 0.5 (Kinman, 2002), el módulo de distancia de M13 sería aproximadamente igual a **14.34±0.03** magnitudes, resultado próximo a la estimación más reciente: 14.48 magnitudes (Harris, 2003). La magnitud media del Brazo Horizontal que ofrece Kopacki, basándose en 6 estrellas RR Lyrae, es igual a **14.83±0.02** magnitudes, valor no demasiado distinto al nuestro. (Lamentablemente la orquilla de valores actuales para **Mv (RR Lyr)** es amplio: en el número de enero de *Science*, pág. 69, aparecen valores entre **0.35±0.10** y **0.77±0.13**, según el método empleado para medirlo y la metalicidad de los objetos estudiados.)

En la tabla superior mostramos los valores de V8 que hemos determinado, comparándolos con los más recientes de Kopacki: vemos que existe una diferencia de -0.011 magnitudes en su magnitud media, -0.16 mag. en la determinación de su amplitud V así como valores de -0.003 y -0.019 mag. para el valor de su máximo y mínimo brillo (hemos tenido que determinar las magnitudes V que este equipo no facilita, al trabajar con DAO-PHOT); la discrepancia es mayor en la determinación del brillo en su mínimo, difícil de estudiar adecuadamente para nuestras pequeñas aberturas e instrumentos de aficionados.

Creemos que estos resultados son bastante buenos, teniendo en cuenta las dificultades instrumentales para la determinación de valores más exactos y la pequeña abertura de los instrumentos que hemos empleado (de 2 a 3 veces menores que los utilizados por el equipo de Kopacki).

Observatorio Astronómico de Cáceres (España), 28 de febrero de 2003.

## ACTUALIZACION

En febrero de 2003 ha aparecido en el volumen nº 398 de *Astronomy and Astrophysics* un trabajo titulado "Variable stars in the globular cluster M 13", firmado por Kopacki, Kolaczowski y Pigulski (del *Wroclaw University Observatory*, en Wroclaw, Polonia). El lector interesado es conocer su contenido puede descargarlo de Internet, ya que su referencia es: **2003 A&A, 398, 541K.**

Según sus resultados **se confirma plenamente la variabilidad de 8 gigantes rojas del cúmulo: L414 (V38), L629 (V39), L940 (V40), L782 (V41), L289 (V42), L96 (V43), L445 (V44) y L554 (V45), cinco de las cuales han sido estudiadas por nosotros en artículos anteriores.**

Al contactarles comentándoles nuestros resultados tan similares (nosotros hemos medido amplitudes fotométricas, rangos de oscilación y períodos, ellos sólo amplitudes al disponer de pocas mediciones), así como **la posibilidad de haber descubierto esta variabilidad antes que ellos**, nos respondió:

*If you did, you would have noticed that our observations were taken in spring and summer of 2001 (the last one on 1st August). All reductions were finished shortly after, and the results (detection of new variables and confirmation of suspects) were presented at the IAU Colloquium held in summer of 2001 in Leuven (Belgium). As you can see, we definitely confirmed variability of some red giants **shortly before you!***

*Anyway, I think that we **both confirmed some red variables independently.***

Con esto ya podemos dar por confirmadas, oficialmente, las cinco estrellas variables del tipo *gigante roja* que estudiamos en trabajos anteriores.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean mostrar su agradecimiento al Dr. Wayne Osborn (Central Michigan University) por su asistencia y ayuda; al Dr. Jason Rowe (Universidad de Ontario) por sus indicaciones, consejos y nuevas líneas de trabajo, así como a Josep M<sup>a</sup>. Gómez (Grupo de Estudios Astronómi-

cos), por sus valiosos comentarios, consejos y ayuda prestada. Hemos contado también con las ideas, apoyo, interés y ánimos de Donn Starkey (AAVSO), Roger Pickard (director de la 'Variable Star Section' de la British Astronomical Association), Mr. Emile Schweitzer (AFOEV), la Dra. Vittoria Caloi (Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica, IASF), Marco Castellani (Rome Astronomical Observatory), la Dra. Christine Clement (Universidad de Toronto), Andras Holl (Konkoly Observatory), Richard Hill (Lunar and Planetary Lab., University of Arizona), el propio Dr. Grzegorz Kopacki y otros muchos.

## REFERENCIAS

- Butler, D. (1975). *ApJ* **200**, 68B.  
 Clement *et al.* (2001). *AJ* **122**, 2587.  
 Cudworth, K. M. y Monet, D. G. (1979). *AJ* **84**, 774C.  
 Demers, S. (1971), *AJ* **76**, 445D.  
 Kadla, Z. I. (1966). *Iz. Pulk.* **181**, 93K.  
 Kollnig-Schattschneider, E. (1942) *Astro. Nachr.*, **273**, 145.  
 Kopacki, G. *et al.* (2003), *A&A* **398**, 541K.  
 Kinman, T. D. (2002), *IBVS* **5354**.  
 Ludendorff, H. (1905). *Publ. Postd. Obs.*, 15, No **50**.  
 Osborn W. (1969). *AJ* **74**, 1080.  
 Osborn W. (1973). *AJ* **186**, 7250.  
 Osborn W. y Fuenmayor, F. (1977). *AJ* **82**, 3950.  
 Osborn W. (2000). *AJ* **119**, 2902.  
 Pike, C. D. y Meston, C. J., (1977), *MNRAS* **180**.  
 Rowe, J. (2001). *JAAVSO*.  
 Russev, R. (1974). *Astr. Zh.* **51**, 122.  
 Russeva, T. y Russev, R. (1980), *IBVS* **1769**.  
 Sawyer, H. B. (1940), *PDDO* **1**, 197S.  
 Sawyer, H. B. (1942), *PDDO* **1**, 229S.  
 Sawyer Hogg, H. B. (1973), *PDDO* **3**, n° 6S.  
 Smith, H. A. y Perkins, G. J. (1982) *ApJ* **261**, 576S.

## BIBLIOGRAFÍA

- Micrometric measures of star clusters. E. E. Barnard, 1931, *Publ. Yerkes Obs.*, **6**, 1-106.  
 Metal abundances of RR Lyrae stars in galactic globular clusters, D. Butler, 1976, *ApJ* **200**, 68B.  
 Twelve new variable stars in the Globular Clusters NGC 6205, NGC 6366, and NGC 6779, Helen B. Sawyer. Publications of the David Dunlap Observatory, Vol. 1, N° 5 (1940).  
 The light curves of four variable stars in the Hercules cluster Messier 13, Helen B. Sawyer. Publications of the David Dunlap Observatory, Vol. 1, N° 11 (1942).  
 3rd. Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters. Helen Sawyer-Hogg. Publicaciones del David Dunlap Observatory, Vol. 3, N° 6 (1973).  
 On the nature of the variables in M13. C. D. Pike y Caroline J. Meston, 1977, *MNRAS*, **180**.  
 Astrometry in the globular cluster M13. I. New proper

motions and membership probabilities, Cudworth, K. M. y Monet, D. G., 1979, *AJ* **84**, 774C.

Catalog of parameters for Milky Way globular clusters. William E. Harris, 1999, *AJ* **112**, 1487, 1999.

The absolute magnitude of RR Lyraes: from Hipparcos parallaxes and proper motions, Solano, E., 1999, *Ap&SS*, **263**, 219S.

Variable Stars in M13, Wayne Osborn, 2000, *AJ* **119**, 2902.

Crowded Field Photometry with small telescopes. Jason Rowe, 2001, *JAAVSO*.

The Absolute Magnitude ( $M_v$ ) of Type ab RR Lyrae Stars, Kinman, T. D., *IBVS* 5354 (17 diciembre 2002).

Variable stars in the globular cluster M 13, Kopacki, G., Kolaczowski, Z. y Pigulski, A., 2003, *A&A* **398**, 541K.

Age Estimates of Globular Clusters in the Milky Way: Constraints on Cosmology, *Science* **299**, 65-69, 2003.

Catalog of parameters for Milky Way globular clusters, W. E. Harris actualizado a febrero de 2003 y disponible en:

<http://physun.physics.mcmaster.ca/Globular.html>

## ARTICULOS SOBRE V8

**2003** *A&A*...398..541K Variable stars in the globular cluster M 13. Kopacki, G.; Kolaczowski, Z.; Pigulski, A.

**2000** *AJ*....119.2902O Variable stars in M13. I. Positions and UBVRI photometry for variables, suspected variables, and comparison stars. Osborn W.

**1982** *ApJ*...261..576S Metal abundances of RR Lyrae stars in globular clusters. Smith H. A., Perkins G. J.

**1979** *AJ*....84..774C Astrometry in the globular cluster M 13. I. New proper motions and membership probabilities. Cudworth K. M., Monet D. G.

**1975** *ApJ*...200..68B Metal abundances of RR Lyrae stars in galactic globular clusters, Butler D.

**1955** *ApJ*...122..146B Color-magnitude array for stars in the globular cluster M 13. Brown A.