

ESTUDIO FOTOMÉTRICO DE MESSIER 56

II. LA VARIABLE V1

FRANCISCO VIOLAT BORDONAU
Observatorio Norba Caesarina (MPC Z71)
Asesores Astronómicos Cacereños, fviolat@yahoo.es

Resumen. En este segundo trabajo fotométrico del cúmulo globular Messier 56 (NGC 6779) presentamos, en la primera parte, los resultados obtenidos al observar el comportamiento lumínico de dos estrellas no variables: con ello se ha comprobado la precisión y estabilidad de la fotometría mostrada en el trabajo anterior. En la segunda parte incluimos la magnitud media, amplitud, período y curva de luz de la variable V1, Cefeida de tipo BL Herculis, para la cual encontramos un incremento de su período $\beta = 2.85$ días cada millón de años.

1. INTRODUCCIÓN.

En un trabajo anterior (Violat, 2017) justificamos nuestro estudio fotométrico del cúmulo globular Messier 56 (una continuación de las campañas de los años 2006 y 2007, cuyos datos no habíamos publicado), presentamos la secuencia fotométrica que utilizaríamos para estudiar sus variables (todas excepto dos, V8 y V9, situadas fuera del campo cubierto por nuestro equipo) y mostramos los resultados obtenidos al estudiar seis estrellas no variables en banda V : curvas de luz, magnitudes medias, amplitudes y desviaciones estándar del conjunto. También presentamos estos mismos datos de las estrellas V5 (variable) y Küstner 204 (K 204, presunta variables): en el primer caso nuestros datos confirmaron su naturaleza y obtuvimos su curva de luz, amplitud en banda V y período; no pudimos hacer lo mismo en el segundo ya que, dentro de la precisión de nuestro equipo, ha aparecido como un astro no variable de magnitud $13.11 \pm 0.06 V$.

2. PRECISIÓN FOTOMÉTRICA.

Al inicio de la campaña elaboramos una secuencia fotométrica (entre las magnitudes 12.03 y 15.47 V) utilizando para ello el *AAVSO Photometric All-Sky Survey* o APASS (Henden *et al.*, 2009), Data Release 9, que sería empleado no sólo para obtener las mediciones fotométricas sino para comprobar la precisión y estabilidad de las mismas: esta secuencia aparece identificada en la Figura 1 de dicho trabajo. Como no estábamos seguros de la no variabilidad de estas estrellas (ya que una de ellas, de magnitud 12.55 V e índice de color $B - V = 1.38$, podría ser una variable no identificada) hicimos un seguimiento fotométrico de seis de ellas que denominamos 1203, 1241, 1255, 1303, 1310 y 1344: es decir, su magnitud V sin el punto decimal. Utilizando un total de 228 mediciones por estrella (excepto para el astro 1310, que no pudo ser medido una noche) obtuvimos curvas de luz, magnitudes medias, desviaciones estándar y amplitudes ficticias (rango medido) de todas ellas además de dos variables (V5 y K 204) utilizadas para comprobar la calidad de las mediciones. Los datos fotométricos de las mismas aparecen en la Tabla 4 de nuestro trabajo anterior.

Con estos resultados perseguíamos tres objetivos distintos, todos ellos importantes:

- a) comprobar que estas estrellas realmente no eran variables: podrían servirnos como astros de comparación (o de chequeo) en futuras campañas fotométricas.
- b) buscar la estrella que fuese más estable y presentase una dispersión de sus mediciones más reducida: la emplearíamos como astro de comparación preferente.

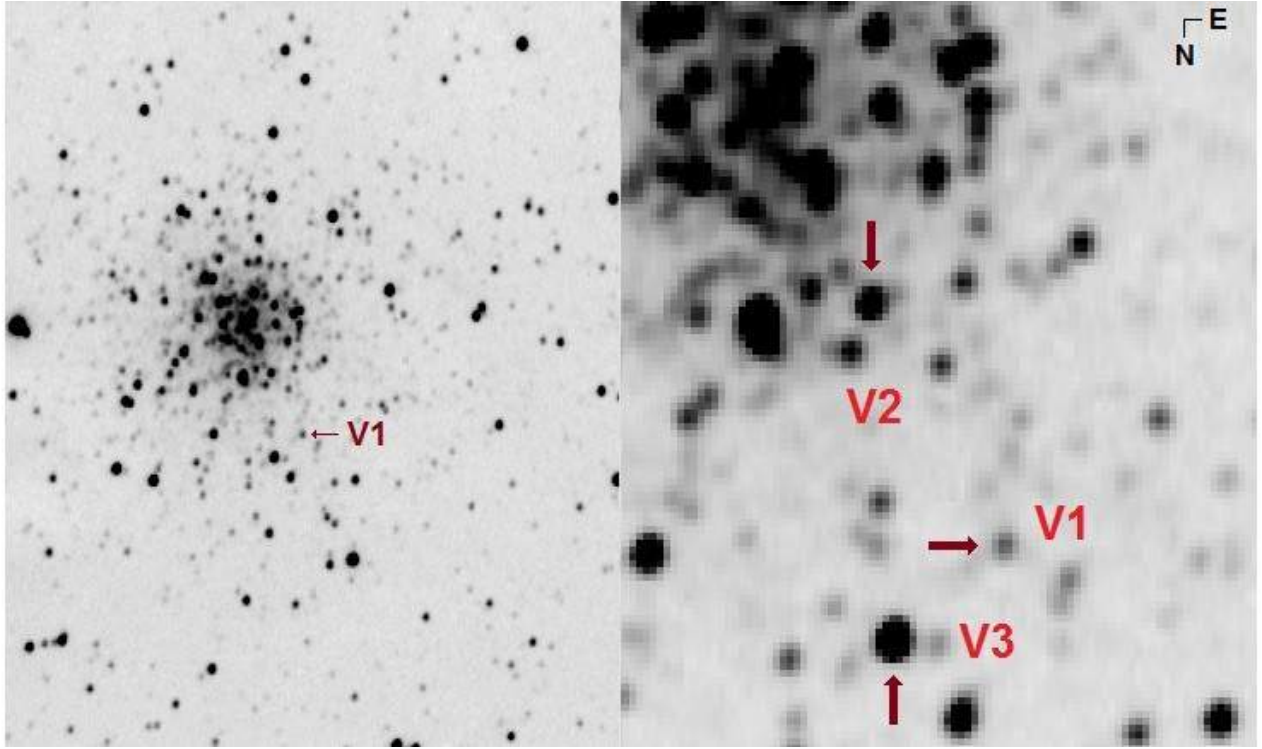


Figura 1. Imagen CCD del cúmulo, tomada con filtro V (exposición: 180 segundos), que identifica la variable V1 (izquierda) y ampliación de la zona del núcleo en donde se sitúan las variables V1, V2 y V3 (derecha).

c) verificar la calidad y precisión de los datos observando la dispersión de las mediciones obtenidas (es decir, la desviación estándar σ).

La estrella que presentase una curva de luz más estable, con una dispersión menor, sería la que emplearíamos como astro de comparación fotométrica. Los datos obtenidos los presentamos en la citada Tabla 4: en ella comprobamos que la estrella denominada *1241*, de magnitud $12.41 V$ e índice de color $B - V = 0.57$, tenía una magnitud media igual a la $12.39 \pm 0.01 V$ con una dispersión de las mediciones muy reducida; esta estrella sería la que empleásemos (y hemos utilizado) como astro de comparación para estudiar las variables del cúmulo.

3. OBSERVACIONES Y REDUCCIÓN DE DATOS.

Dado que en trabajos anterior hemos descrito el equipo empleado (telescopio catadióptrico de 203 mm de apertura y 2000 mm de focal, con reductor de focal $f/6.3$, CCD y filtro fotométrico V Johnson) no es preciso dar más detalles sobre el mismo, el campo cubierto o la resolución obtenida.

Hemos podido tomar imágenes entre los días 6 de noviembre (Día Juliano Heliocéntrico 2.458.064) y 20 de diciembre de 2017 (D.J.H. 2.458.108)¹, habiendo trabajado durante veintisiete noches (muchas de ellas consecutivas) a lo largo de 45 días, lo que nos ha garantizado una buena cobertura temporal sobre todo de las variables de largo período ($P > 30$ días). Las fotografías obtenidas se han abierto con el programa *FotoDif*, de Julio Castellano, utilizando como estrella de comparación la de magnitud $12.41 V$: se trata de un astro bastante aislado, situado lejos del núcleo del cúmulo, sin estrellas a su alrededor que puedan afectar las mediciones con luz parásita.

¹ Tras la publicación del trabajo anterior, el 16 de diciembre de 2017, hemos tomado algunas imágenes más; la campaña se dio por finalizada el día 20 de diciembre dada la escasa altura del cúmulo sobre el horizonte local.

4. CALIDAD DE LAS MEDICIONES: ASTROS NO VARIABLES 1226 y 1255.

Si en el trabajo anterior medimos seis estrellas presuntamente no variables, para comprobar que realmente no lo eran y la calidad de las mediciones, en esta ocasión han sido dos los astros que hemos tenido bajo estudio para verificar ambos parámetros: las estrellas denominadas 1226 y 1255, la primera blanca (índice de color $B - V = 0.53$) y la segunda anaranjada ($B - V = 1.38$). Dado que en el trabajo anterior utilizamos la estrella 1226 para medir a 1241 (encontrándola no variable y con las mediciones muy poco dispersas), en este caso hemos utilizado la estrella 1241 para medir tanto a 1226 como a la estrella anaranjada 1255: con ello queríamos comprobar la no variabilidad de dichos astros y la dispersión de sus mediciones. En la Figura 2 mostramos las curvas de luz de ambas dibujadas a lo largo de las semanas que las hemos observado:

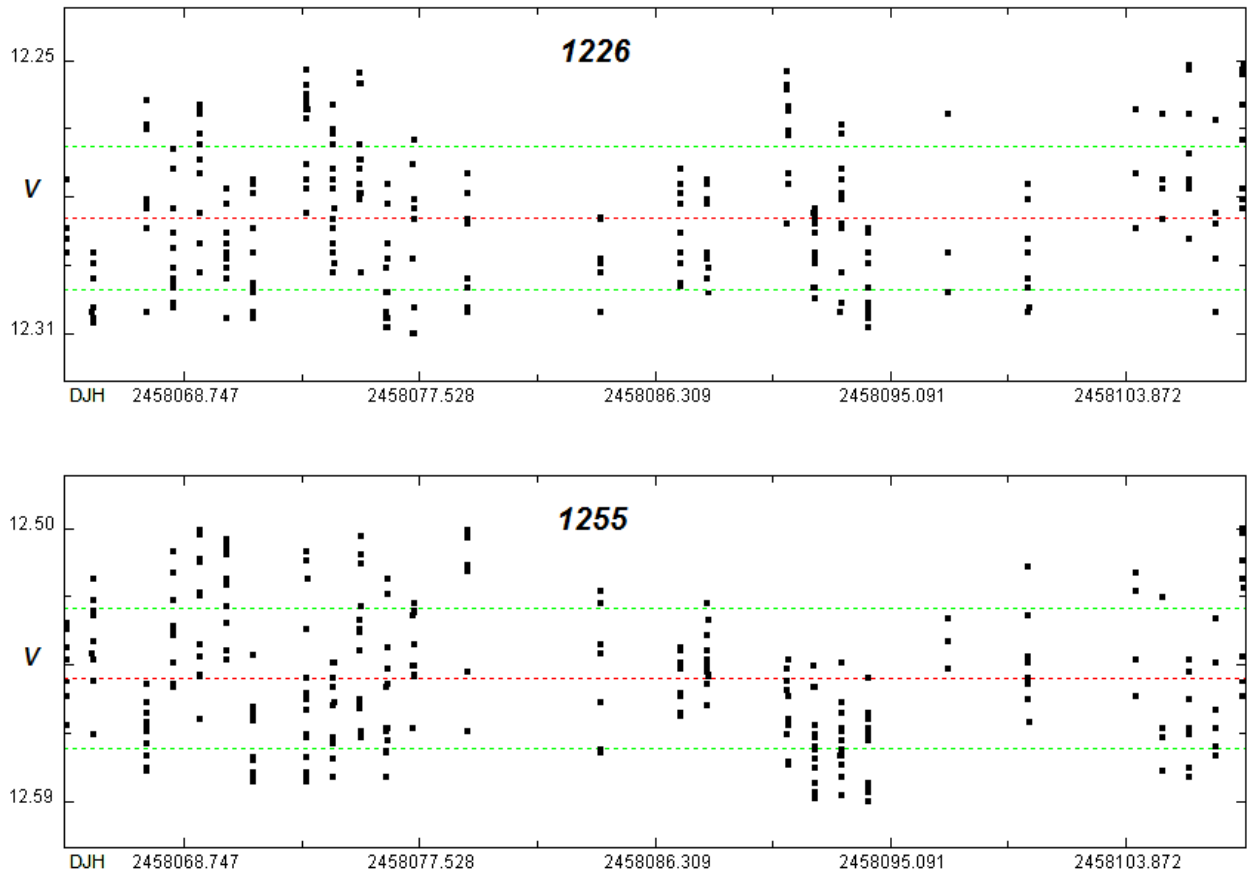


Figura 2. Comportamiento de las estrellas 1226 (arriba) y 1255 (abajo): ninguna parece variable dentro de la precisión de nuestros datos; la dispersión de los puntos es igual a 0.09 magnitudes para la estrella 1255 y sólo 0.06 para la 1226.

Enseguida notamos que ambas presentan *amplitudes ficticias* (o dispersión de los puntos causada por la desigual calidad de las imágenes, la turbulencia, errores aleatorios al medir, etc.) muy reducidas: 0.06 magnitudes en el primer caso y hasta 0.09 magnitudes en el segundo. En la Tabla 1 presentamos los parámetros fotométricos extraídos de las imágenes los cuales son, en este orden, denominación de la estrella, mediciones obtenidas, noches observadas, magnitud estándar en banda V , rango en el cual se ha observado, su magnitud promedio y el error:

Tabla 1

Estrella	Puntos	Noches	V	Rango V	Mag. V
<i>1226</i>	267	27	12.26	12.25-12.31	12.28 ± 0.01
<i>1255</i>	267	27	12.55	12.50-12.59	12.55 ± 0.02

podemos comprobar que la magnitud V promedio es idéntica a la estándar, dentro de la precisión de nuestro equipo: ninguna es variable, salvo que su amplitud en esta banda fuese muy reducida. En la Tabla 2 presentamos el resultado publicado en el trabajo anterior sobre la estrella *1255*, la única que es común en ambos estudios, utilizando como estrella de comparación la de magnitud 12.26 V :

Tabla 2

Estrella	Puntos	Noches	V	Rango V	Mag. V
<i>1255</i>	228	21	12.55	12.47-12.57	12.52 ± 0.03

podemos ver que el rango observado es muy similar en ambos casos: 0.09 magnitudes en la Tabla 1 y 0.10 magnitudes en la Tabla 2; la magnitud promedio es casi idéntica en ambas tablas, el rango muy similar, el error muy reducido y casi idéntico lo que confirma, una vez más, la calidad de las mediciones obtenidas y su no variabilidad. Podemos asegurar, por tanto, que ninguna de las dos estrellas de comparación que han sido utilizadas (denominadas *1226* y *1241*) son variables²: pueden ser empleadas con toda tranquilidad para realizar fotometría de las estrellas del cúmulo.

5. LA VARIABLE V1.

Fue descubierta por Davis (1917) al examinar placas fotográficas tomadas por Shapley y Pease; la estudió encontrándola como una estrella de tipo Cefeida, subtipo BL Herculis, que oscilaba entre las magnitudes fotográficas (próximas al sistema B Johnson) 14.43 y 15.20, aunque su magnitud fotovisual (comparable al sistema V Johnson) en el máximo rozaba la 13.3 con un índice de color igual a +1.1: en el máximo era una de las estrellas más brillantes del cúmulo. Shapley (1920) presenta una fotografía del cúmulo identificando las variables V1, V2 (sospechosa) y V3. Sawyer (1940) confirmó la variabilidad de V1, V2 y V3 encontrando, de paso, seis variables nuevas (V4 a V9) que identifica sobre una fotografía: según sus datos oscilaba entre las magnitudes fotográficas 15.0 y 16.2 con una amplitud igual a 1.2 magnitudes (sin embargo, extrañamente, no incluyó curva de luz). Rosino (1944) estudió el cúmulo en el período 1941-1943 (en plena Segunda Guerra Mundial) y determinó su período, encontrándolo igual a 1.5104567 días y oscilando entre las magnitudes fotográficas 15.21 y 16.22, con una magnitud fotográfica media igual a la 15.71; en su trabajo publicó una buena curva de luz en la que se apreciaba su oscilación lumínica con todo detalle (Figura 3a), mostrando una notoria asimetría: un lento descenso que se extiende desde la fase 0.00 a 0.60-0.70 y un rápido ascenso desde este punto y hasta el siguiente máximo (fase 1.00). (Esta asimetría puede observarse en las Figuras 4, 5 -no muy claramente- y 6.) Es un astro de tipo espectral cambiante entre el A6 y el A8 (Joy, 1949): en cuatro fotografías del cúmulo, capturadas la noche del 2 de diciembre de 2017 con cámara fotográfica digital (Anexo I, Figura 9), aparece azulada lo que confirma que es un astro caliente.

² Tampoco lo es la estrella anaranjada *1255* ya que el rango medido es muy reducido: sólo 0.09-0.10 magnitudes; en caso de ser variable (por ejemplo a manchas, tipo BY Dra) su amplitud en banda V sería reducida.

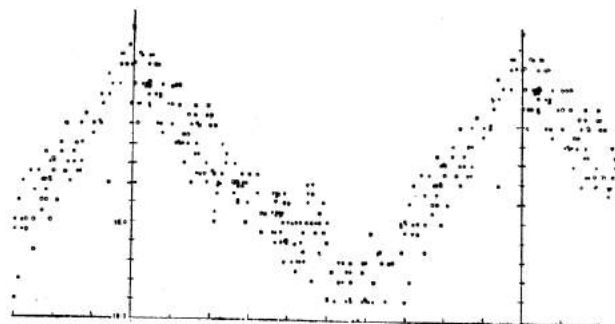
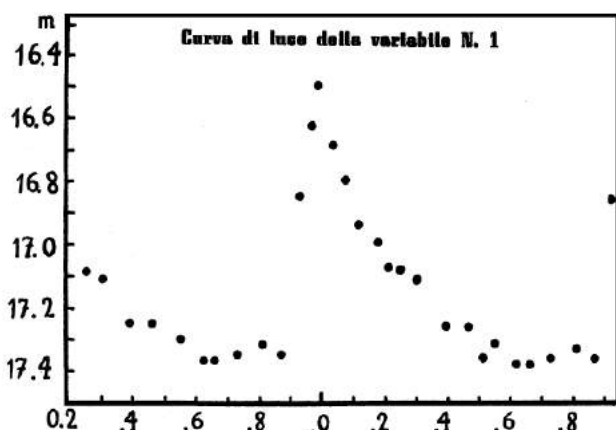


Fig. 3.

Figura 3. Curvas de luz obtenidas por Rosino en 1944 (a, izquierda) y 1950 (b, derecha): su amplitud es muy próxima a una magnitud; se aprecia con toda claridad su asimetría en el ascenso rápido y la caída de brillo mucho más lenta.

Rosino (1950, Figura 3b), basándose en 237 fotografías capturadas a lo largo de cuatro años, presentó curva de luz y período de la variable, que encontró igual a 1.510019 días, con su máximo el DJ 2430911.390: su amplitud era igual a 1.1 magnitudes en el rango 15.2-16.3 con magnitud fotográfica media igual a la 15.75. En su completo trabajo fotométrico Wehlau y Sawyer-Hogg (1985) presentaron resultados obtenidos en el período 1935-1975 (364 imágenes en banda *B*) y 1981-1984 (54 en banda *B* y 28 en banda *V*): el período ofrecido en su Tabla V era igual a 1.510019 días (idéntico al obtenido por Rosino años antes) con un incremento $\beta = 3.3 \pm 0.2$ días cada millón de años, lo que origina un minúsculo cambio en la forma de su curva de luz y un levísimo desplazamiento del máximo de año en año, tal como puede verse en la Figura 4. Según sus datos oscilaba entre las magnitudes 15.0 y 16.0 *V*, siendo su magnitud media igual a la 15.46 *V*.

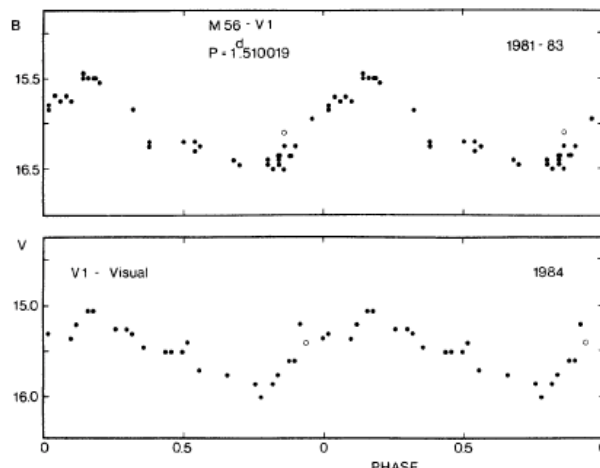
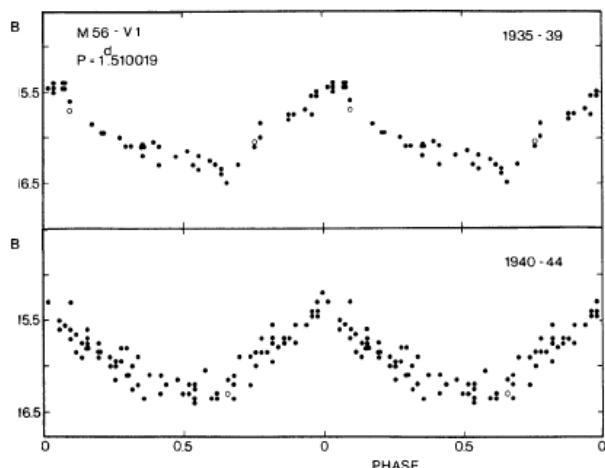


Figura 4. Curvas de luz obtenidas por Wehlau y Sawyer-Hogg (1985): los dos paneles de la izquierda, y el superior de la derecha, obtenidos en banda *B*, el inferior de la derecha en banda *V*. Se aprecia el desplazamiento del máximo.

En su trabajo fotométrico sobre las variables del cúmulo Horne (2005) utilizó un catadióptrico de 25 cm de abertura y una CCD similar a la empleada por nosotros hace una década (Starlight Xpress MX517) para obtener mediciones de seis de las doce variable conocidas en esa época; los

datos obtenidos a lo largo de catorce noches, en los veranos de 2003 y 2004, le permitieron obtener un período de oscilación igual a 1.48 ± 0.40 días, dibujar una curva de luz incompleta que cubría aproximadamente el 80% de sus fases y una amplitud próxima a las 0.65 magnitudes en banda V . La Figura 5 muestra sus resultados (cuadrados blancos) superpuestos a las mediciones obtenidas por Wehlau y Sawyer-Hogg (rombos negros): aunque la escala de magnitudes aparece en orden inverso puede apreciarse que ambas coinciden bastante bien; la barra de error mide 0.1 magnitudes.

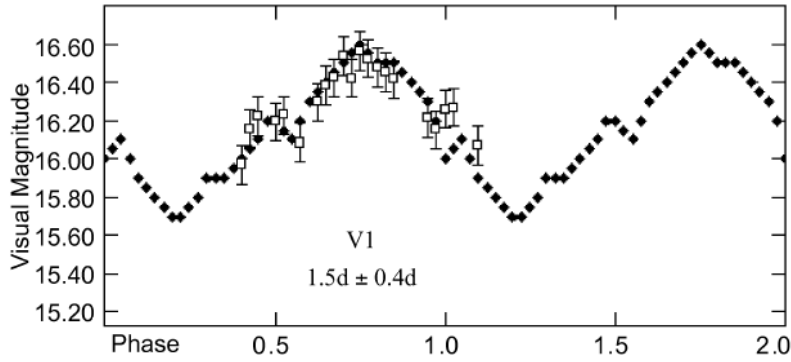


Figura 5. Curva de luz en fase obtenida por Horne (2005): la barra de error mide 0.1 magnitudes; el autor registra una amplitud muy próxima a 0.65 magnitudes en el rango 15.95-16.60 V .

El trabajo fotométrico más reciente es el de Pietrukowicz *et al.* (2008), basado en 543 imágenes obtenidas durante 48 noches entre julio de 2002 y mayo de 2004; al haber trabajado en luz integral, sin filtros, los datos presentados son similares al sistema R_C . En él estudiaron siete variables (V1, V3 a V6, V13 y V14) localizadas en un campo de $6.5' \times 6.5'$, una de ellas V1: de sus datos extrajeron una magnitud R media igual a la 15.10, una amplitud ΔR igual a 1.05 magnitudes y un período igual a 1.510116(8) días en la época $t_0 = \text{JD } 2445252.316$, con una cobertura bastante buena que mostramos en la Figura 6.

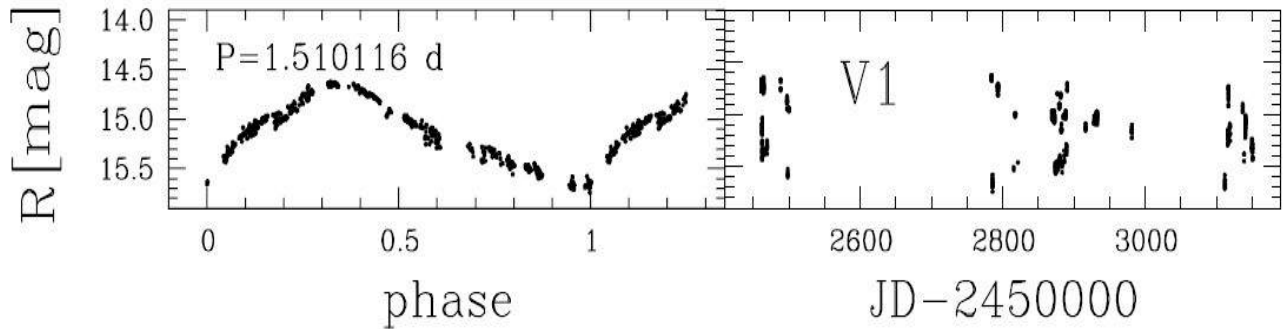


Figura 6. Curva de luz obtenida por Pietrukowicz *et al.* (2008) en banda R : a la izquierda representada en fase, a la derecha tal como fue obtenida noche a noche; se aprecia con claridad su asimetría (máximo en la fase ~ 0.32)

También pudieron confirmar el incremento de su período encontrándolo $\beta = 4.4 \pm 0.4$ días por millón de años que, dentro del margen de error, es consistente con el calculado en 1985 por Wehlau y Sawyer-Hogg: $\beta = 3.3 \pm 0.2$ días por millón de años.

6. RESULTADOS: MAGNITUD PROMEDIO, AMPLITUD, PERÍODO Y CURVA DE LUZ.

Pese a la desfavorable meteorología del otoño pudimos obtener 254 imágenes filtradas a lo largo de veinticinco noches (muchas de ellas consecutivas), entre los meses de noviembre y diciembre de 2017, que mostramos en la Figura 7. En ella cada una de las “barras” verticales está formada por las mediciones obtenidas cada noche de las imágenes; con flechas hemos representado tres grupos de medidas repartidas a lo largo de dos semanas: en ellas se aprecia que tras una noche en la cual la variable presenta un brillo elevado (el máximo en el primer grupo) tendremos dos sesiones consecutivas en las cuales la estrella aparecerá con brillo reducido; la siguiente noche la variable vuelve a aparecer con brillo alto y las dos jornadas siguientes con brillo reducido.

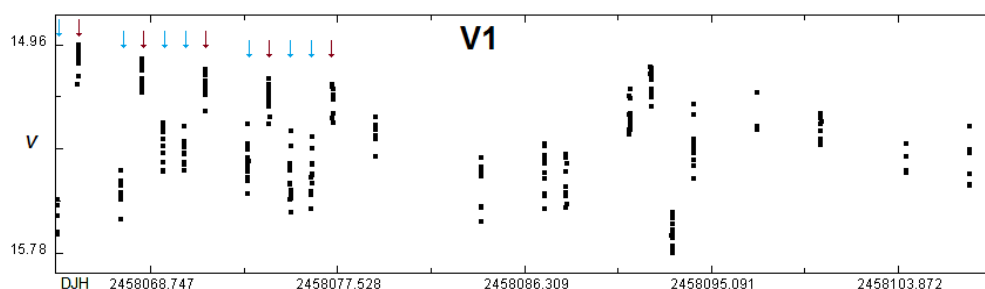


Figura 7. Mediciones de la campaña. Las flechas marcan las realizadas a lo largo de dos semanas: se aprecia el corrimiento de fase (y la reducción de brillo) de noche en noche.

Este desplazamiento es muy notorio si sólo nos fijamos en las noches en las cuales la magnitud es elevada: apreciamos cinco sesiones en las que la magnitud máxima se reduce de ciclo en ciclo; dado que su período es muy próximo a los 1.51 días (36.24 horas) se necesitan bastantes noches, trabajando a la misma hora, para cubrir adecuadamente todas sus fases y obtener una curva de luz completa. Del análisis de nuestros datos hemos extraído sus principales parámetros que mostramos en la Tabla 3: las distintas columnas presentan el nombre, el número de puntos obtenidos, las noches en las que hemos podido trabajar, la magnitud máxima oficial, el rango que hemos medido, la amplitud y la magnitud promedio con su error.

Tabla 3

Estrella	Puntos	Noches	V	Rango V	Amplitud	Mag. V
V1	254	25	15.46	14.96-15.78	0.82	15.36 ± 0.19

Estos resultados son muy similares a los oficiales, especialmente la magnitud en su máximo y la amplitud, aunque su magnitud promedio la encontramos 0.10 magnitudes menor; en la Figura 8 hemos dibujado su curva de luz, en fase, utilizando un período igual a 1.510120 días: el resultado es de bastante buena calidad teniendo en cuenta el pequeño tamaño del equipo utilizado³, su corta focal, su posición en el cúmulo y la dispar meteorología de los meses en los cuales hemos trabajado. En ella se observa una especie de aplanamiento entre las fases 0.1 y 0.4 (justo antes del máximo) también visible en las curvas de Pietrukowicz *et al.* (2008), en la de Horne (2004) y en las de Wehlau y Sawyer-Hogg (1985). A partir de las mediciones hemos tratado de obtener su período actual utilizando para ello el programa *Análisis de Variabilidad Estelar* (del G.E.A.): dependiendo del algoritmo utilizado el resultado es distinto, pero en ambos casos son levemente más cortos que el esperado: a) 1.506412 días (Bloomfield) y b) 1.509725 días (Scargle).

³ Comparándolo con los telescopios de uno a dos metros utilizados por los equipos profesionales.

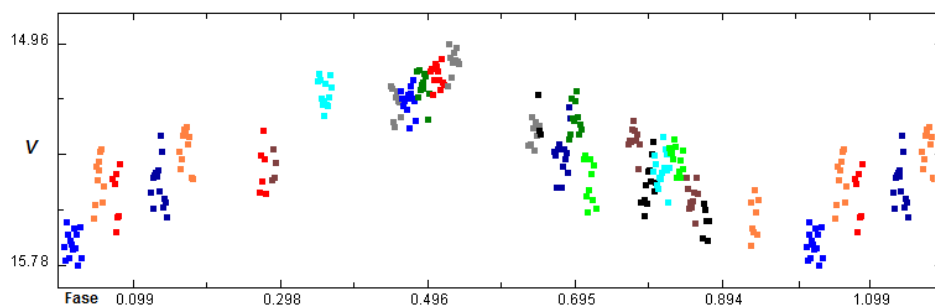


Figura 8. Curva de luz, en fase, dibujada con un período igual a 1.510120 días: puede observarse un aplanamiento entre las fases 0.11 y 0.45 visible también en la curva de Pietrukowicz *et al.* (2008).

Utilizando el valor del máximo facilitado por Pietrukowicz *et al.* en su trabajo (DJ 2452784.46) y el obtenido por nosotros (DJ 2458065.34926) hemos procedido a calcular, en base al último período conocido, cuándo deberíamos haber observado dicho máximo: al examinar la diferencia O-C (máximo Observado menos Calculado) hemos determinado el período actual que encontramos igual a 1.510119(89) días; vamos a comparar los distintos períodos publicados en la literatura profesional⁴:

a) 1.5104567 días	Máximo: 2430899.341	Rosino (1944)
b) 1.510019 días	Máximo: 2430911.390	Rosino (1950)
c) 1.510019 días	Máximo: 2445252.316	Wehlau y Sawyer-Hogg (1985)
d) 1.510116(8) días	Máximo: 2452784.460	Pietrukowicz <i>et al.</i> (2008)
e) 1.510119(89) días	Máximo: 2458065.349	Violat (2017)

No resulta fácil explicar cómo Wehlau y Sawyer-Hogg publican, en 1985, un valor idéntico al facilitado por Rosino en 1950 habiendo transcurrido más de tres décadas. ¿Es un error? ¿O acaso no lo pudieron determinar de sus observaciones y utilizaron, por defecto, el del italiano? En sus curvas de luz (Figura 4) comprobamos que el período es, sin duda alguna, el publicado por Rosino treinta y cinco años antes. Por otro lado, examinando los dos últimos valores, comprobamos que el período de pulsación se ha alargado de nuevo muy levemente en los trece/quince años transcurridos entre observaciones⁵: estimamos su incremento en $\beta = 2.85$ días/millón de años, valor no muy distinto al obtenido por Wehlau y Sawyer-Hogg ($\beta = 3.3 \pm 0.2$ días/millón de años) o al de Pietrukowicz *et al.* ($\beta = 4.4 \pm 0.4$ días/ millón de años).

Para obtener una curva de luz más completa, de calidad, calcular su período de pulsación con mayor refinamiento, y confirmar el ya determinado, se necesita un mayor número de mediciones obtenidas a lo largo de un período de tiempo prolongado: en la campaña del año 2018 procuraremos cumplir ambos objetivos iniciando las observaciones, si la meteorología lo permite, unas semanas antes.

4 Horne (2005) encontró su período igual a 1.5 ± 0.4 días pero no facilitó ningún máximo, por lo cual no hemos incluido este resultado entre los listados.

5 Años 2002 (julio) a 2004 (mayo) Pietrukowicz *et al.*, noviembre y diciembre de 2017 nosotros.

RESUMEN

Hemos realizado observaciones fotométricas del cúmulo globular Messier 56 (NGC 6779) entre los días 6 de noviembre y 20 de diciembre de 2017: en este período hemos capturado 254 imágenes CCD filtradas (V Johnson), en veinticinco noches distintas, para estudiar la variable V1. Hemos confirmado, en primer lugar, la validez de la secuencia fotométrica presentada en un trabajo anterior estudiando dos estrellas no variables (1226 y 1255) de dicha secuencia: las mediciones no muestran ninguna variabilidad, dentro de la precisión del equipo. Con respecto a V1 hemos obtenido su magnitud promedio, rango, amplitud en banda V y determinado su período: lo encontramos igual a 1.510119(89) días que es 0.000003 días (0.2592 s) más largo que el publicado en 2008 por Pietrukowicz *et al.*: esto confirma un lento incremento del mismo que encontramos igual a $\beta = 2.85$ días/millón de años. Comparamos también todos nuestros resultados con los obtenidos por otros investigadores encontrándolos muy similares, dentro de la precisión de nuestro equipo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido realizado utilizando los catálogos y bancos de datos de VizieR y SIMBAD (Centro de Datos Estelares CDS, Strasbourg, France), Aladin Sky Atlas, NASA's Astrophysics Data System, el *AAVSO Photometric All-Sky Survey* (APASS, DR9), soportado por la “Robert Martin Ayers Sciences Fund”, así como el telescopio catadióptrico de 203 mm de abertura, la cámara CCD y la rueda de filtros fotométricos BVR_{CI} del Observatorio Astronómico *Norba Caesarina*, que está situado a las afueras de Cáceres (Extremadura, España).

REFERENCIAS

- Aladin Sky Atlas: <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl>
APASS Data Release 9 (DR9): <https://www.aavso.org/apass>
Clement *et al.*, (2017), Updated Catalog of Variable Stars in Globular Clusters (sin publicar), disponible en la dirección: <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=V/150>
Davis, H., (1917), PASP, 29, 171, 210: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1917PASP...29..210D>
Joy, A., (1949), ApJ, 110, 105: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1949ApJ...110..105J>
Henden, A. *et al.*, (2009), *Bulletin of the American Astronomical Society*, Volumen 41, página 669, en: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2009AAS...21440702H>
Horne, J. D., (2005), JAVSO, 34, Vol.1, 61: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2005JAVSO..34...61H>
Kron, G. E., Guetter, H. H., (1976), AJ, 81, 817: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1976AJ.....81..817K>
Parámetros de la variables de M 56 (2014): <http://www.astro.utoronto.ca/~cclement/cat/C1914p300>
Pietrukowicz, P. *et al.*, (2008), AcA, 58, 121: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2008AcA....58..121P>
Rosino, L., (1944), Mem. Soc. Astr. Italiana, 16, 237: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1944MmSAI..16..237R>
Rosino, L., (1950), Mem. Soc. Astr. Italiana, 21, 55: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1950MmSAI..21...55R>
Shapley, H., (1920), C.M.W.O., 190, 1: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1920CMWCI.190....1S>
Sawyer, H. B., (1940), PDDO, 1, 179: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1940PDDO....1..179S>
SIMBAD Astronomical Database: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
Violat Bordonau, F., (2017, diciembre), web Casanchi: <http://casanchi.com/ast/m56a01.htm>
VizieR Catalogue Service: <http://vizier.u-strasbg.fr/>
Wehlau, A., Sawyer, H., (1985), AJ, 90, 2514: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1985AJ.....90.2514W>

ANEXO I
COLORES DE LAS VARIABLES DE MESSIER 56

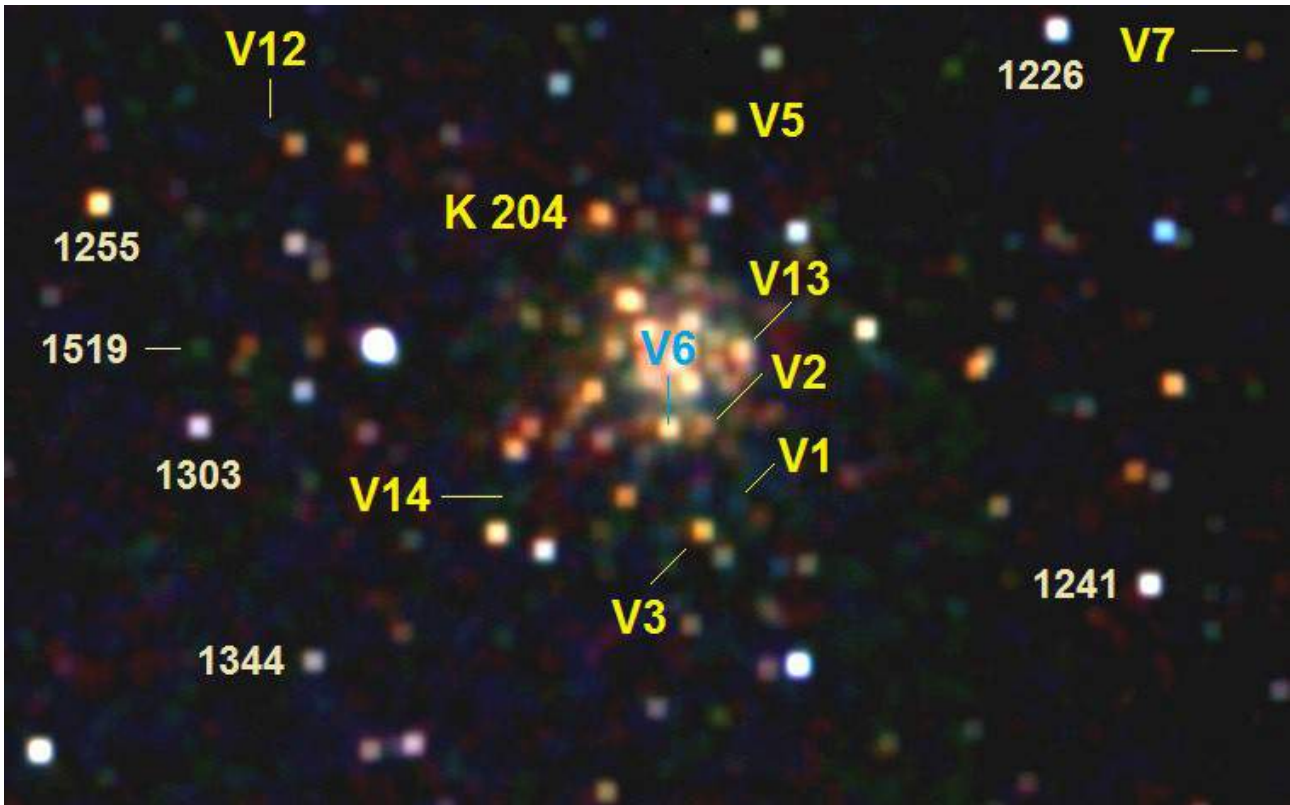


Figura 9. Colores de las estrellas del cúmulo: imagen capturada con una cámara Nikon D3100 unida al telescopio (con reductor de focal $f/6.3$) en la noche del 2 de diciembre de 2017. Sobre ella se han identificado todas las variables que aparecen en el campo (V1, V2, V3, V5, V6, V7, V12 y V14) así como algunas estrellas de calibración fotométrica.

Esta fotografía, tratada con *Photoshop* para “extender” el tamaño puntual de las estrellas, nos permite apreciar el color propio de cada una de ellas hasta la magnitud ~ 16 *V*. Muestra el núcleo del cúmulo muy naranja, debido a la abundancia de estrellas del tipo Gigante Roja, como corresponde a un espectro integrado de tipo F5 (Kron y Guetter, 1976). Vemos algunas estrellas de la secuencia de calibración rotuladas con sus magnitudes sin el punto decimal, las estrellas blancas 1226 y 1241 que hemos empleado como astros de comparación fotométrica así como la estrella naranja 1255. Vemos también la presunta variable K 204, las variables Gigantes Rojas V2, V3, V5, V6 y V13 (estas dos últimas pegadas al núcleo), la débil variable rojiza V7 y tres variables azules: la Cefeida V1 y las RR Lyrae V12 y V14. Podemos observar también la abundancia de estrellas blancas o azules, todas ellas astros de campo no pertenecientes al cúmulo, la más brillante y notoria de las cuales aparece -a la derecha de la imagen- entre las estrellas 1226 y 1241.