

ESTUDIO FOTOMÉTRICO DE MESSIER 13 CAMPAÑAS DE LOS AÑOS 2019 Y 2020 (V) LAS VARIABLES V18, V19 Y V20

FRANCISCO VIOLAT BORDONAU

Observatorio Astronómico *Norba Caesarina*, MPC Z71
E-mail: fviolat@yahoo.es

Resumen. En este quinto trabajo fotométrico dedicado al estudio del cúmulo globular Messier 13 (NGC 6205) presentamos un completo análisis de otras tres variables de tipo Gigante Roja: V18, V19 y V20. A partir de las mediciones fotométricas obtenidas en las campañas de 2019 y 2020 hemos determinado las amplitudes en banda V , sus magnitudes medias, períodos y dibujado sus curvas de luz a lo largo de ambas campañas.

1. ANTECEDENTES.

En trabajos anteriores (Violat Bordonau, 2021a, b y c) ya hemos explicado cuándo comenzó nuestro interés por el cúmulo Messier 13, qué estrellas variables estamos observando y de qué tipo son (Gigantes Rojas, Cefeidas y RR Lyraes), qué técnicas empleamos para la captura de imágenes CCD filtradas (en bandas B y V Johnson), qué programas utilizamos para la calibración de las imágenes y extracción de datos, cuáles para el análisis de las mediciones fotométricas y hemos expuesto ya algunos de los resultados obtenidos en el estudio de sus Cefeidas y tres de sus Gigantes Rojas (V11, V15 y V17); todavía nos queda mucho por analizar, dado que el número de imágenes CCD obtenidas durante los dos últimos años (2019 y 2020) son muy numerosas y de buena calidad, pero mientras vamos publicando trabajos más interesantes y delicados aprovechamos para mostrar los resultados obtenidos con sus estrellas de tipo Gigante Roja, los astros más brillantes del cúmulo cuyas magnitudes en sus máximos oscilan entre la 11,85 y la 12,25 en banda V Johnson.

En esta ocasión centraremos nuestra atención en las estrellas variables V18 (L72¹ o V1546 Her), V19 (L194 o también V1548 Her) y V20 (L70 y V1545 Her), tres de los astros más brillantes del cúmulo cuyas oscilaciones lumínicas son más o menos pronunciadas según la estrella de la que se trate y de la campaña. En la Figura 1, obtenida con nuestro equipo a través de un filtro V Johnson (con una exposición de 120 s), podemos ver el cúmulo y sus estrellas más brillantes hasta la magnitud ~ 17 V : en ella hemos marcado con la letra L seis estrellas Ludendorff –no variables– de magnitudes B , V e índices de color $B - V$ bien determinados (Stetson *et al.*, 2019), que desde el año 2001 utilizamos como astros de comparación y chequeo fotométrico, así como las variables que estudiamos en este trabajo identificadas con sus número de orden dentro del *Catalogue of Variable Stars in Galactic Globular Clusters* (Clement *et al.*, 2001).

La variabilidad de V19 fue descubierta por Kadla *et al.* (1976) al comparar su magnitud con valores anteriores determinados también por ellos: en este mismo trabajo anunciaron la también probable variabilidad de la estrella de tipo *errante azul* L222 (la candidata C12 de Deras *et al.*, 2019) y de L598 (V24). La de V20 (II-67 en su trabajo) fue descubierta por Pike y Meston (1977) quienes estudiaron el cúmulo seis noches entre los DJH 2.441.070,1 y 2.441.159,9: al principio pensaron utilizarla como estrella de comparación pero registraron un incremento de brillo igual a 0,03 magnitudes en la misma noche lo que les hizo desistir; a lo largo de la campaña esta subida llegó a ser igual a 0,13 magnitudes en el rango 12.24–12.11 V . También midieron el cambio en su

1 La letra L hace referencia al extenso trabajo de Hans Ludendorff sobre Messier 13 publicado en el año 1905.

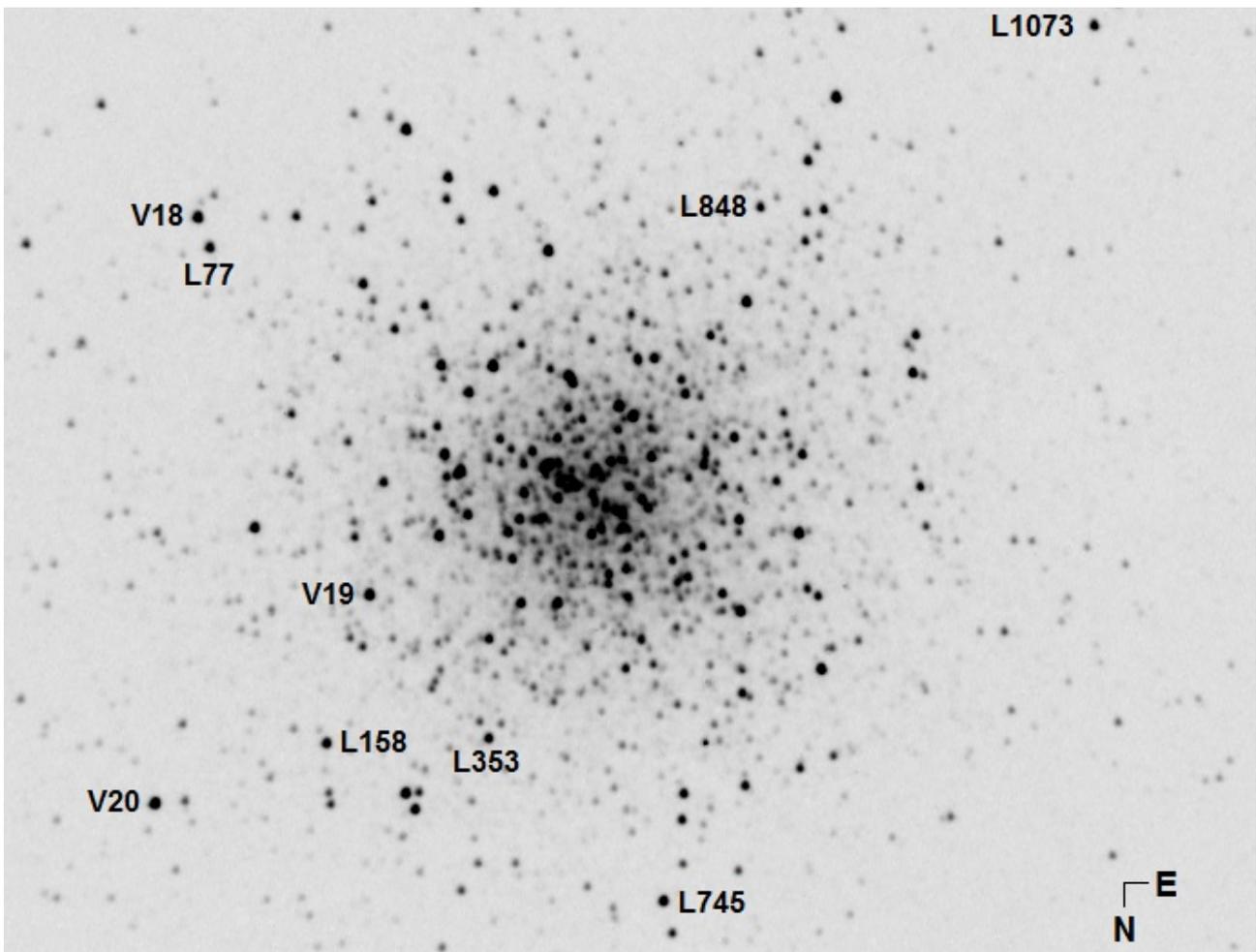


Figura 1. Fotografía de Messier 13 tomada a través del filtro V Johnson: se han identificado en ella seis estrellas de comparación y chequeo fotométrico así como las variables V18, V19 y V20. Norte abajo, Este a la derecha.

índice de color $B - V$ en el rango 1,70–1,54 en el mismo período de tiempo. Russeva y Russev (1980) estudiaron distintas Gigantes Rojas del cúmulo y detectaron la variabilidad de L70 (V20), L72 (V18) y L194 (V19) para las que determinaron sus períodos: 41,25 (V18), 44,48 (V19) y 64,26 días (V20) respectivamente, presentando sus curvas de luz en un sistema fotométrico próximo al B Johnson: sus amplitudes respectivas eran iguales a 0,42 (V18), 0,32 (V19) y 0,48 magnitudes (V20) en dicho sistema. Welty (1985) utilizando 64 placas fotográficas (tomadas en 36 noches a lo largo de seis años), capturadas con un reflector de un metro de diámetro a través del filtro B Johnson, confirmó la variabilidad de las tres presentando nuevos posibles períodos y amplitudes: 63,1 días y 0,2 magnitudes (V18), 32,95 días y 0,2 magnitudes (V19) y 96,6 días y 0,2 magnitudes (V20) pero dejando escapar, de paso, cinco nuevas variables² debido a que sólo podía detectar oscilaciones de brillo iguales o superiores a 0,2 magnitudes en esta banda. Sus curvas de luz, muy pobres y mal muestreadas, demuestran la necesidad de trabajar durante un número elevado de noches a lo largo de dilatados períodos de tiempo en cada campaña observacional: al menos de tres a seis meses o incluso algo más, si la meteorología local lo permite.

En la Figura 1 podemos comprobar que de las tres dos (V18 y V20) están lo suficientemente lejos del núcleo y su apiñamiento estelar como para ser estudiadas muy cómodamente (incluso para instrumentos de corta focal) mientras que V19, aunque más próxima al mismo, tampoco presenta

² En este trabajo anunció la no variabilidad de L199 (V63), L240 (V59), L414 (V38), L252 y L261 (C2 y C3 de Deras *et al.*, 2019), pese a que registró leves pero evidentes dispersiones en sus mediciones fotométricas.

demasiadas dificultades ya que está rodeada por estrellas mucho más débiles. La Tabla 1 presenta el Diario de Observación de ambas campañas que nos ofrece valiosa información: el inicio de cada una de ellas (en formato Día Juliano Heliocéntrico), el final de la misma, las noches en las que pudimos trabajar así como el número de fotografías CCD válidas una vez eliminadas algunas de baja calidad; el haber encontrado una imagen del año 2019 fuera de la carpeta que le correspondía³ nos ha permitido extender la campaña unas pocas noches más, pasando de las 98 indicadas en trabajos anteriores (p. ej. el descubrimiento de la nueva variable V63 [Violat Bordonau 2021d, 2021e]) a 101 noches, a la vez que hemos reducido el número de imágenes válidas para mejorar la calidad de la fotometría que presentamos en este y otros trabajos futuros.

Tabla 1

Año	D.J.H. Inicio	D.J.H. Final	Noches	Imágenes
2019	2458670,581	2458770,339	101	495
2020	2459003,670	2459136,336	134	741

La Tabla 2, por su parte, ofrece los datos de las estrellas identificadas en la Figura 1: número Ludendorff, denominación oficial en SIMBAD, Ascensión Recta y Declinación (2000,0) tomadas de SIMBAD, magnitud V , índice de color $B - V$ e índices de variabilidad (I.V.)⁴ tomados del monumental trabajo fotométrico de Stetson *et al.*, (2019).

Tabla 2

Astro	ID	A.R.	DEC.	V	$B - V$	I.V.
L745	2MASS J16414486+3630514	16:41:44,85	+36:30:51,37	12,490	1,293	1,011
L158	2MASS J16413053+3629434	16:41:30,52	+36:29:43,44	12,675	1,144	0,940
L77	2MASS J16412464+3625449	16:41:24,63	+36:25:45,11	12,735	1,141	1,339
L353	2MASS J16413725+3629368	16:41:37,24	+36:29:36,77	12,809	1,138	0,935
L1073	2MASS J16420085+3623338	16:42:00,84	+36:23:33,67	12,859	1,087	0,647
L848	2MASS J16414739+3625111	16:41:47,39	+36:25:11,12	13,110	1,087	0,444
L72	V18 = V1546 Her	16:41:24,08	+36:25:30,78	<i>12,325</i>	<i>1,295</i>	4,568
L194	V19 = V1548 Her	16:41:31,99	+36:28:30,00	<i>12,060</i>	<i>1,502</i>	12,914
L70	V20 = V1545 Her	16:41:23,53	+36:30:17,26	<i>12,072</i>	<i>1,641</i>	3,217

Notemos que las magnitudes e índice de color $B - V$ de las variables los hemos escrito con letra cursiva: eso se debe a que cambian constantemente a lo largo del tiempo. Examinando los índices de variabilidad comprobaremos que ninguna de las tres estrellas de comparación que utilizamos para calibrar las imágenes (L745, L158 y L77⁵) presenta variabilidad alguna (al menos hasta el momento de escribir estas líneas, mayo de 2021), algo que sucede también con las estrellas de chequeo fotométrico (L353, L1073 y L848): esto se pone de manifiesto al dibujar las curvas de luz de las variables las cuales no presentan anomalías (como *oscilaciones* y *ondulaciones* inesperadas, sospechosas o incluso inexplicables) que se deberían a la variabilidad de alguna de las citadas estrellas de comparación.

³ En realidad es la única imagen que se ha salvado de esa noche: la última que cierra la campaña del año 2019.

⁴ Nos indican la *probabilidad* de que una estrella sea variable: son reducidos en las no variables (p. ej. 0,444 para L848) y más altos en las que realmente lo son (p. ej. 3,217 en V20).

⁵ L77 se encuentra bastante pegada a la variable V18 lo que dificulta un poco la medición de su magnitud.

2. RESULTADOS.

En la página cinco mostramos la Figura 2 y en ella, en tres pares de paneles situados unos sobre los otros, podemos ver las curvas de luz a lo largo de cada una de las campañas de las estrellas V18 (de los años 2019 y 2020, parte superior), V19 (ídem, parte central) y V20 (lo mismo, en la parte inferior): un examen atento de las mismas pone de manifiesto el comportamiento propio de cada una de ellas, sus distintas amplitudes, cambios de brillo y subidas/bajadas no idénticas a lo largo de las semanas que duraron ambas campañas y que –sin duda alguna– se producen debido a que poseen más de un período (de dos a tres, al menos) y a que no pulsan en el modo fundamental (F0) sino que lo hacen en el primer (F1) o segundo (F2) sobretono, lo que altera y modula constantemente las curvas de luz de ciclo en ciclo. Osborn *et al.* (2017), el *M13 Team*, clasifican a V18 como variable de tipo L y a las otras dos (V19 y V20) como astros variables de tipo SR.

En la Tabla 3 mostramos la información que hemos extraído de las mediciones fotométricas obtenidas a partir de nuestras imágenes filtradas; la misma tabula su nombre clásico, la campaña en la que ha sido estudiada, el número de mediciones (puntos) obtenidos durante la misma, la magnitud media en banda *V* y el error (debido a la relación Señal/Ruido), la amplitud en dicha banda así como el rango medido:

Tabla 3

Astro	Campaña	Puntos	Mag. <i>V</i>	Amplitud	Rango
V18	2019	495	12,274 ± 0,021	0,109	12,220-12,329
V18	2020	673	12,301 ± 0,057	0,270	12,166-12,436
V19	2019	495	12,099 ± 0,025	0,123	12,034-12,157
V19	2020	673	12,079 ± 0,033	0,170	11,981-12,151
V20	2019	495	12,088 ± 0,045	0,199	11,996-12,195
V20	2020	673	12,046 ± 0,037	0,204	11,939-12,143

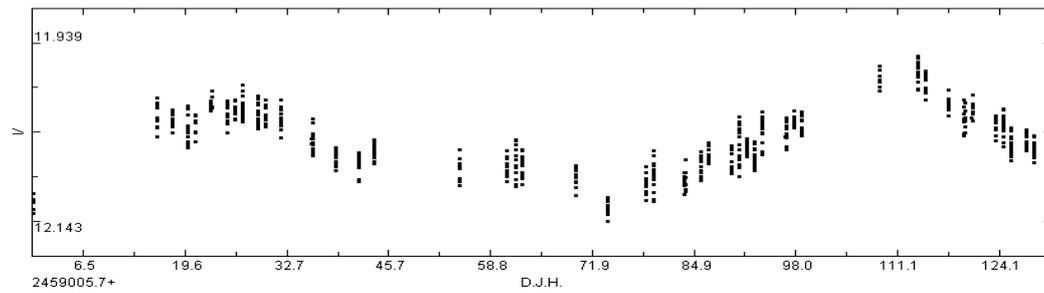
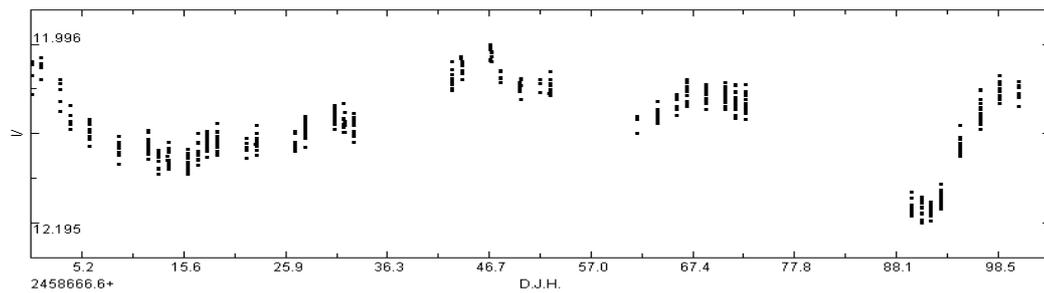
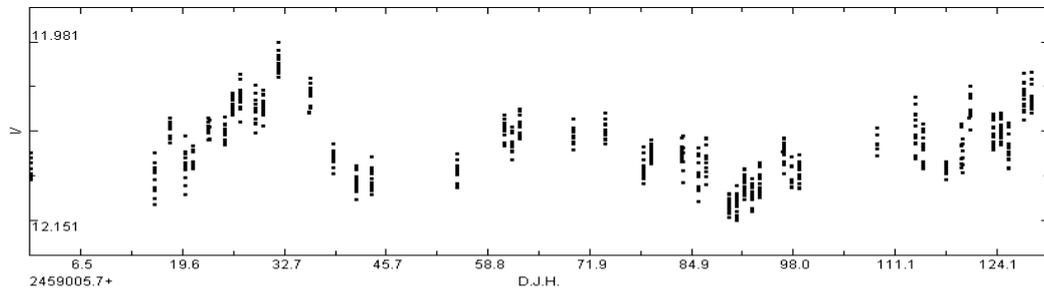
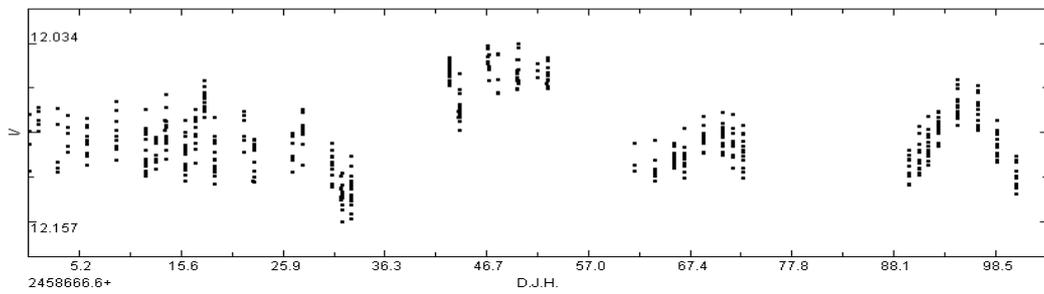
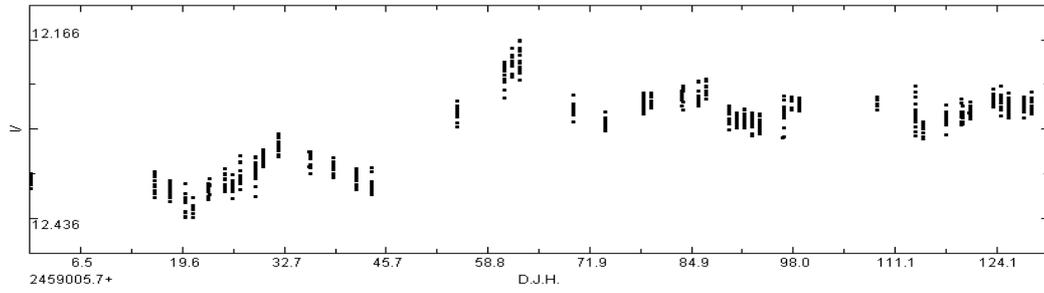
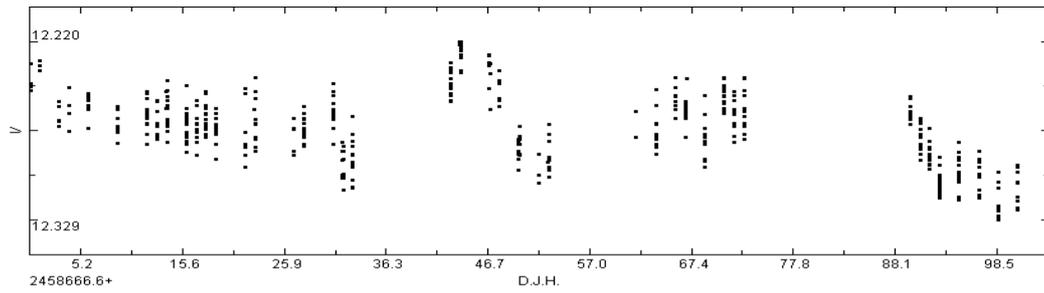
Notemos que V18 ha presentado una amplitud casi dos veces y media superior en la campaña del año 2020 que en la de 2019, algo que no sucede en las otras dos variables las cuales han mostrado amplitudes parecidas (V19) o incluso casi idénticas (V20) lo que confirmaría la clasificación otorgada por los miembros del *M13 Team*.

3. DETERMINACIÓN DE LOS PERÍODOS.

Los seis ficheros que contienen las mediciones fotométricas obtenidas se han abierto con el programa *A.V.E.* y analizado con el periodograma de Scargle (1982) para determinar el o los períodos de cada una de las variables: en todos los casos la búsqueda se ha realizado en el período 1–300 días; los resultados se muestran en la Tabla 4 la cual incluye el nombre de la variable, la campaña y los períodos P1 (el principal), P2 (secundario) y P3 o “período secundario largo”:

Tabla 4

Astro	Campaña	P1	P2	P3
V18	2019	35,7	21,2	131,8
V18	2020	75,3	23,3	165,5
V19	2019	55,3	37,7	---
V19	2020	45,7	24,5	101,7
V20	2019	66,3	34,6	---
V20	2020	81,8	44,5	---

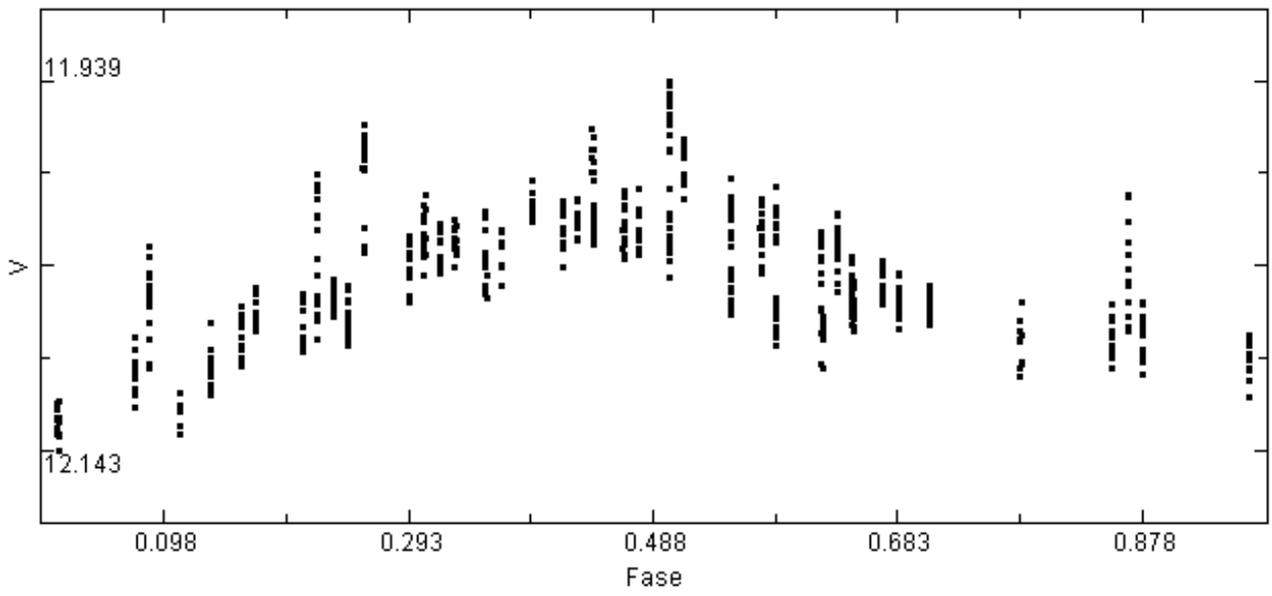
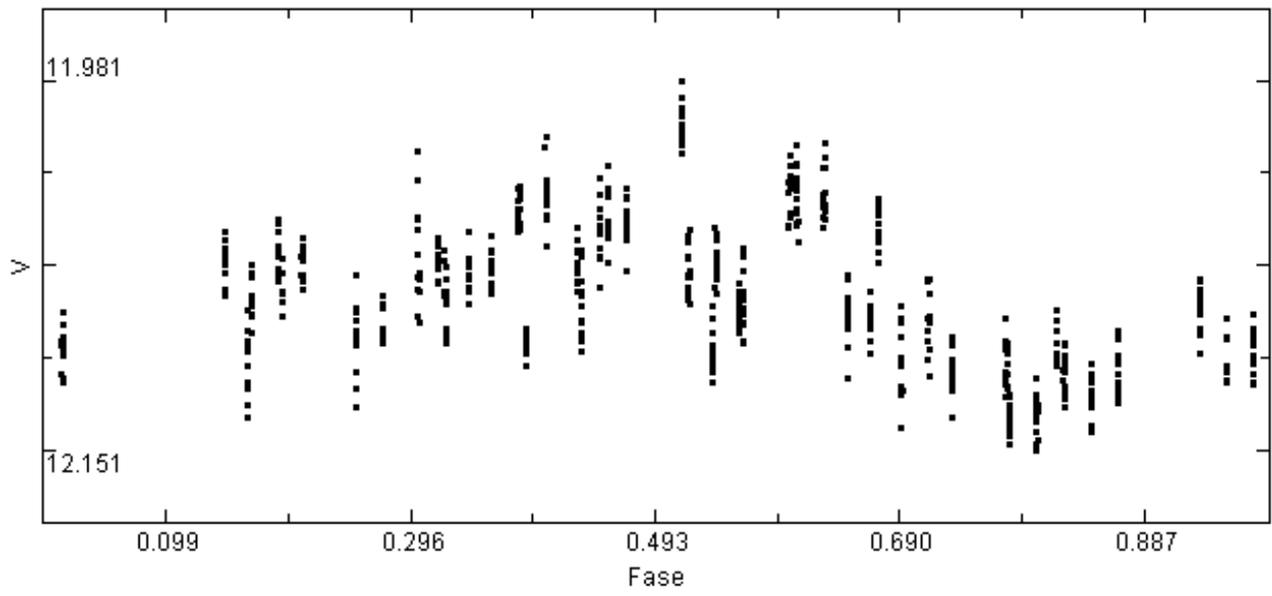
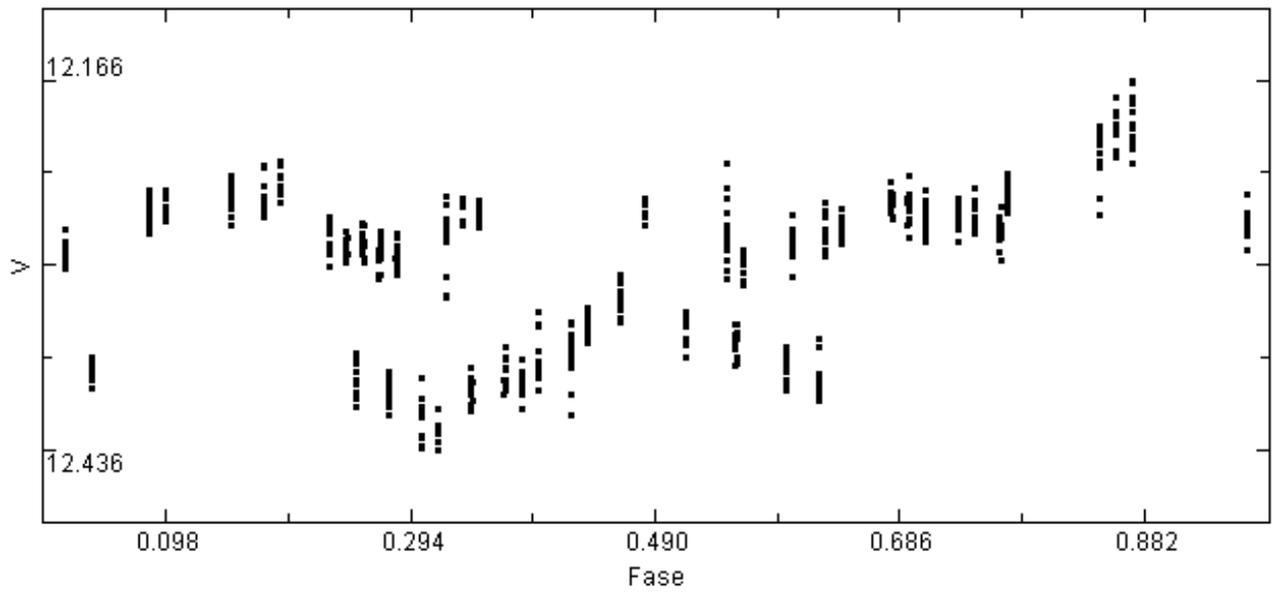


Los períodos oficiales más recientes, tomados del *Catalogue of Variable Stars in Galactic Globular Clusters*⁶ (actualizado en abril de 2021 con el descubrimiento de V63 por nosotros), son los siguientes: V18 = 41,25 días, V19 = 30 días y V20 = 40 días; notemos que los únicos que se aproximan a los oficiales son el secundario de V19 durante la campaña del año 2019 y los secundarios de V20. ¿Qué quiere decir esto? ¿Son erróneos nuestros resultados? La respuesta más corta es no: todas estas estrellas, Gigantes Rojas de Población II, pulsan con dos o más períodos que se superponen y modulan lentamente sus curvas de luz, modifican sus amplitudes y sus períodos reales de manera que de ciclo en ciclo notamos cambios muy notorios e impredecibles; un vistazo a la Figura 2 y más concretamente a las curvas de luz de V19 pone de manifiesto un ciclo corto en los últimos días del año 2019 y otro en los primeros de 2020. V20, por su parte, muestra que en el año 2019 entre un mínimo (día 15) y el siguiente (día 90) transcurrieron unos 75 días mientras que en el año 2020 entre un mínimo (día 1) y el siguiente (día 73) tuvieron que transcurrir algo más de 70 días: de todos modos el incremento de brillo observado después de dicho mínimo alcanzó un máximo brillante y (aunque no aparece completo) se aprecia que su duración es superior a los 60 días, aunque sin poder asegurar su valor exacto al no disponer de mediciones suficientes.

Si intentamos dibujar las curvas de luz empleando los datos del año 2020 (más abundantes y algo mejor muestreados) con los períodos oficiales obtendremos resultados de baja a poca (o incluso nula) calidad en las que se aprecian dos o más ciclos superpuestos sin relación alguna entre ellos, lo que demuestra que no existe una periodicidad clara o marcada en estas variables; incluso empleando los períodos que hemos obtenidos y mostrado en la Tabla 4 las curvas no son demasiado coherentes ni de buena calidad, como podemos ver en la Figura 3 de la página 7 las cuales se han dibujado con períodos iguales a 75,36 d (V18, arriba), 45,73 d (V19, en el centro) y 81,79 d (V20, abajo). En el primer caso apreciamos al menos dos ciclos que corren casi paralelos desde el inicio de la campaña y se cruzan, en torno a la fase 0,49—0,50, para luego seguir caminos incluso divergentes (fase 0,50 hasta casi 0,65); en el caso de V19 se aprecian de dos a tres ciclos que no divergen demasiado en torno al máximo e incluso convergen —y corren paralelos— a partir del mismo: la curva muestra su forma y su máximo moderadamente bien. En el caso de V20 la curva de luz obtenida es bastante más coherente: sólo cerca del máximo es posible apreciar dos ciclos distintos que corren en paralelo.

En su trabajo del año 2017 Osborn y colaboradores analizan distintas variables Gigantes Rojas aunque extrañamente no presentan curvas de luz de las mismas, lo cual habría mejorado y completado dicho trabajo: según estos investigadores V18 (de tipo L) presenta un “período secundario largo” (LSP) igual a 201 días con un alias igual a 130 días (132 días obtenemos nosotros en la campaña del año 2019), que se aprecia también en nuestras observaciones del año 2020, así como pulsaciones de menor duración, no periódicas, superpuestas. Coincidimos plenamente ya que ambas, cortas y largas, se observan en las curvas de luz de ambas campañas. Para V 19 (de tipo SR) encuentran un período lento igual a 168—170 días (en banda *B*), 165 días en banda *V* (102 días obtenemos nosotros en la campaña de 2020 pero no en la de 2019) y 168 días en *I_c*; también ven evidencias de períodos cortos mezclados aunque los principales rondan los 30 días (período corto) y 168 días (LSP). Para V20 la distancia al núcleo les imposibilitó observarla en algunas de sus observaciones CCD, ya que utilizaron cámaras con chips pequeños: pese a todo indican un período igual a 100 días en banda *B*, 36,7 días en *V* (34,6 días encontramos nosotros en P2 de 2019) y 67,2 en *I_c*; indican que su ciclo de pulsación parece estar en torno a los 40 días (valor similar a los 44,5 días del P2 en nuestra campaña del año 2020) y la clasifican en el tipo SR. No nos extrañan estos resultados ya que el período principal P1 que encontramos en la campaña del año 2020 es igual a 81,8 días: en la página siguiente veremos que la curva de luz obtenida es bastante consistente con este valor pero no con otro inferior (en ese caso aparecen dos o más ciclos cortos superpuestos).

6 La ficha de Messier 13 se puede consultar aquí: <http://www.astro.utoronto.ca/~cclement/cat/C1639p365>



4. POSICIONES DE LAS VARIABLES.

En un trabajo anterior (Violat Bordonau, 2021b) tabulamos y mostramos las posiciones de quince estrellas de Messier 13: fueron obtenidas utilizando cinco imágenes filtradas (en banda *B* Johnson, para reducir el brillo de las Gigantes Rojas) capturadas con un reflector de 51 cm de apertura y 4100 mm de focal; las fotografías fueron abiertas y calibradas con el programa *Astroart* utilizando el catálogo UCAC4: se registraron en ellas algo más de 3.200 estrellas en cada imagen de todas las cuales hemos podido obtener sus coordenadas (equinoccio 2000,0), aunque para este trabajo sólo nos interesan las de tres estrellas. Presentamos en la Tabla 5 las posiciones de las variables V18, V19 y V20 determinadas con este procedimiento: las columnas muestran el nombre de la variable, las posiciones determinadas por nosotros en 2020, las tabuladas por Osborn (2000) y las de Kopacki *et al.* (2003) –excepto la de V20, no observada por ellos al haber utilizado una cámara CCD con un chip pequeño– para comparar el resultados con los de otros investigadores:

Tabla 5

Astro	2020	2000	2003
V18	16 41 24,06 36 25 30,6	16 41 24,10 36 25 30,9	16 41 24,06 36 25 30,6
V19	16 41 31,99 36 28 29,9	16 41 32,02 36 28 30,0	16 41 31,98 36 28 29,8
V20	16 41 23,54 36 30 17,2	16 41 23,55 36 30 17,3	-----

notemos que las posiciones que obtenemos son idénticas a la de Kopacki y colaboradores salvo por el redondeo del último decimal en V19; en el caso de Osborn éstas difiere de 0,01 a 0,04s y de 0,1 a 0,3” excepto en el caso de V20, en el cual las diferencias son mínimas (0,01s y 0,1”): estas diferencias se deben a que este astrónomo utilizó el Catálogo USNO-A2.0 para calibrar sus fotografías. Apenas existen diferencias apreciables entre nuestras posiciones y las tabuladas por Kopacki *et al.* quienes utilizaron 200 estrellas del *HST Guide Star Catalog* versión 2.2.01. Esperamos publicar un trabajo, en el futuro, en el cual expliquemos con más detalle este proceso de calibración astrométrica y tabulemos las posiciones actuales de todas las variables del cúmulo determinadas con los programas *Astroart* y *Astrometrica*.

5. CURVAS DE LUZ EN FASE.

Utilizando las mediciones fotométricas de la campaña de 2020, la más amplia de ambas, y los períodos principales (P1) listados en la Tabla 4 hemos procedido a dibujar las curvas de luz de las tres variables (Figura 3): como podemos ver la de V18 (panel superior), dibujada con $P = 75,36$ días, no es coherente ya que muestra dos ciclos superpuestos entre las fases 0,2 y 0,5; en el caso de V19, dibujada con $P = 45,73$ días, obtenemos un resultado algo más coherente aunque todavía parecen apreciarse varios ciclos superpuestos sin que el resultado sea bueno. En el caso de V20 hemos empleado también el período principal: con $P = 81,79$ días el lector podrá observar una curva de luz bastante buena y coherente excepto en la rama descendente (entre las fases $\sim 0,5$ y $\sim 0,6$) apreciándose después del máximo dos ciclos –de brillo levemente distintos– que siguen caminos casi paralelos un breve trecho. Esto nos demuestra de modo contundente, una vez más, la existencia de al menos dos (o quizá incluso más) períodos de pulsación de distinta duración (cortos y largos, el LSP ya citado) y modos (sobretonos) en las variables de tipo Gigante Roja del cúmulo, como ya expusimos hace unos años (Violat Bordonau, 2015) en un completo trabajo fotométrico: Osborn y colaboradores llegan a similar conclusión en su trabajo del año 2017.

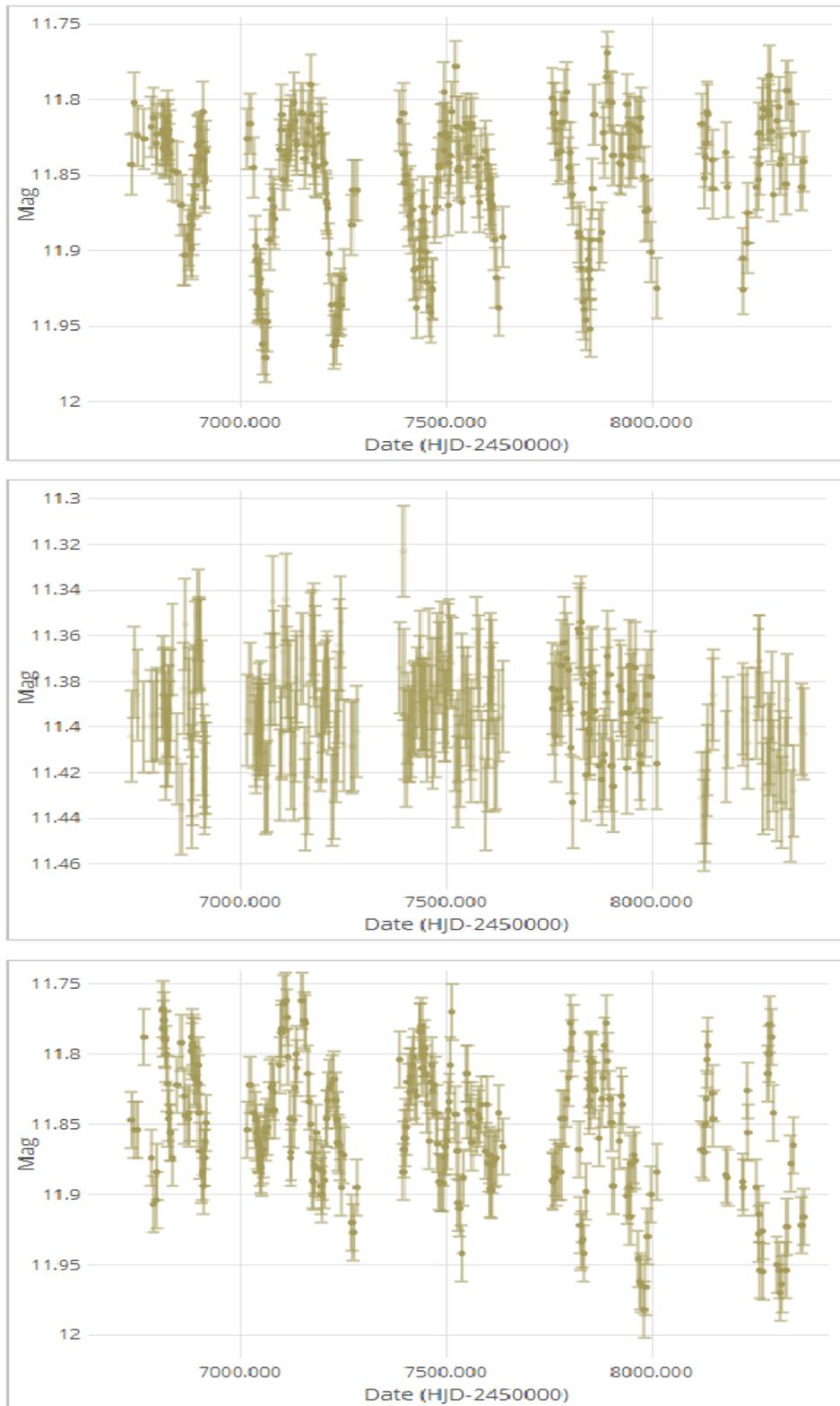


Figura 4. Curvas de luz en banda V tomadas de ASAS-SN a lo largo de cinco campañas (casi 2000 días): son muy visibles las pulsaciones de V18 (arriba) con una amplitud máxima próxima a 0,22-0,24 magnitudes; también vemos las de V20 (abajo del todo), que muestra una amplitud creciente de campaña en campaña (pasó de 0,15 magnitudes al principio a casi 0,24 magnitudes al final) a partir del DJH 2.457.000; en el caso de V19 (centro) esto no ocurre y las mediciones parecen indicar poca regularidad en sus ciclos y una amplitud reducida ($\sim 0,1$ magnitudes). El “período secundario largo” (LSP) se aprecia perfectamente en V18 pero no tan bien en V20: en V19 es inexistente.

RESUMEN

Presentamos en este trabajo las magnitudes máximas, mínimas, medias, amplitudes (en banda V), períodos, curvas de luz y posiciones (2000,0) de las variables de tipo Gigante Roja V18 (V1546 Her), V19 (V1548 Her) y V20 (V1545 Her), situadas en Messier 13, determinadas a partir de las imágenes CCD adquiridas durante las campañas de los años 2019 y 2020. Los períodos obtenidos (tanto cortos como largos, los LSP) son distintos a los oficiales lo que sugiere que estas variables pulsan con al menos dos períodos –de muy dispar longitud– y modos (sobretonos) que modulan y modifican de año en año tanto la forma como la amplitud de sus curvas de luz.

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 así como los diversos telescopios, las cámaras CCD y ruedas de filtros fotométricos (BVR_cI_c) del Observatorio Astronómico *Norba Caesarina* de Cáceres (España).

REFERENCIAS

- Astroart*: <http://www.msb-astroart.com/>
Clement *et al.*, 2001, AJ, 122, 2587: [2001AJ...122.2587C](#)
Deras, D. *et al.*, 2019, MNRAS, 486, 2791: [2019MNRAS.486.2791D](#)
FotoDif: <http://www.astrosurf.com/orodeno/fotodif/>
Kadla, Z. I. *et al.*, 1976, Astronom. Zhurnal, 53, 713: [1976AZh...53..713K](#)
Kopacki, G. *et al.*, 2003, A&A, 398, 541: [2003A&A...398..541K](#)
Ludendorff, H., 1905, *Publ. Astrophys. Obs. Potsdam*, Vol. 15, Nº 50: [1905POPot..50....1L](#)
NASA/ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/classic-form>
Pike, C. D., Meston, C. J., 1977, MNRAS, 180, 613: [1977MNRAS.180..613P](#)
Osborn, W., 2000, AJ, 119, 2902: [2000AJ....119.2902O](#)
Osborn, W. *et al.*, 2017, Acta Astronomica, 67, 131: [2017AcA...67..131O](#)
Russeva, T. y Russev, R., 1980, Information Bulletin Variable Stars, No. 1769, #1: [1980IBVS.1769....1R](#)
Scargle, J. D., 1982, ApJ, 263, 835: [1982ApJ...263..835S](#)
SIMBAD Astronomical Database: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
Stetson, P. B. *et al.*, 2019, MNRAS, 485, 3042: [2019MNRAS.485.3042S](#)
Violat Bordonau, F., 2015 (julio), web Casanchi: <http://casanchi.org/ast/m13a01.pdf>
Violat Bordonau, F., 2021a (febrero), web Casanchi: <http://casanchi.org/ast/fotometria2019202001.htm>
Violat Bordonau, F., 2021b (marzo), web Casanchi: <http://casanchi.org/ast/fotometria2019202002.htm>
Violat Bordonau, F., 2021c (abril), web Casanchi: <http://casanchi.org/ast/fotometria2019202003.htm>
Violat Bordonau, F., 2021d, OEJV, 213, 1-10: [2021OEJV..213....1V](#)
Violat Bordonau, F., 2021e (mayo), web Casanchi: <http://casanchi.org/ast/fotometria2019202004.htm>
Welty, D. E., 1985, AJ, 90, 2555: [1985AJ.....90.2555W](#)
VizieR Catalogue Service: <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>