

ESTUDIO FOTOMÉTRICO DE MESSIER 13 CAMPAÑAS DE LOS AÑOS 2019 Y 2020 (VII) PERÍODO ACTUAL DE V33

FRANCISCO VIOLAT BORDONAU

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

Resumen. En este séptimo trabajo fotométrico dedicado al estudio del cúmulo globular Messier 13 (NGC 6205) presentamos un análisis de la variables V33, de tipo Gigante Roja. A partir de las mediciones fotométricas obtenidas en las campañas de 2019 y 2020 hemos determinado su amplitud en banda V , su magnitud media, períodos y dibujado sus curvas de luz a lo largo de ambas; también se incluyen mediciones del año 2013 y parte de los datos obtenidos en la campaña del año 2021 para conocer su amplitud y período actual.

1. ANTECEDENTES.

V33 (L954¹ o V1583 Her) es un astro que debido a su lejanía del núcleo del cúmulo no fue descubierto como variable hasta hace pocos años (Welty, 1985) y ha sido poco estudiado hasta la fecha: en SIMBAD encontramos en el intervalo 1850-2021 sesenta trabajos que la mencionen y sólo tres (en 1985, 2017 y 2019) que la estudien fotométricamente en detalle. Es una estrella gigante cuyo radio es igual a 96,6 veces el solar, su temperatura efectiva es igual a 3940 K y su luminosidad 2.133 veces la de nuestra estrella (Mészáros, *et al.*, 2009). Aparece listada en el trabajo de Arp (1955) con la denominación IV-25: este investigador la midió con magnitudes 13,53 pg (fotográfica, banda B) y 12,01 pv (fotovisual, banda V) con índice de color $pg - pv = 1,52$. En el trabajo de Kadla (1966) aparece como un astro de magnitud 12,11 V e índice de color $B - V$ igual a 1,49 mientras que Cathey (1974) la encuentra de magnitud 12,09 e índice de color $B - V$ igual a 1,54. Su magnitud V e índice de color $B - V$ es muy similar al de las demás variables Gigantes Rojas del cúmulo por lo que esto debería haber alertado a los investigadores sobre su posible variabilidad fotométrica: sin embargo esto no ocurrió así. De hecho Osborn y Fuenmayor (1977) realizaron un estudio sobre las variables rojas del cúmulo y la utilizaron como estrella de comparación de magnitud 13,61 B : estos investigadores utilizaron 59 placas fotográficas, obtenidas con el reflector de 1,5 metros de apertura del Observatorio Naval en el período 1967-1969, y pudieron comprobar los cambios de brillo de V2, V11, V15 y L973 (V17) pero también de L414 (V38), aunque sin llegar a reconocerla como variable pese a que mostraba una amplitud igual a 0,26 magnitudes (en banda B) que era incluso superior a la de V15 (0,22 magnitudes) y muy similar a la de L261 (0,21 magnitudes). Cudworth y Monet (1979) la encontraron de magnitud 12,09 V e índice de color $B - V$ igual a 1,54: por su movimiento propio era un astro que pertenecía al cúmulo. Sería Welty quien en su estudio (1985), utilizando 64 placas fotográficas tomadas en 36 noches a lo largo de seis años, descubriese su variabilidad encontrando un período igual a 40,37 días: hemos de señalar que este observador no encontró ninguna variabilidad en estrellas realmente variables como L199 (V63) o L414 (V38) entre otras estrellas sospechosas de variabilidad (como L261, L250 o L240) lo que demuestra que se necesita una buena cobertura temporal –para estudiar en profundidad las variables del cúmulo– y una fotometría de muy alta calidad y precisión para reconocerlas como tales; algunas docenas de imágenes repartidas a lo largo de tres, cuatro o cinco años nunca son suficientes para este propósito como demuestran los ejemplos ya presentados y luego comprobaremos de nuevo.

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

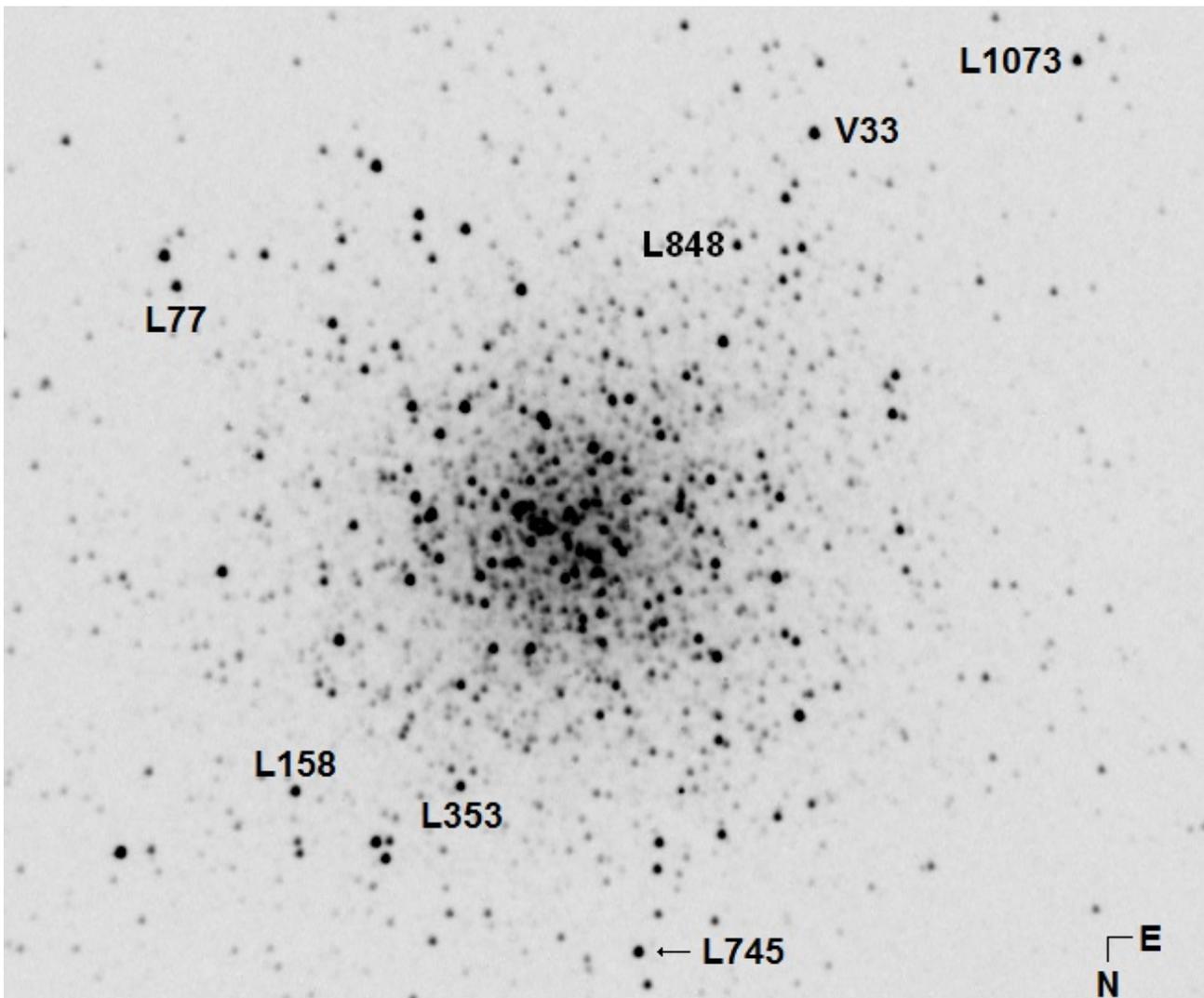


Figura 1. Fotografía de Messier 13 tomada a través del filtro *V* Johnson: se han identificado en ella seis estrellas de comparación y chequeo fotométrico así como la variables V33. El Norte está situado abajo y el Este a la derecha.

En el trabajo de Lupton *et al.* (1987), que presenta velocidades radiales de 147 estrellas del cúmulo, no se aprecia la variabilidad de L96 (V43) ni la de L199 (V63) ya que la probabilidad de serlo (χ^2) era igual a 1.74 en el primer caso (con sólo tres velocidades distintas) y 1.46 en el segundo (también tres velocidades distintas), pero sí la de V33 ya que χ^2 sube a 29.59 disponiendo de ocho velocidades radiales, la de L414 (V38) que sube a 110.52, la de L629 (V39) que es igual a 26.81 y la de L782 (V41) que con $\chi^2 = 226.0$ (y sólo dos velocidades radiales) debería haber llamado la atención mucho antes. Otras estrellas también interesantes son L919 ($\chi^2 = 10.23$), L938 ($\chi^2 = 32.00$) o L1030 ($\chi^2 = 13.63$) que seguimos atentamente desde el año 2013.²

Dada su lejanía del núcleo (casi 4') no fue incluida en ningún trabajo fotométrico posterior hasta el publicado por Osborn (2000) en donde se la lista con magnitudes 13,64 *B* y 12,09 *V*: el autor indicó que encontró probable su variabilidad. Al haber trabajado con un chip pequeño (capaz de capturar un campo aparente de 6' x 4') no fue observada por Kopacki y colaboradores (2003). En su trabajo sobre variables rojas Osborn y colaboradores (2017) listan sus parámetros en la Tabla 7

² Estas magnitudes se escriben con punto decimal y no con coma (como es habitual en España) cuando es preciso evitar confusiones con este signo gráfico, especialmente al listar una serie de estrellas variables.

los cuales resumimos aquí: magnitud $12.05 V$, magnitud absoluta $M_V -2.28$, índice de color $B - V$ igual a 1.54 con amplitudes en bandas B y V iguales a $0,26$ y $0,15$ magnitudes respectivamente indicando que es una variable de tipo SR cuyo período (*best “period”* indican los autores) es igual a 33 días aunque, cuando le dedican unas pocas líneas, explican que se han publicado distintos valores: 32.52 días (Violat *et al.*, 2007), 40.37 días (Welty, 1985), 50.92 días (Violat *et al.*, 2015) y 62.97 (Violat *et al.*, 2007); notemos que aparte del valor de Welty, ya bastante antiguo, no existen otros aparte de los nuestros, los obtenidos por lo que ellos denominan el *Violat Team*. Estos autores mencionan un período próximo a los 33 días (que no es siempre el más evidente) así como otros valores: 36 días, 40 días, 45 días, 60 días, 71 días y 89 días; finalmente deciden que la mejor estimación del período que consiguen de sus datos es igual a 33 días. En el año 2019 Deras y colaboradores la estudian durante seis noches (en dos campañas: del 7 al 9 de junio la primera y del 3 al 5 de agosto de 2014 la segunda) utilizando un chip capaz de capturar un campo de $10,1' \times 10,1'$ unido al telescopio de dos metros del Indian Astronomical Observatory: según estos investigadores es un astro de magnitud media $11,98 V$ con una amplitud superior a $0,11$ magnitudes en banda V .

El *AAVSO International Variable Star Index VSX* (Watson *et al.*, 2014) la incluye como una variable de tipo SR (semirregular) de magnitudes $11,97 V$ en el máximo y $12,11 V$ en el mínimo con un período igual a 33 días. En el *General Catalogue of Variable Stars* (Samus *et al.*, 2017) aparece listada como V1583 Her, una variable de tipo SR cuyo período es igual a 33 días y de magnitud $11,97 V$ en el máximo mientras que el *Updated Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters* (Clement *et al.*, 2017) la incluye indicando que su magnitud media es igual a la $12,05 V$, su amplitud igual a $0,15$ magnitudes siendo un astro de tipo SR con un período igual a 33 días. En el catálogo publicado por Heinze *et al.* (2018) se indica que su período es igual a 66,944 días pero la clasifican como “dudosa” (*dubious*). Finalmente en el monumental trabajo de Stetson *et al.* (2019) aparece con magnitudes $13,587 B$ y $12,094 V$ con un índice de variabilidad igual a $2,410$.

En la Figura 1, obtenida con una exposición de 120 s y filtro V Johnson, podemos ver una imagen del cúmulo y sus componentes hasta la magnitud $\sim 17 V$: en ella hemos rotulado con la letra L seis estrellas Ludendorff no variables, de magnitudes B , V e índices de color $B - V$ muy bien determinados por Stetson y colaboradores, que empleamos como astros de comparación y chequeo fotométrico; también identificamos a V33 que aparece situada en la parte sur del cúmulo. La Tabla 1 presenta el Diario de Observación de ambas campañas a las que hemos unido la del año 2013 y la de 2021 (hasta mediados de septiembre) para comparar los resultados a lo largo del tiempo: ofrece información como el inicio de cada una de ellas (en formato Día Juliano Heliocéntrico), el final de la misma, las noches en las que trabajamos así como el número de fotografías CCD obtenidas:

Tabla 1

<u>Año</u>	<u>D.J.H. Inicio</u>	<u>D.J.H. Final</u>	<u>Noches</u>	<u>Imágenes</u>
2013	2456473,674	2456596,311	124	220
2019	2458672,575	2458770,339	99	492
2020	2459005,665	2459136,336	132	691
2021	2459369,667	2459469,448	(101)	(899)

La Tabla 2, por su parte, presenta los datos de las estrellas que hemos identificado en la Figura 1 y son: su número en el Catálogo de Ludendorff, la denominación oficial en SIMBAD, Ascensión Recta y Declinación (2000.0) tomadas de SIMBAD, magnitudes V , índices de color $B - V$ e índices de variabilidad (I.V.)³ tomados del trabajo fotométrico de Stetson *et al.*:

³ 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) o en las estrellas que aparecen muy pegadas a otros astros más brillantes (como en el caso de L77).

Tabla 2

Astro	ID	A.R.	DEC.	<i>V</i>	<i>B – V</i>	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
L954	V33 = V1583 Her	16:41:50,30	+36:24:15,54	<i>12,094</i>	<i>1,493</i>	2,410

notemos que la magnitud V y el índice de color $B - V$ de la variable están escritos en cursiva ya que cambian 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 L77) presenta variabilidad alguna, lo mismo que sucede con las 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 debidas a la variabilidad de alguna de las citadas estrellas de comparación.

2. RESULTADOS.

En la Figura 2 de la página siguiente mostramos las curvas de luz obtenidas por nosotros⁴ en las campañas de los años 2013 (arriba), 2019 (en el centro), 2020 (debajo de la anterior) y 2021 hasta el día 12 de septiembre (abajo del todo): si bien la primera no posee una cobertura tan amplia como las tres restantes, debido a la desfavorable meteorología del año 2013, nos permite observar bastante bien el comportamiento de la estrella a lo largo de los algo más de cuatro meses que la estudiamos. Es muy evidente que cuantas más noches se observen, y más mediciones se obtengan de la variable, mejor podremos apreciar sus cambios de brillo y con más precisión determinaremos el período o los períodos que posee: creemos que obtener una treintena de fotografías a lo largo de unas pocas noches sirve de poco, o muy poco, sobre todo en variables tan especiales como son las Gigantes Rojas de M13; por fortuna la meteorología española es benigna y, en algunas campañas, hemos podido trabajar un gran número de noches a lo largo de unos seis meses. En este sentido, como puede verse en las curvas de luz, nosotros presentamos prácticamente una “película” –que muestra con toda claridad y fidelidad su comportamiento a lo largo de varios meses– mientras que otros observadores (trabajando con telescopios de mayor diámetro y CCDs de gran calidad pero sometidos a una meteorología poco favorable) sólo presentan unas pocas “fotos fijas” con las cuales es difícil, o incluso imposible, seguir en detalle las variaciones de brillo o incluso determinar sus períodos con un mínimo de precisión, seguridad y calidad.

En la Tabla 3 mostramos la información que hemos extraído de las mediciones fotométricas analizadas con el programa *FotoDif* a partir de nuestras imágenes: tabula la campaña en la que ha sido estudiada, el número de mediciones (puntos) obtenidos durante la misma, la magnitud media en banda V y la dispersión de las mediciones debido a la variabilidad de la misma (σ), la amplitud en dicha banda así como el rango en la que se ha encontrado y medido.

⁴ Con el mismo telescopio, CCD y filtro fotométrico (V Johnson en este caso): creemos que esto representa una enorme ventaja sobre otros observadores los cuales, al no disponer de telescopios propios, han de utilizar distintos equipos (de dispares aberturas y focales) durante unas pocas noches en cada campaña fotométrica.

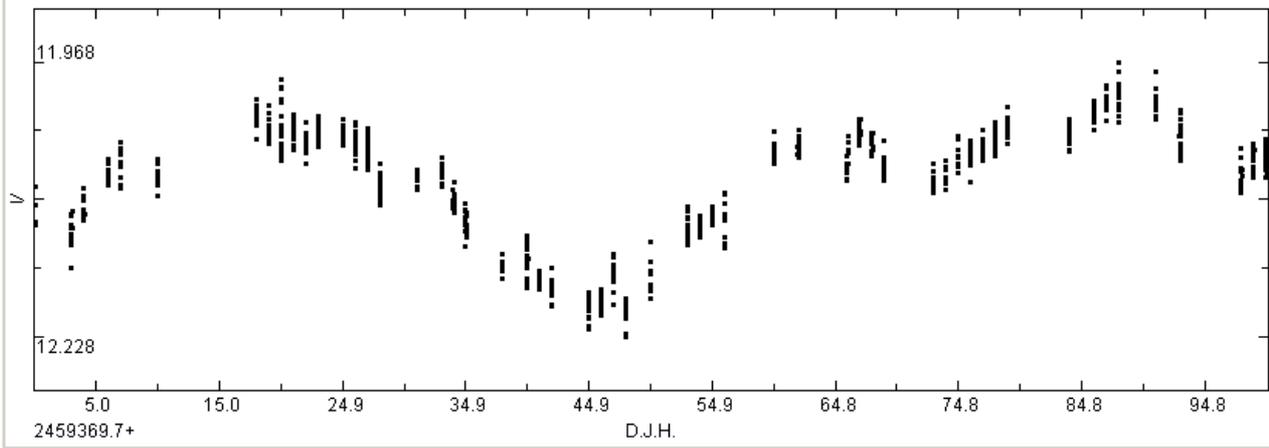
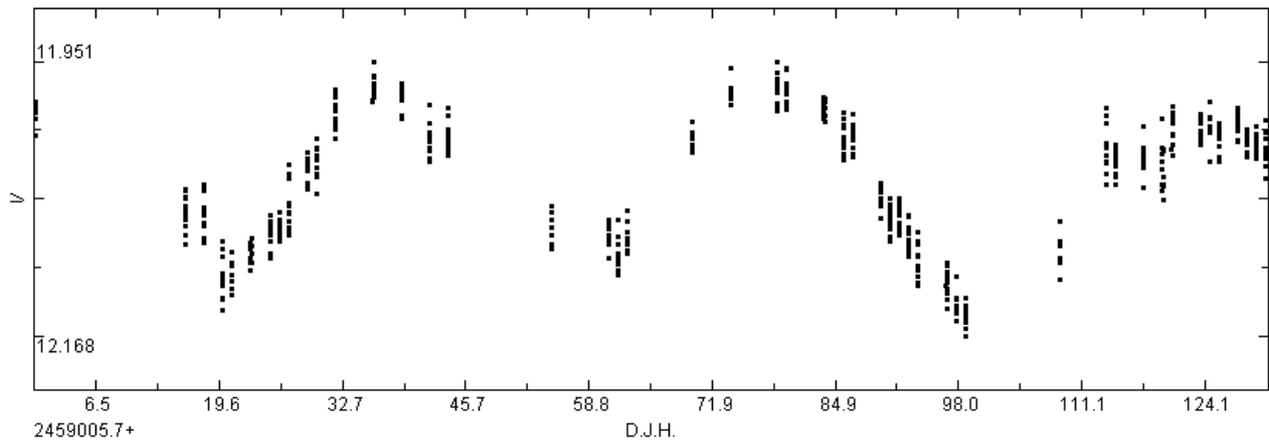
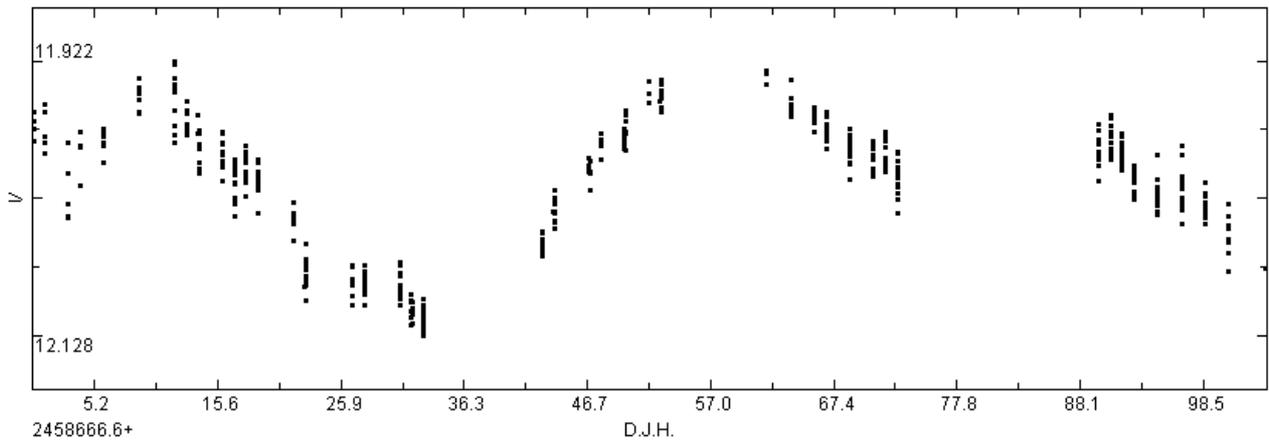
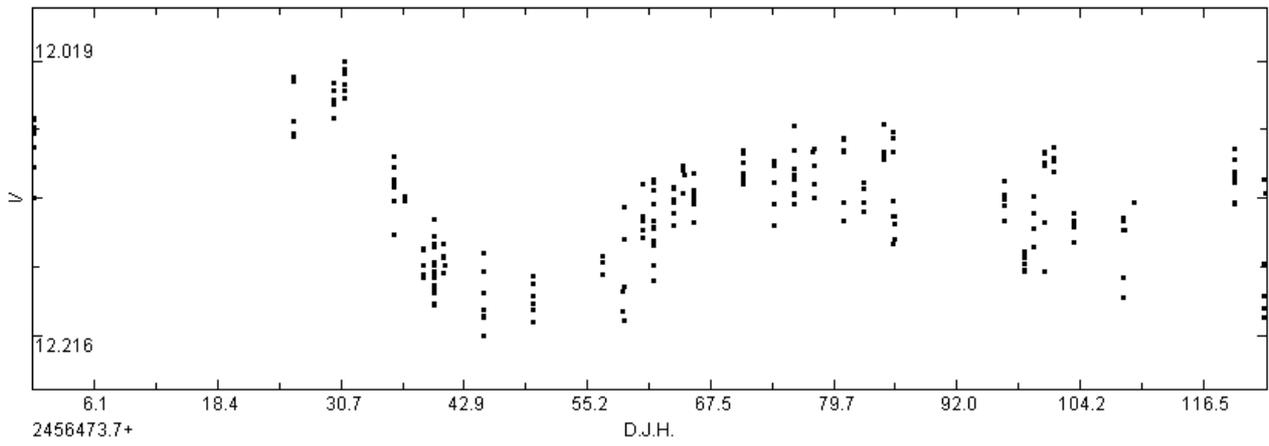


Tabla 3

Campaña	Puntos	Mag. V	Amplitud	Rango
2013	220	12,123 ± 0,041	0,197	12,019-12,216
2019	492	12,012 ± 0,047	0,206	11,922-12,128
2020	691	12,042 ± 0,050	0,217	11,951-12,168
2021	899	12,079 ± 0,056	0,260	11,968-12,228

Un rápido vistazo a la Tabla nos muestra que en las últimas tres campañas (2019-2021) su magnitud V media ha subido mientras que su amplitud se ha incrementado; este hecho tan curioso no es un error (debido a que trabajamos sin cuidado con un instrumento de pequeña abertura) ni un artefacto aleatorio; cuando analicemos las mediciones ASAS-SN obtenidas entre los años 2018 y 2021 veremos que es un hecho real y también se aprecia muy bien en ellas.

3. DETERMINACIÓN DE SU PERÍODO ACTUAL.

Los ficheros que contienen las mediciones fotométricas obtenidas en las distintas campañas se han abierto, examinado con el programa *A.V.E.* (Análisis de Variabilidad Estelar) y analizado con el periodograma de Scargle (1982) para determinar el o los posibles períodos: en todos los casos la búsqueda se ha realizado en el intervalo 10–100 días; los resultados se muestran en la Tabla 4 la cual incluye la campaña y los períodos obtenidos: P1 (el principal y más destacado de todos), P2 (secundario, algo menos importante), P3 y P4 siendo estos últimos menos notorios:

Campaña	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
2013	65,02	41,92	25,92	17,02
2019	51,52	76,36	37,78	13,26
2020	41,12	81,94	23,56	18,47
2021	66,29	33,62	13,46	16,95

el período oficial, tomado del *Catalogue of Variable Stars in Galactic Globular Clusters*, es igual a 33 días y corresponde al publicado por Osborn y colaboradores en su trabajo del año 2017 (es el llamado *best “period”* por estos investigadores). Al examinar la Tabla notamos que esta variable presenta un período principal comprendido entre los 41 y 66 días, uno secundario comprendido entre los 34 y 82 días, uno de menor importancia entre 13 y 38 días y finalmente otro más, apenas destacado, que es más corto y oscila entre los 13 y los 18 días (encontramos algunos otros, todavía más cortos, pero que ya no son significativos). Basta dar un vistazo a la Figura 2 para comprobar que cambia de brillo con períodos distintos, según la campaña: en 2020 presentó dos máximos entre los días 20 y 98 –corresponden a un ciclo de unos 41 días– mientras que en 2021 los ciclos duraron algo más de 60 días: nuestras mediciones sugieren que esta variable, como las demás Gigantes Rojas de Messier 13, probablemente pulsa con al menos dos períodos (y modos) distintos que modulan la forma y amplitud de su curva de luz de campaña en campaña. En la Figura 3 de la página siguiente mostramos los periodogramas obtenidos de nuestras mediciones: en 2013 el período era largo (65 días), se acortó en 2019 (52 días), volvió a acortarse en 2020 (41 días) para alargarse en el período estudiado del año 2021 (66 días)⁵.

⁵ Aunque la campaña fotométrica del año 2021 no ha terminado en el momento de escribir estas líneas (el día 12 de septiembre) sus períodos no pueden ser muy distintos a los presentados en la Tabla 4.

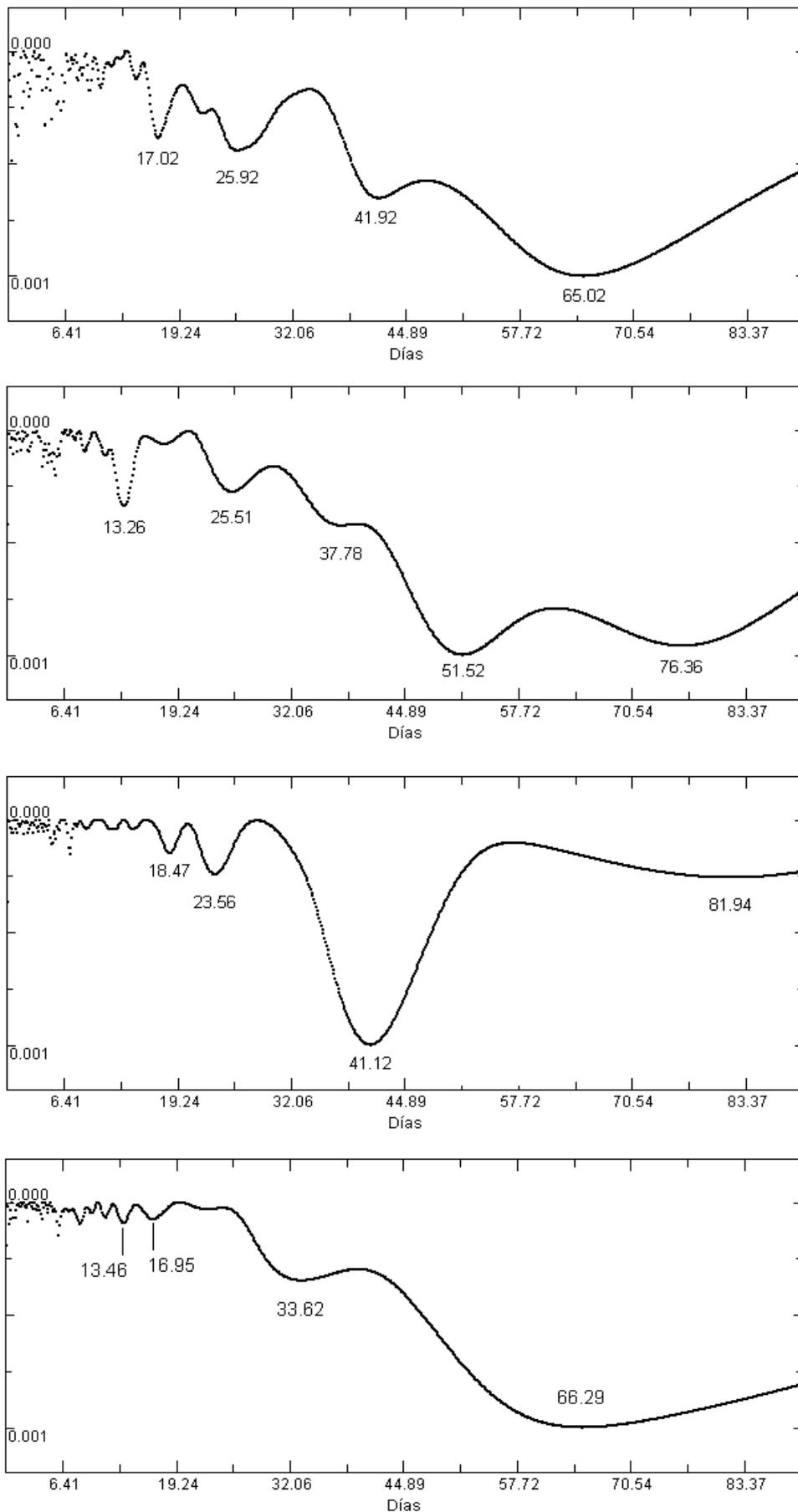


Figura 3. Periodogramas de cuatro campañas distintas: de arriba a abajo corresponden a 2013, 2019, 2020 y 2021.

Sin querer insistir más en que el período oficial es erróneo actualmente basta dar un vistazo a nuestras curvas de luz para comprobar que V33 pulsa con valores –distintos según la campaña– que son forzosamente más dilatados: la curva de luz del año 2021 es un ejemplo muy elocuente. De todos modos nos hemos tomado el trabajo de unir, en un único fichero, las 2.082 mediciones fotométricas capturadas en las tres últimas campañas (2019-2021) ya que son consecutivas; al buscar su período obtenemos un resultado muy interesante que mostramos en la Figura 4:

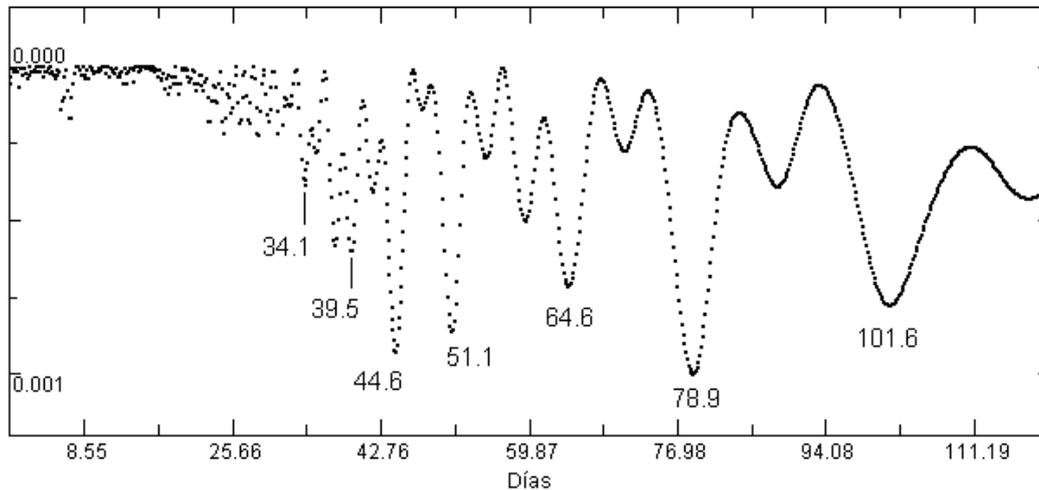


Figura 4. Periodograma obtenido al analizar las mediciones fotométricas de las tres últimas campañas (2019 a 2021).

el lector puede comprobar que el período más destacado es igual a ~79 días seguido por otro igual a ~45 días y un tercero, un poco menos notorio, igual a 51 días: todos los demás son ya menos importantes y apenas destacan; el que más se parece al oficial es igual a 34 días y aparece, por su escasa importancia, en octava o novena posición...

Para comprobar estos resultados recurriremos, como en trabajos anteriores (por ejemplo en el descubrimiento de la nueva variable V63), a examinar y descargar las mediciones ASAS-SN que ya empleamos con éxito. Antes de hacerlo hemos de mencionar que uno de nuestros lectores nos ha planteado una cuestión importante: ¿son realmente útiles las mediciones fotométricas obtenidas por telescopios robóticos (por ejemplo las de ASAS-SN)? Y si nos parecen útiles, ¿podríamos comparar las obtenidas por este sistema robótico en un par de campañas con las obtenidas por nuestro equipo en un período temporal similar? Para satisfacer su lógica curiosidad, y también la nuestra, hemos procedido a descargar las mediciones ASAS-SN obtenidas en los años 2020 y 2021 (hasta el instante de escribir este trabajo, lógicamente) y enfrenarlas a las nuestras, lo que mostramos en la Figura 5: en el panel superior aparecen las mediciones de los telescopios robóticos (tomadas en banda *g*) mientras que en panel inferior hemos representado las nuestras durante las mismas dos campañas en banda *V*. Dado que por motivos organizativos y laborales nosotros comenzamos a observar Messier 13 a finales de la primavera (mediados de mayo o incluso inicios de junio) una buena parte del tiempo en el cual el cúmulo es visible en el cielo nocturno no estamos obteniendo imágenes ni mediciones fotométricas: pese a todo podemos comparar el final de la primavera, todo el verano y parte del otoño hasta los meses de septiembre, octubre o noviembre dependiendo de la meteorología local. El lector podrá comprobar que en la campaña del año 2020 capturamos no sólo tres ciclos casi completos de la variable, sino que la extraña “nube” de puntos dispersos al final de la misma visible en las mediciones de ASAS-SN aparece también en nuestra curva de luz.

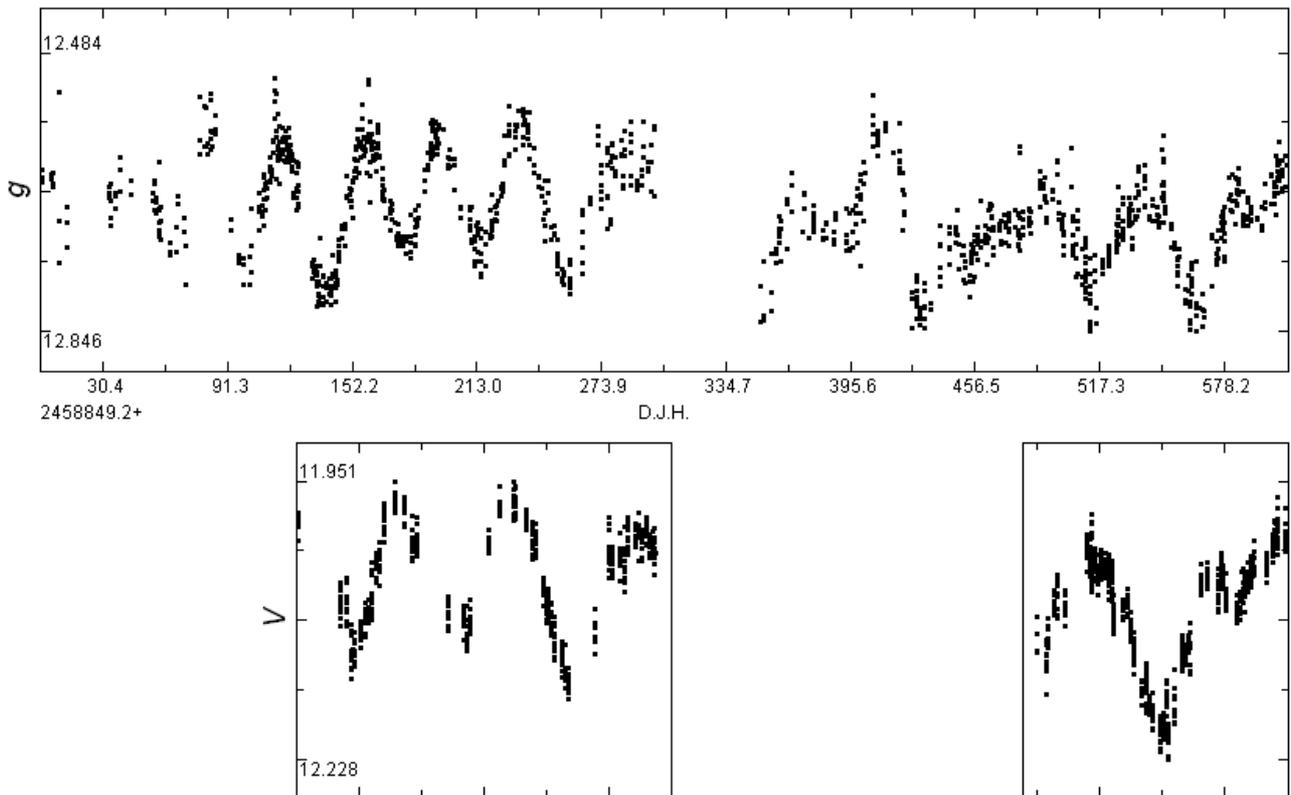


Figura 5. Curvas de luz obtenidas por el sistema robótico ASAS-SN en las campañas de 2020 y 2021 (hasta inicios de septiembre, panel superior) comparadas con las obtenidas por nosotros con nuestro equipamiento (panel inferior).

En la campaña de 2021, incompleta en ambas curvas de luz⁶, podemos apreciar los dos últimos máximos con una muy leve caída de brillo –casi al final de la misma– y posterior recuperación que es visible perfectamente en ambos conjuntos de mediciones. Una última observación: según nuestros datos el mínimo registrado al final de dicha campaña es más profundo que los tres mínimos del año 2020, algo que también se aprecia muy bien en las mediciones obtenidas por estos telescopios robóticos. La conclusión es clara: estas mediciones, si bien no son tan abundantes como las nuestras, son de mucha utilidad para cualquier trabajo fotométrico de larga duración.⁷

Existen mediciones fotométricas ASAS-SN de los años 2016 a 2018 pero son sólo tres campañas y las mediciones (994 puntos) fueron obtenidas en banda V ; hemos preferido descargar los datos de los años 2018 a 2021 –hasta mediados de septiembre– ya que son prácticamente cuatro campañas, coinciden con el período en el que hemos trabajado y podemos comparar los resultados aunque estas mediciones (2.386 puntos) fueron tomadas en banda g . Al abrirlas con $A.V.E.$ y representarlas (Figura 6) notamos una especie de “onda sinusoidal” que se extiende de un extremo al otro del gráfico: esta variable alcanza máximos brillantes y menos brillantes no siempre iguales en cada campaña. (Este mismo fenómeno lo comentamos en el último párrafo de la Sección 2 de la página 6). Es muy visible en la campaña de 2018 –la primera de dicha figura, a la izquierda del todo– en la cual el lector observa que cada máximo es más brillante que el anterior y cada mínimo menos profundo que el precedente, algo que también ocurre durante el año 2019; a partir de inicios de 2020 el fenómeno se invierte y cada máximo es menos brillante que el siguiente mientras que los mínimos son más y más profundos a medida que transcurren las semanas.

⁶ Le recordamos al lector que este trabajo se escribe y publica *antes* de que finalice la campaña del año 2021.

⁷ Estos telescopios tienen una apertura de 140 mm y un poder resolutivo inferior al de nuestro equipo pero, por el contrario, son capaces de obtener fotometría hasta la magnitud ~ 18 en bandas V y g .

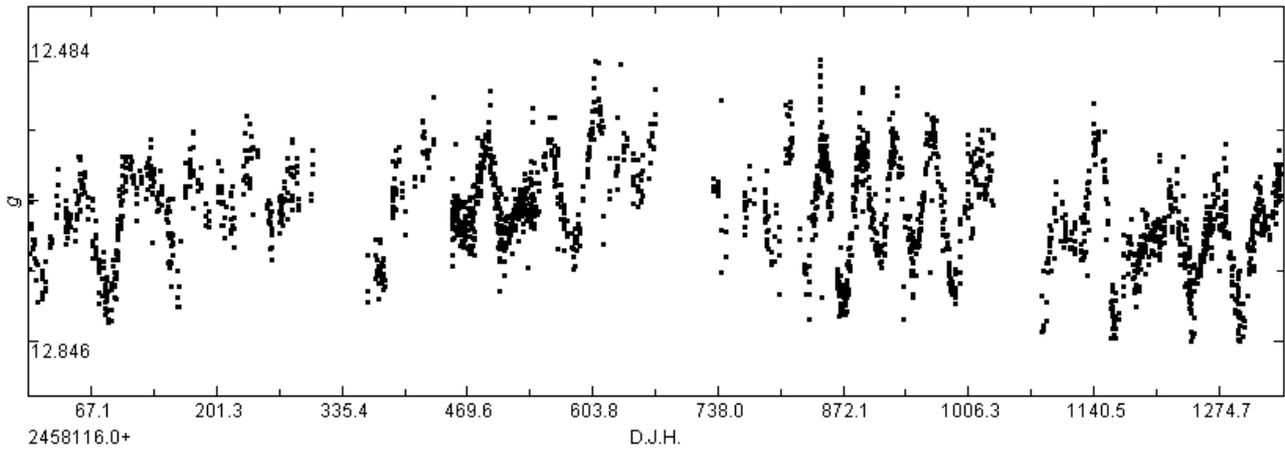


Figura 6. Curvas de luz obtenidas por el sistema ASAS-SN en las campañas de 2018 a 2021 en banda g: salta a la vista de inmediato la dispar altura y profundidad de sus máximos y mínimos de campaña en campaña.

Un segundo detalle, también muy notorio, es que se pueden apreciar las distintas pulsaciones de la estrella con detalle y no todas ellas tienen la misma duración, naturalmente: las dos visibles en el año 2018 son más “anchas” que las que se registran en el año 2020, algo muy visible en la Figura 5. Es más que evidente, como ya hemos mostrado a lo largo de este trabajo, que esta variable pulsa con varios períodos muy distintos; para saber cuál o cuáles han sido los dos o tres más destacados entre los años 2018 y 2021 hemos abierto y analizado estas mediciones con *A.V.E.* obteniendo el periodograma que mostramos en la Figura 7: el lector puede comprobar que el valor más destacado es próximo a ~36 días seguido de otro cercano a ~61 días, un tercero igual a 41 días y un cuarto igual a 72 días; los demás son menos destacados o muy poco marcados entre los cuales destaca uno, marginal, que es igual a 32,71 días y es prácticamente idéntico al oficial.

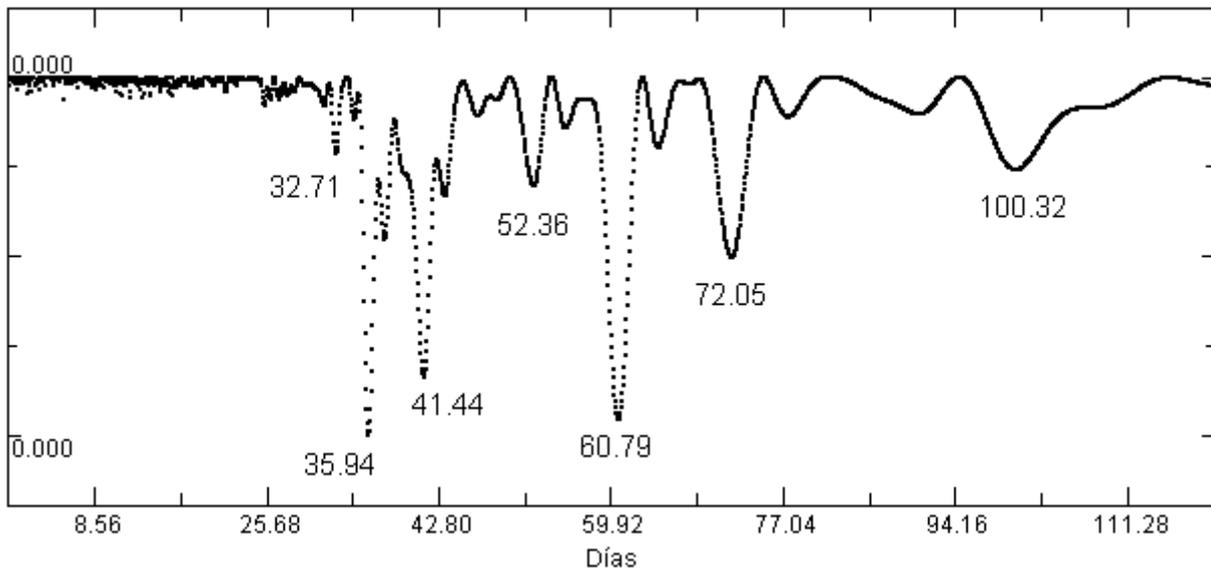
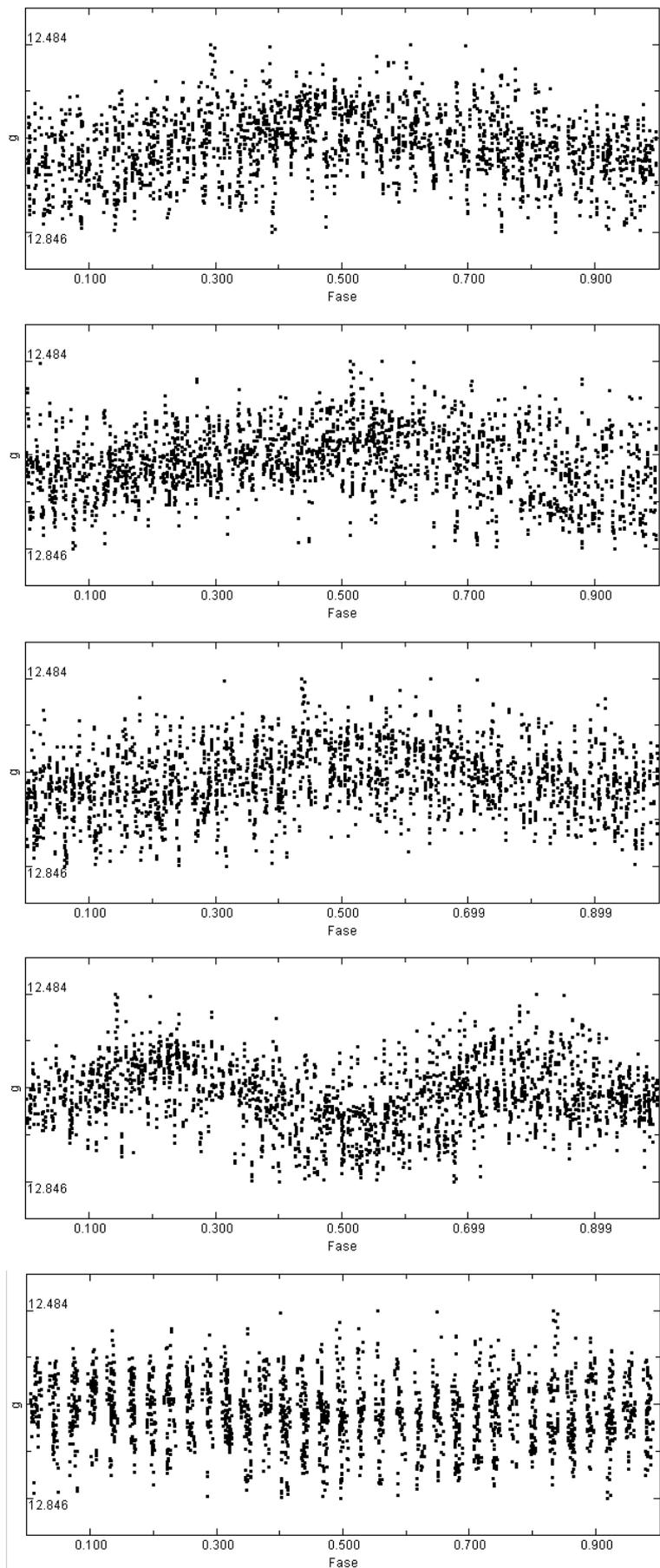


Figura 7. Periodograma de las mediciones ASAS-SN: el período más destacado entre los años 2018 y 2021 fue igual a ~36 días seguido por otro igual a ~61 días: el valor oficial (33 días) vuelve a aparecer entre los menos importantes.

Naturalmente deseamos saber si estos valores generan buenas curvas de luz: por ello hemos dibujado las 2.386 mediciones en fase con los cuatro períodos más importantes, lo que mostramos en la Figura 8 (junto a estas líneas): de arriba a abajo las curvas han sido dibujadas con un período igual a 35.94 días, 60.79 días y 41.44 días. La curva siguiente (la cuarta) presenta un aspecto muy extraño: se ha obtenido con un período igual a 72.05 días (que es el doble del principal) y en ella se aprecian con toda claridad dos máximos (es decir, dos ciclos completos) cada uno de los cuales tiene una duración de ~ 36 días y que es, precisamente, el período principal. La quinta y última curva, abajo del todo, no es más que un extenso galimatías de puntos sin sentido ni periodicidad en el que sólo con un exceso de imaginación, quizá alejando la página medio metro del lector, el ojo llega a percibir algo con un mínimo de sentido: como puede suponerse ha sido dibujada utilizando el período oficial (33 días); con todos estos datos a la vista podemos decir, sin miedo a equivocarnos, que por muy oficial que sea en realidad no produce ningún resultado (¡no al menos con estos datos!) y por ello no lo consideramos válido. Sobran los comentarios...⁸ El análisis de las 994 mediciones en banda *V* (de 2016 hasta 2018) arroja un período destacado que es igual a 62,20 días y dibuja una curva de luz bastante coherente; los demás períodos (53,49 días y 40,07 días entre los más importantes) no producen resultados de calidad ya que en ellos se aprecian dos, tres o más ciclos superpuestos. (Por cierto: uno de los períodos cortos, sin relevancia ni importancia alguna, es igual a 32,23 días).



⁸ Naturalmente todas estas mediciones fotométricas pueden solicitarse al autor vía correo electrónico.

4. POSICIÓN DE V33.

En varios trabajos anteriores (p. ej. Violat Bordonau 2013 y 2021) determinamos y tabulamos las posiciones de algunas estrellas y variables de Messier 13: fueron obtenidas a partir de cinco imágenes filtradas (en banda B Johnson) 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: registramos en cada una de ellas un poco más de 3.200 estrellas de todas las cuales obtuvimos sus coordenadas referidas al equinoccio 2000,0. Presentamos en la Tabla 5 las de la variable V33 determinadas con este procedimiento: las distintas columnas muestran la posición obtenida por nosotros, la determinada por Osborn (2000), la tabulada por Samus *et al.* (2009) y la ofrecida por SIMBAD (este astro no fue observado por Kopacki *et al.*, 2003):

Tabla 5

Violat Bordonau		Osborn		Samus <i>et al.</i>		SIMBAD	
16 41 50,25	36 24 15,3	16 41 50,32	36 24 15,6	16 41 50,31	36 24 15,7	16 41 50,30	36 24 15,5

al examinarla comprobamos que las tres últimas, consultables en SIMBAD, no coinciden entre ellas existiendo una diferencia de hasta 0,02 s en α y 0,2" en δ : nuestra posición difiere 0,06 s en α y 0,4" en δ de la de Samus y colaboradores (que son "accurate equatorial coordinates").

5. ÍNDICE DE COLOR $B - V$.

En un trabajo anterior (Violat Bordonau, 2021) presentamos en su Tabla 4 las magnitudes B y V medias e índices de color $B - V$ de algunas estrellas y variables del cúmulo, entre ellas V33, a partir de los cuales elaboramos un diagrama color-magnitud (Figura 3 de dicho trabajo): para ello utilizamos catorce imágenes filtradas, siete con el filtro B y otras tantas con el V , obtenidas en la noche del 10 de septiembre de 2020 con un catadióptrico de 203 mm de apertura y 2000 de focal; las fotografías se abrieron con el programa *FotoDif* y calibraron utilizando la estrella no variable L158 de magnitudes 13,874 B y 12,675 V según Stetson *et al.* (2019). En la Tabla 6 presentamos los valores obtenidos de V33; las distintas columnas muestran el Día Juliano Heliocéntrico en el que se adquirieron las imágenes, las magnitudes en banda B , el error y la relación señal/ruido en esta banda así como idénticos elementos (fecha, banda, error, etc.) en banda V :

Tabla 6

D.J.H.	B	\pm	S/R	D.J.H.	V	\pm	S/R
2459103,40505	13,711	0,015	72	2459103,39257	12,140	0,007	163
2459103,40678	13,731	0,018	60	2459103,39434	12,148	0,007	163
2459103,40837	13,753	0,016	70	2459103,39595	12,152	0,007	163
2459103,40997	13,715	0,015	71	2459103,39758	12,145	0,007	163
2459103,41155	13,703	0,015	70	2459103,39920	12,142	0,007	161
2459103,41323	13,717	0,015	71	2459103,40091	12,144	0,007	159
2459103,41484	13,718	0,015	71	2459103,40249	12,161	0,007	160

las magnitudes medias son iguales a $13,721 \pm 0,016 B$ y $12,147 \pm 0,007 V$ de donde el índice de color $B - V$ (esa noche)⁹ era igual a 1,574; Stetson la tabula con magnitudes 13,587 B y 12,094 V con un índice de color $B - V$ igual a 1,493.

⁹ Recordemos que es una estrella variable: las magnitudes B , V y el color cambian con el tiempo.

RESUMEN

Presentamos en este trabajo un estudio fotométrico de la estrella variable V33 (V1583 Her), situada en el cúmulo globular Messier 13, realizado a partir de las imágenes CCD adquiridas en las campañas de los años 2019 y 2020 a las que unimos las capturadas en 2013 y las obtenidas hasta mediados de septiembre de 2021; también hemos analizado las mediciones ASAS-SN en banda *g* obtenidas entre los años 2018 y 2021 (hasta mediados del mismo mes). El análisis de nuestras mediciones ha mostrado que esta estrella no tiene un período único, estable y bien definido, como ocurre con otras variables: encontramos que existe un período *corto* comprendido entre los 36 y 42 días, según la campaña, y otro *largo* entre los 52 y 66 días aproximadamente; utilizando los mismos se pueden dibujar buenas curvas de luz según la campaña. Períodos más dilatados (p. ej. 72 días) llegan a producir una curva con dos máximos o, si son mayores, incluso una mezcla de varios ciclos que se cruzan y entrecruzan. El valor oficial (33 días) no es correcto en el intervalo estudiado (2013-2021) ya que no es significativo en ninguno de los periodogramas que hemos obtenido ni produce ninguna curva de luz coherente. Las mediciones ASAS-SN, en banda *g*, obtenidas entre los años 2018 y 2021 sugieren una auténtica y clara modulación de la curva de luz en la cual los máximos van siendo más y más brillantes con el paso de las semanas, a la vez que los mínimos son menos profundos: llegado un cierto momento este fenómeno se invierte y mientras los máximos son menos brillantes los mínimos son más profundos; esto mismo se aprecia en las mediciones fotométricas que hemos obtenido entre los años 2013 y 2021: los datos muestran que su amplitud creció de campaña en campaña mientras la magnitud media ha decrecido constantemente entre los años 2019 y 2021. Todo nos sugiere que esta variable, como otras ya analizadas en trabajos anteriores, posee al menos dos períodos de dispar longitud que modulan (y modifican con intensidad) de año en año la forma y amplitud de su curva de luz.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido realizado utilizando los catálogos y bancos de datos de SIMBAD y VizieR (Centro de Datos Estelares CDS de Estrasburgo, Francia), ASAS-SN, NASA's Astrophysics Data System así como los diversos telescopios, las cámaras CCD y rueda de filtros fotométricos (*BVR_cI_c*) del Observatorio Astronómico *Norba Caesarina* de Cáceres (España).

REFERENCIAS

- Arp, H., 1955, AJ, 60, 317: [1955AJ.....60..317A](#)
ASAS-SN, Ohio State University, Dep. Astronomy: <https://asas-sn.osu.edu/>
Astroart: <http://www.msb-astroart.com/>
Cathey, L. R., 1974, Astronomical Journal, 79, 1370: [1974AJ.....79.1370C](#)
Clement, C. M., 2017, VizieR On-line Data Catalog: [2017yCat.5150....0C](#)
Cudworth, K. M., Monet, D., 1979, AJ, 84, 774: [1979AJ.....84..774C](#)
Deras, D. *et al.*, 2019, MNRAS, 486, 2791: [2019MNRAS.486.2791D](#)
FotoDif: <http://www.astrosurf.com/orodeno/fotodif/>
Heinze, A. N. *et al.*, 2018, Astronomical Journal, 156, 5, 241, 49: [2018AJ....156..241H](#)
Kadla, Z. I., 1966, Izvestiia Glavnoi Pulkove, 24, 93: [1966IzPul..24...93K](#)
Kopacki, G. *et al.*, 2003, A&A, 398, 541: [2003A&A...398..541K](#)

Ludendorff, H., 1905, Publ. Astrophys. Obs. Potsdam, Vol. 15, N° 50: [1905POPot..50....1L](#)
Mészáros, Sz. *et al.*, 2009, Astronomical Journal, 137, 5, 4282: [2009AJ....137.4282M](#)
NASA/ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/classic-form>
Osborn, W., Fuenmayor, F., 1977, Astronomical Journal, 82, 395: [1977AJ....82..395O](#)
Osborn, W., 2000, AJ, 119, 2902: [2000AJ....119.2902O](#)
Osborn, W. *et al.*, 2017, Acta Astronomica, 67, 131: [2017AcA....67..131O](#)
Samus, N. N. *et al.*, 2009, PASP, 121, 1378: [2009PASP..121.1378S](#)
Samus, N. N. *et al.*, 2017, Astronomy Reports, Vol. 61, pp.80-88: [2017ARep...61...80S](#)
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., 2013 (diciembre), web Casanchi: <http://casanchi.org/ast/astrometria01.htm>
Violat Bordonau, F., 2015 (julio), web Casanchi: <http://casanchi.org/ast/m13a01.pdf>
Violat Bordonau, F., 2021 (marzo), web Casanchi: www.casanchi.org/ast/fotometria2019202002.pdf
Watson, C. *et al.*, 2014, VizieR On-line Data Catalog: [2014yCat....102027W](#)
Welty, D. E., 1985, AJ, 90, 2555: [1985AJ....90.2555W](#)
VizieR Catalogue Service: <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>