

VARIABLES EN M13 LAS CEFEIDAS V2 Y V6

Francisco A. Violat Bordonau
Asociación de Variabilistas de España
Asesores Astronómicos Cacereños
violat@olanet.net

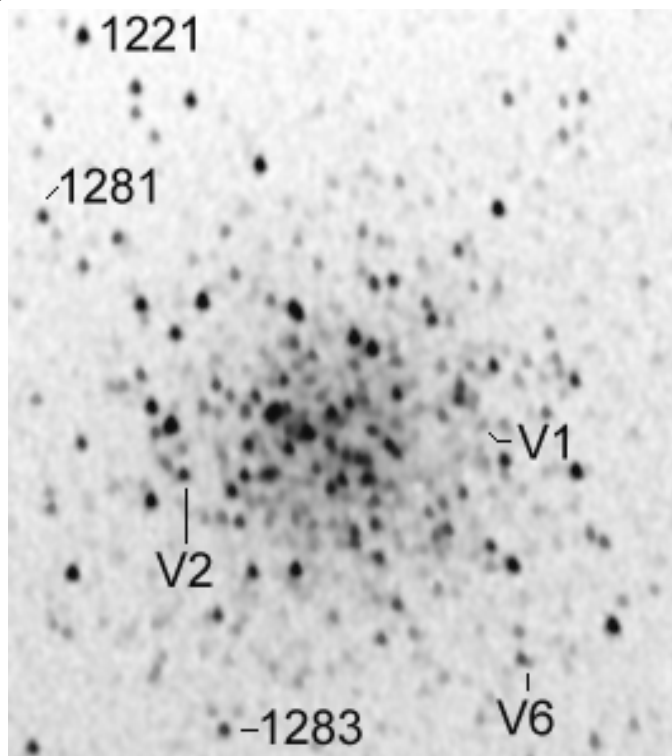
Toni Bennasar Andreu
Asesores Astronómicos Cacereños

En este artículo nos proponemos exponer los resultados obtenidos al estudiar dos variables cefeidas de M13, mostrando las curvas de brillo obtenidas a lo largo de un amplio período de tiempo (junio-octubre de 2001) y comparándolas con las realizadas por los profesionales.

Parece ser que las primeras variables descubiertas en M13 lo fueron por Bailey en 1898, comparando entre sí varias placas fotográficas. En 1900 E. E. Barnard llama la atención sobre el anormal color de sus componentes al estudiar placas fotográficas: según su trabajo las estrellas del cúmulo son o azules o amarillentas. En agosto del mismo año da a conocer el 'descubrimiento' (pues ya se conocía) de una pequeña variable, la cefeida V2, la cual siguió durante más de un año (de agosto de 1899 hasta agosto de 1900) con lo cual logra deducir su período que cifra en 5 días, 2 horas y 24 minutos (5.10 d) con una oscilación de brillo de 1 magnitud entera. Es de suponer que continuaría trabajando sobre el tema porque en el año 1909, en un artículo que trata del color de algunas estrellas de M13, dice que ha medido los períodos de dos de sus variables y cifra en 5.1 (V2) y 6.0 días (V1) respectivamente, aunque él las nomina según el obsoleto catálogo de J. Scheiner (tal como aparecen en su trabajo *Der Grosse Sternhaufen im Hercules Messier 13*) con los números 216 y 630, constatando que ambas son azuladas. Los mismos períodos (5.1 y 6.0 días) aparecen de nuevo en su artículo de mayo de 1914.

Todavía en junio de 2000 el número de cefeidas catalogadas en M13 es excesivamente bajo, ya que sólo hay citadas 3: las ya mencionadas V1 y V2 además de V6; en estas dos últimas hemos centrado nuestros trabajos fotométricos en la campaña de 2001, primero uno de nosotros en solitario como pionero (Violat) y luego ambos con algo más de *soltura* en el tema, aunque todavía podemos mejorar mucho...

Dado que jamás me había dedicado a la fotometría con CCD, ni muchos menos al seguimiento de variables en cúmulos globulares, prácticamente me tuve que *inventar* todas las técnicas de trabajo y los métodos a utilizar con el software **IRIS**, de Christian Buil (puede conseguirse en la dirección www.astrosurf.com/buil): desde la elaboración de un cuadrante de trabajo -en el cual ir reflejando correctamente las mediciones tomadas- al orden que seguiría a la hora de medir brillos, pues sien-



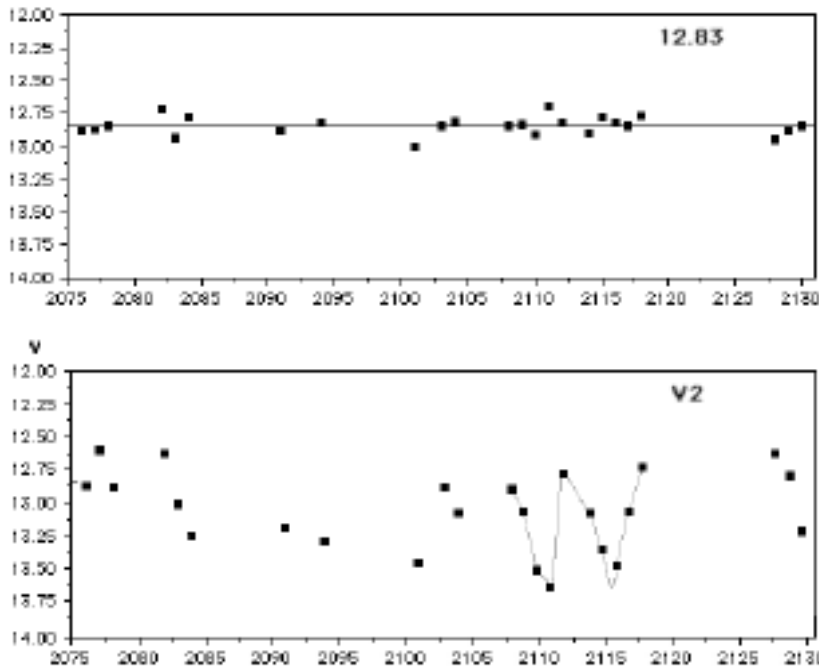
Localización de las cefeidas V2, V6 y V1, así como las estrellas de comparación empleadas en el trabajo (F. Violat).

do varias las estrellas a seguir podía aprovechar su cercanía a los astros de referencia para *minimizar* recorridos y optimizar los movimientos del puntero sobre la imagen (para medir brillos) a fin de tardar lo menos posible.

Al final no sólo pusimos a punto un cuadrante (que contenía un listado de las variables, el nombre de la imagen que habíamos utilizado, las constantes de brillo, las fechas con el DJ y fracción de día), sino que a medida que lo fuimos utilizando lo mejoramos poco a poco, añadiendo nuevas casillas en las que reflejar aquellas condiciones que pudiesen haber afectado en las mediciones.

Al principio mi programa de trabajo se ceñiría a las 5 ó 6 variables más brillantes del tipo *gigante roja* (semirregulares); sin embargo había una cefeida (la estrella V2) que podía ser estudiada fácilmente en todo su ciclo de modo que también la incluí en mi proyecto. Como no tenía experiencia alguna en fotometría CCD se me ocurrió emplear 3-4 estrellas del campo (de las cuales no tenía noticia alguna de variabilidad pero conocía tanto su magnitud V como el índice B-V) que podría utilizar como *test* a la hora de medir la dispersión de los datos y de ellos la bondad o validez de las mediciones obtenidas.

Y empecé a trabajar en solitario: al principio me costó un par de noches coger el truco a **IRIS**, el potente software recomendado por la A.V.E. para la tarea, pero enredando con mis imágenes, con la ampliación, el brillo, contraste y el manejo del puntero para buscar los *fotocentros* estelares llegué a adquirir bastante *soltura*; las mediciones de variables y presuntas variables comenzaron a ser pasadas fácilmente al cuadrante, así que pensé



Curvas de brillo de la estrella de mag. **12.83** (arriba) y **V2** (abajo): se aprecia claramente la baja dispersión de las medidas en la estrella de referencia (centrada en torno a la mag. 12.83^a), lo que indica claramente que **no** oscila de brillo; por contra V2 muestra una dispersión muy acusada (1.052 magnitudes).

ni imaginado... Así al comparar las medidas de la estrella de control **12.83** (de esa magnitud visual) con **V2** apreciamos que mientras la primera apenas si se aparta de la magnitud 12.8^a una décima arriba o abajo, la segunda no está quieta en ningún momento; el por qué de este comportamiento se debe a que realmente **es variable** (aproximadamente 3 ciclos de la misma aparecen marcados a mano con una línea gris: una bajada de brillo, un ciclo completo y una subida de brillo).

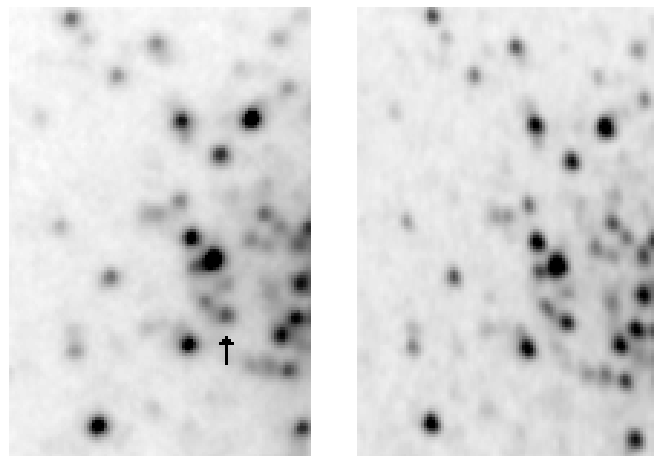
en ampliar el número de estrellas que seguiría (en cada imagen aparecen entre uno y dos centenares de astros, buena parte de los cuales no pueden ser medidos correctamente al tener a su alrededor diferentes estrellas casi pegadas; otros, por el contrario sí pueden serlo y a ellos nos dedicamos en esta campaña): también se me ocurrió ampliar el número de *estrellas de control* que subieron a las 6 que ahora sigo (las he denominado con los nombres *S1* a *S6*, utilizando la *S* como abreviatura de *Star*), así como chequear también tres estrellas de brillo constante (magnitudes 12.10^a, 12.25^a y 12.83^a) en las cuales comprobar la bondad de las mediciones o los efectos de la turbulencia, el polvillo, los cirros y verificar si, como se cree, no varían en absoluto... Al final hemos llegado a medir las magnitudes de **26 estrellas**, de las cuales 2 han sido de referencia (para calibrar el software), 6 de control y el resto variables o *presuntas* variables.

Cuando comencé a introducir las magnitudes en un programa estadístico (para generar curvas con estos datos) noté algo sorprendente: por lo general la dispersión de las medidas era bastante reducida, oscilando entre las 0.1 y 0.3 magnitudes como máximo, aunque había una estrella que presentaba una dispersión de ¡1.05 magnitudes!: **V2**. Tras mi primera sorpresa (pensé que estaba midiendo mal) comprendí el por qué de este misterio al representar en un gráfico y comparar las diferentes mediciones noche a noche: en primer lugar apreciamos la **calidad** de las medidas (por medio de la dispersión obtenida) y en segundo lugar la **variabilidad** de esa estrella, pues si no lo era la dispersión habría sido pequeña (hasta 0.3 magnitudes) pero variaba y su rango de oscilación era superior a 0.3 magnitudes (como **V2**) la dispersión mostraría el rango de oscilación (1.05 magnitudes en el caso de **V2**); un hecho que se hizo de notar él solo y una nueva técnica que yo no había

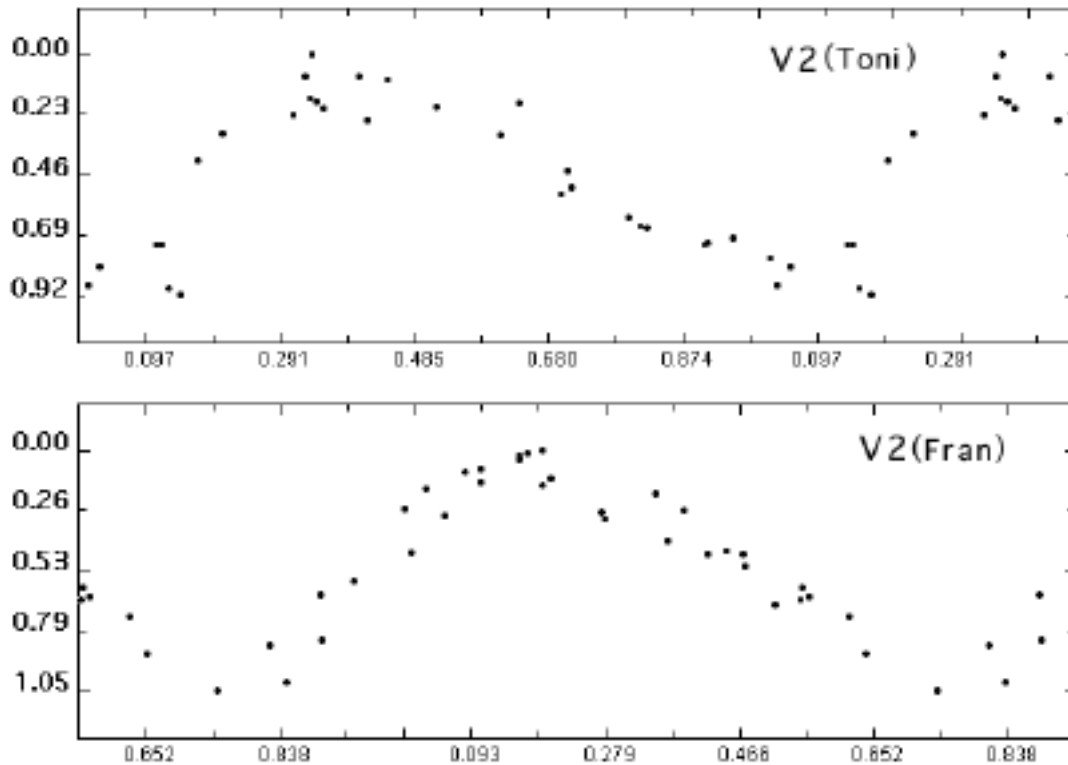
A medida que comencé a tomar más y más mediciones (olvido decir a qué hora: las 5 de la madrugada en las primeras semanas, las 4 de la madrugada más tarde conforme el cúmulo se iba desplazando al oeste y las 2 a mediados de agosto) noté que las mediciones de las variables semi-irregulares rojas no parecían indicar cambio alguno (fuera de la típica pequeña oscilación debida a la dispersión de las mediciones), mientras que si representaba en un diagrama el comportamiento de la cefeida **V2** se apreciaba que ésta oscilaba rápidamente.

En el seno de la *Asociación de Variabilistas de España* (A.V.E.), a la cual pertenezco, se inició en julio una colaboración con el *Grupo de Estudios Astronómicos* (G.E.A.): pues bien, fruto de ello fue la posibilidad de proponerles el estudio conjunto de una o más estrellas; así lo hice: propuse a la A.V.E. el estudio serio de la cefeida **V2** y esto mismo hice con el G.E.A. La respuesta de Josep María Gómez fue descorazonadora: "No es posible ya este año, quizá para el siguiente".

Ya que en la A.V.E. prácticamente nadie, salvo



V2 cerca de su mínimo (izquierda) y máximo (derecha), en imágenes digitales tomadas en agosto del 2001 (F. Violat).



yo, podía o quería seguirla constantemente y que en el G.E.A. no tenían tiempo disponible en sus telescopios (trabajan intensamente en la búsqueda y estudio de nuevas variables), opté por ser yo el único que la siguiese de modo constante y permanente, armándome de paciencia y valor para continuar levantándome a las 4 de la madrugada y así poder tomar imágenes digitales.

Empecé a utilizar el software *AVE*, del G.E.A., con el cual sometí a análisis mis pocas observaciones de V2: pese a disponer sólo de 10 datos la potencia del programa me informó del período aproximado de la estrella (entre 5 y 5.5 días), a la vez que me representaba su fase; al ir ampliando el número de medidas a 15 y 20 posteriormente quedó claro que su período estaba entre 5.11 y 5.13 días (el correcto es, o era en 1976, 5.110939: es posible que haya cambiado). El resultado me dejó más que asombrado ya que no sólo era correcto, sino que parecía querer animarme a que continuase en esa línea de trabajo... remití la curva de brillo, la fase, el periodograma obtenido con el software del G.E.A al mismo G.E.A. con la intención de animarles; el resultado fue el mismo: era imposible distraer la atención de los telescopios este año...

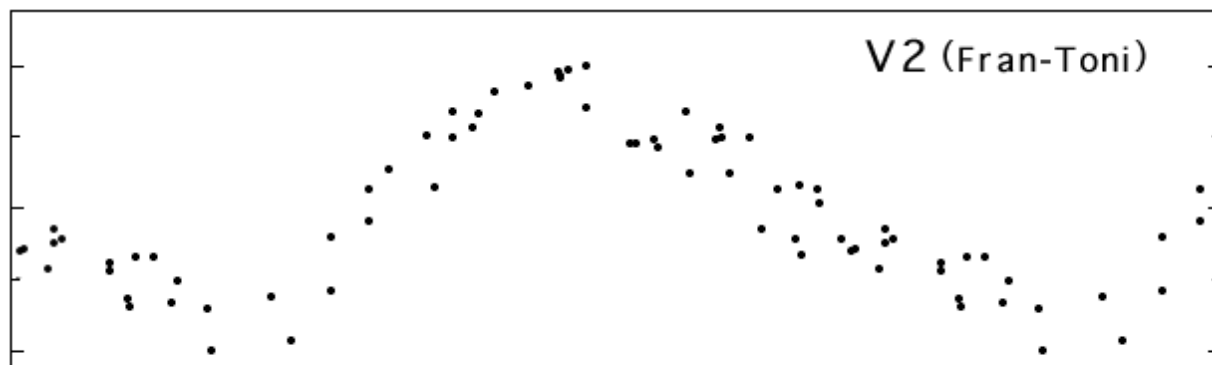
Desanimado, ya que mis propios compañeros no confiaban en mi optimismo, decidí contactar con aficionados a la tecnología CCD que pudiesen tomar imágenes, las cuales me enviarían con la intención de medirlas y sacar de ellas nuevos datos que complementasen a los míos; Toni Benasár Andreu, desde Palma de Mallorca, se ofreció para ayudarme y gracias a sus imágenes digitales (tomadas con un catódico de 305 mm de apertura) las mediciones pronto abundaron.

Juntos, él trabajando 2-3 horas antes que yo, hemos logrado obtener un número de puntos lo suficientemente elevado como para elaborar una curva de la variable V2 bastante completa, ya que hemos contado con **65** medidas (35 más y 30 suyas) entre el 15 de junio y el 12 de octubre de 2001: al estudiarla a fondo vemos que corresponde, sin duda alguna, a una cefeida cuyo período ciframos en 5.109 días con un rango de oscilación de brillo de 1.052 magnitudes en luz integral.

¿Cómo sabemos que es una variable del tipo cefeida y no de otro tipo?: en primer lugar por el índice de color **B-V** ya comprobado en el artículo anterior (al utilizar filtros de color aparecía como un astro caliente); además el período tan largo (superior a 2 días) descarta que sea una estrella RR Lyr mientras que es mucho más corto de lo que sería una gigante roja (35 a 90 días las de M13). Finalmente nos queda la curva de brillo, típica de una cefeida: luego es una cefeida.

Los datos profesionales dicen que V2 pertenece al tipo **W Virginis** (estrellas variables cefeidas de Población II), oscila de brillo con un período de 5.110939 días (Osborn, 1969; Pike y Meston, 1976) con un rango de 1.26 magnitudes en luz azul (Osborn, 1977) pero sólo 0,99 magnitudes en el visual (Demers, 1970).

Al representar los datos de Toni y míos independientemente (ya que los telescopios y CCDs son muy diferentes) pudimos determinar las curvas de brillo según cada autor y equipo, con sus rangos de oscilación y períodos; en el esquema adjunto apreciamos que las curvas son esencialmente idénticas mostrando la típica asimetría entre la subida y la bajada de brillo, además de que el rango de oscilación es de 0.923 magnitudes (Toni) y



Curva de V2 empleando 57 medidas. Período: 5.1098 días.

1.052 magnitudes (Fran), una diferencia de apenas 0.129 magnitudes: la dispersión en las mediciones estuvo en torno a las 0.2 magnitudes como máximo, un valor típico en el de muchos trabajos profesionales (Demers, Meston, Osborn...).

Utilizando separadamente ambos conjunto de datos pudimos determinar el período y el rango, los cuales nos quedaron así:

	amplitud	período
Toni:	0.923	5.0436 d
Fran:	1.052	5.1332 d
Ambos:	1.052	5.1097 d

El error en el período era de 0.0673 d para Toni y 0.0222 d para mi pero sólo 0.0012 d en los datos conjuntos: todo un éxito. Comparemos ahora los datos de los trabajos profesionales:

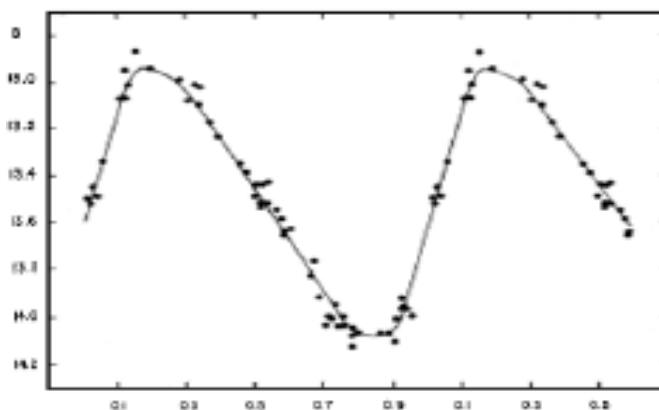
	año	amplitud	período
Barnard:	1900	1.000	5.10 d
Osborn:	1969		5.110939 d
Demers:	1970	0.990	5.110939 d
Pike-Meston:	1977	0.760	5.110939 d
Osborn:	1977	1.260 azul	5.112 d
Nosotros:	2001	1.052	5.1097 d

lo que nos pone ya casi a la altura de los profesionales que nos han precedido...

¿Por qué al medir noche a noche **no** obtenemos las mismas magnitudes, en vez de medir valores ligeramente diferentes?; la respuesta depende de su ciclo: como emplea 5.110939 días en pulsar observando a intervalos de 24 horas (cada noche) al cabo de un ciclo entero habrá sufrido un desfase de 0.110939 días que son 2,66 horas... por es al cabo de una o dos semanas vemos que los puntos que corresponden a la magnitud de cada jornada no coinciden con los anteriores. ¿Cuánto tiempo se precisa para que el desfase sea total y vuelva a su punto inicial?: con una diferencia de 0.110939 días por ciclo se necesitarán entonces:

$$1: 0.110939 \text{ d} = \mathbf{46.0698 \text{ días}}$$

de modo que al cabo de **9 ciclos** volveremos, casi exactamente, a observar el mismo punto de su



Curva de V2 (luz azul) según Osborn y Fuenmayor (1977).

curva de brillo que estudiamos el primer día. Esto nos demuestra que (como se suele decir en Matemáticas) **5 días son necesarios, pero no suficientes** para obtener una completa curva, ya que siempre es deseable hacerlo durante 46 días o más...

Se me ocurrió contactar con el Dr. Wayne Osborn, autor de un artículo a partir del cual pude elaborar las cartas de M13 y busqué en Internet alguna página personal: al poco encontré una y le escribí a la dirección electrónica que allí aparecía. Después de la carta de presentación (en mi pobre inglés) me contestó muy simpático:

"Por suerte, viví unos años en Venezuela y puedo entender español. Ud. puede escribir en español, si quiere."

lo cual fue un consuelo, ya que me hubiese costado trabajo hacerme entender correctamente; también me orientó sobre los trabajos a efectuar:

"There are two important projects on the M13 variables that can be done with instruments such as you describe

1. Make observations for a period of several months of the bright red variables (these stars vary with periods of 40-90 days, yet most of the observations to date have no covered a full cycle)

2. Observe the short period variables and determine from the light curves the times of maxima. These data are needed to further investigate period changes for these RR Lyrae and Cepheids.

I am willing to help as much as I can. I have

several good photographs of the cluster with the stars identified. I would be interested to see your chart. Wayne Osborn"

lo cual me dejó totalmente confundido a la vez que dichoso, puesto que la última frase era muy clara: "Estaría interesado en ver su carta". Así que en mi siguiente mail se la remití junto con una curva preliminar de V2 y mis primeros resultados con las variables gigantes rojas, a la vez que le enviaba datos sobre mi método de trabajo, la dispersión en las medidas y mis ideas. Sin embargo pasaron varias semanas sin respuesta: pensé que la habría visto y se habría carcajeado porque estaba equivocada, o no serviría, o incluso sería motivo de burlas hasta el Día del Juicio... Finalmente me contactó de nuevo, excusándose por haber estado fuera unos días; decía lo siguiente:

"I have reviewed the chart. All of the stars are identified correctly. I note, however, that the star a little south of the center of the cluster, marked 1202, is L629 and the star east of the cluster center marked 1210, which is L940, are probably variables. These stars should not be used as comparison stars."

¡Caramba, mi carta era perfecta! Ni en mis mejores sueños hubiese imaginado llegar a elaborar un trabajo similar, confirmado por uno de los mayores expertos mundiales en variables en cúmulos globulares; pero la carta continuaba así:

"From your results and looking at the image that you sent (chart "a") I would make the following suggestions about work on M13 for you and your colleagues:

1. If possible, observe with a filter. You will probably want to use the V filter. The B filter would be better, because the the short period variables are bluer stars and longer-period ones have a greater range in B than in V, but many CCD cameras are most sensitive in the red and the B images require much longer exposures. I do not know what the exposure times would be for your CCD system.

2. Continue the measures of Variable 2. Your measured range indicate that you will be able to obtain a good light curve for this star. This is important for studying the period changes. I would very much like to see your results (JD and mag) for this star.

3. The following stars are known longer period variables and it would be worthwhile to measure their magnitudes over a 90-120 day period: V11, V17 (L973), V24 (L598), and V20 (L70). Stars V33 (L954), V19 (L194), L629 ("1202"), L414, V15, and V18 (L72) are also variable, but have smaller ranges and are more difficult to study.

4. Stars L222, L240, L261, and L258 have been mentioned as variables, but several recent studies indicate they **do not vary**. I would not spend time on these stars. Your results for L773 indicate possible variability, but two other studies

have not found any variation. Your results are probably due to it being somewhat fainter than the other stars.

5. V6 has a close comparing star ("1307"). If you observe with a B filter, you may want to measure the two stars together for your photometry and see if you can still see the variations caused by V6.

6. I believe V1, V5, V7, V8 and V9 are outside the range of your equipment.

I wish you good observing. Please keep me informed about your results. Wayne Osborn."

Es decir, nos remitía los siguientes consejos:

-observar, dentro de lo posible, con un filtro B: de este modo podríamos determinar mejor las oscilaciones de brillo de las variables calientes (del tipo RR Lyr y cefeidas).

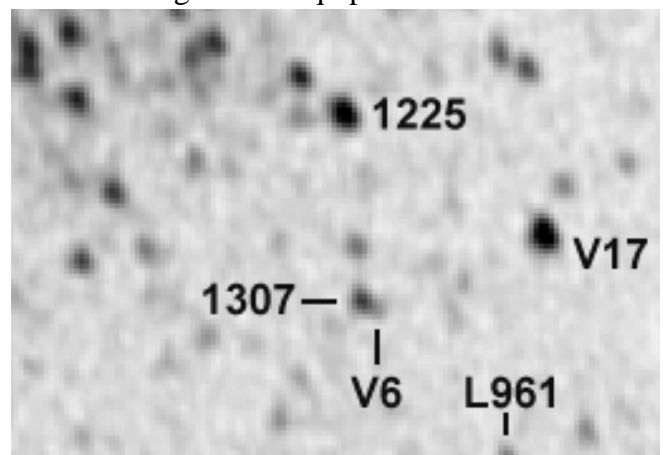
-continuar las mediciones sobre V2, ya que de mis resultados provisionales se deducía que podía seguirla perfectamente y determinar una buena curva de brillo, lo cual era importante para apreciar cualquier cambio en su período, a la vez que se mostraba muy interesado en ver mis resultados (expresados en forma de Día Juliano, fracción de día y magnitud).

-estudiar un conjunto de variables rojas que citaba (con períodos de 90-120 días); nos informaba de que ciertas estrellas -V33 (L954), V19 (L194), L629 ("1202"), L414, V15 y V18 (L72)- presentaban oscilaciones de brillo muy pequeñas, por lo que serían difíciles de detectar.

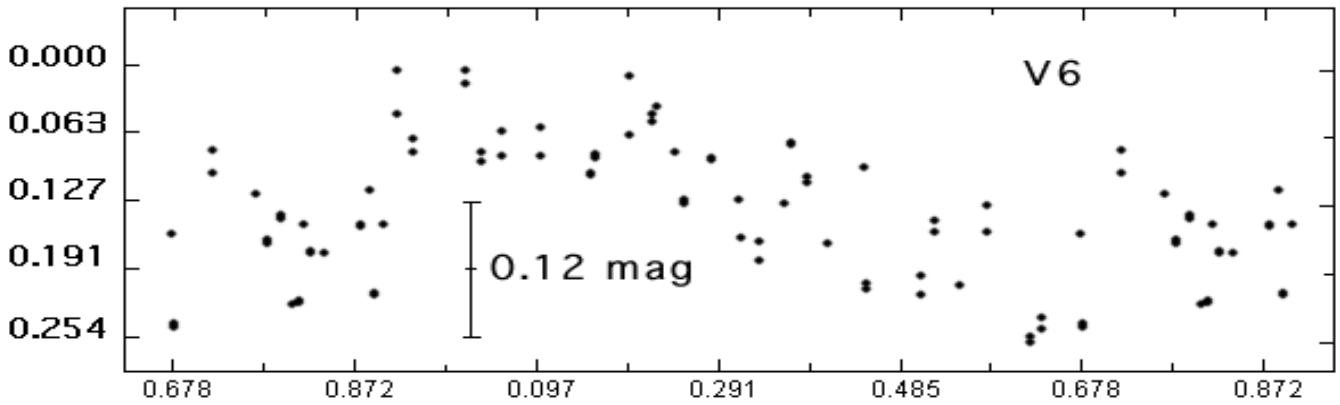
-no perder más el tiempo en ciertas estrellas que se ha comprobado que **no son** variables, tales como L222, L240, L261 y L258.

-estudiar la cefeida V6, situada junto a una estrella de brillo más alto (13.07^a magnitud) y medir con un filtro B el brillo conjunto, para observar de este modo las oscilaciones causadas por la propia V6 (su período es de 2.112867 días).

-me comentaba que, en vista de mi magnitud límite (15^a) pensaba que no podría estudiar las estrellas V1, V5, V7, V8 y V9 puesto que estaban fuera del rango de mi equipo.



La cefeida V6, muy pegada a una estrella algo más brillante. (Francisco A. Violat, agosto de 2001 con SC-203 mm.)



Curva de brillo de V6, realizada con nuestras mediciones conjuntas (F.Violat y T. Bennasar).

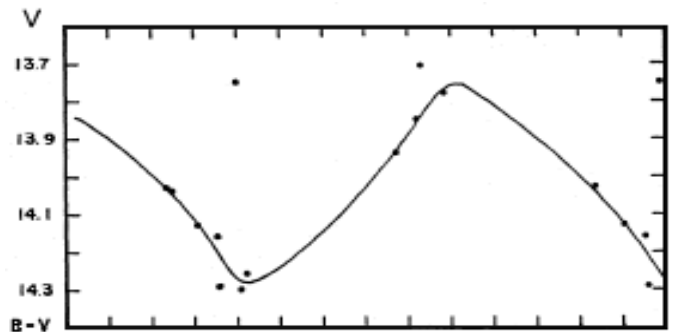
Y terminaba su carta deseándome buenas observaciones, a la vez que reiteraba su interés por ver mis resultados.

Con todo esto no pudimos por menos que continuar trabajando redoblando nuestros esfuerzos: no todos los días uno recibe tal *inyección moral* al saber que los resultados que llamamos provisionales no lo son tanto, porque son válidos del todo, sino que las técnicas que emplemos, los errores, los límites en el trabajo y las dispersiones en las mediciones son válidos para determinar (en el caso de V2) una buena curva de brillo y un posible cambio en su período.

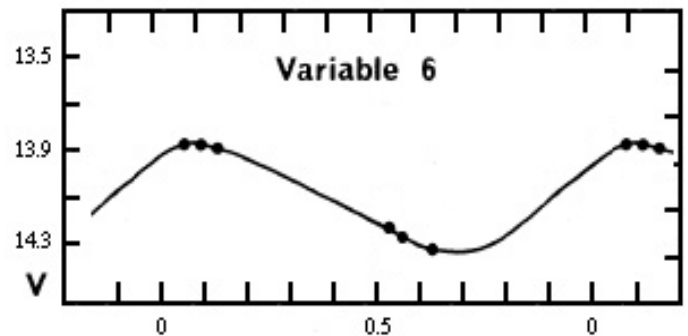
En vista de los resultados anteriores tan prometedores nos animamos a estudiar V6, una cefeida bastante brillante (13.71^a-14.33^a magnitud visual) y de corto período (sólo 2.112867 días) perteneciente también al tipo W Virginis, subclase BL Herculis. Por su magnitud y amplitud debería ser fácil para nuestros equipos: lamentablemente está muy pegada a una estrella de magnitud 13.07^a, tal como puede apreciarse en la ampliación de una de mis mejores imágenes, tomada con una focal de 2 metros. Es fácil de identificar al aparecer cercana a la brillante variable roja V17, inmediatamente al norte de una estrella rojiza de magnitud 12.25^a (levemente variable según el Dr. Osborn, en comunicación personal al autor).

Como es natural las mediciones en este caso son delicadísimas de tal forma que, en un principio, descarté seguirla (¡hubiese necesitado una focal de 3 a 4 metros!); sin embargo el mail del Dr. Osborn me ayudó a decidirme a medir nuestras imágenes con el máximo de cuidado, obteniendo en este caso la *magnitud conjunta* de ambos astros y apreciando su oscilación de brillo: la curva de luz nos ofrecería el leve ascenso-descenso de la cefeida perceptible sobre la magnitud de la estrella más brillante (que se supone no variable en absoluto, con lo cual su flujo de luz es permanente y no afecta, para nada, a las mediciones obtenidas).

En total hemos obtenido nada menos que 75 mediciones de magnitud válidas (58 de Toni y 23



Curva de brillo de V6 obtenida por S. Demers (en 1971).

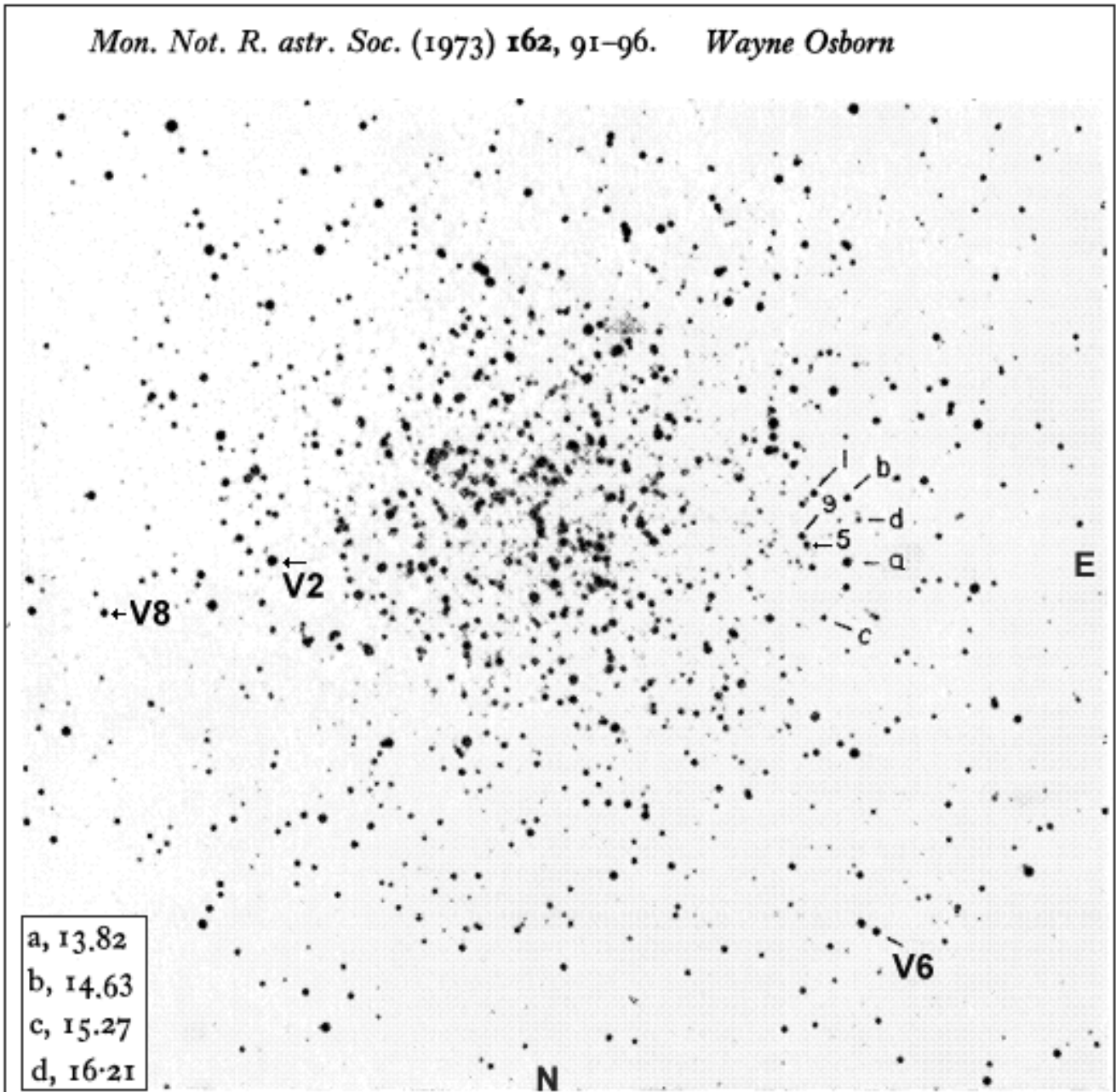


Curva de brillo de V6 obtenida por Pike y Meston (en 1977).

mías), aunque siempre sin perder de vista que es un astro difícil, no tanto por su rango de oscilación sino por su cercanía a una estrella mucho más brillante. Veamos a continuación los datos profesionales sobre la misma:

	año	amplitud	período
Osborn:	1969		2.112867 d
Demers:	1970	0.59	2.112867 d
Pike-Meston:	1977	0.46	2.112867 d
Osborn:	2000		2.11 d
Nosotros:	2001	0.254	2.0787 d

Utilizando separadamente ambos conjuntos de datos (ya que nuestras aberturas y cámaras digitales son distintas) pudimos determinar de nuevo tanto el período como el rango de oscilación de



brillo, los cuales nos quedaron de este modo:

	amplitud	período
Toni:	0.254	2.0784 d
Fran:	0.213	2.0762 d
Ambos:	0.254	2.0787 d

aquí, al contrario que en V2, son mis mediciones las de menor calidad (esto se debe a que mi focal es más reducida que la del instrumento de Toni y, por tanto, discrimino peor las oscilaciones de brillo de la cefeida): pese a todo de las medidas se obtiene una curva de luz que se ajusta bien a un período de 2.0787 días en vez de los 2.112867 días esperados; el error en este caso es de 0.034167 días (49 minutos 12 segundos), lo cual no está pero que nada mal teniendo en cuenta su enorme dificultad; a modo de comparación he insertado una barra de error con un tamaño de 0.11

Carta para la localización de las variables cefeidas V2, V1 (sobre las RR Lyrae V9 y V5) y V6 (Osborn, 1973).

magnitudes que permite comprobar la dispersión de las mediciones: se observa que, en general, las medidas (salvo excepciones provocadas por noches polvorientas o muy turbulentas) están dentro de la curva de brillo esperada y dibujan bastante bien todo el ciclo de la estrella. (No tenemos más que mirar la curva obtenida por Demers para comprobar su dificultad.)

De todos modos, como es natural, todavía es demasiado pronto para afirmar que este resultado obtenido se debe sólo a las oscilaciones de la estrella, y no es un simple efecto provocado por la dispersión de las mediciones o son errores espúreos en la determinación de brillo; sólo un conjunto bastante mayor de medidas podrá ofrecer un resultado concluyente y coherente, mostrando si el resto de las mediciones de brillo coinciden con

este período o es preciso descartar todo el conjunto ya obtenido... Esperamos seguir durante el año 2002 la última cefeida de M13, **V1**, cuya oscilación visual está entre las magnitudes 13.62^a y 14.53^a en un período de 1.459252 días (la más rápida de las conocidas en M13).

No olvidemos, finalmente, que nosotros estamos trabajando con catadióptricos de sólo 20 y 30 cm de abertura con CCDs normales y comparamos nuestros resultados con los de los profesionales, realizados con instrumentos de 1, 1.5 y 2.5 metros de abertura con mejores técnicas...

Durante el mes de mayo M13 comienza ya a alzarse sobre el horizonte oriental: aprovechamos para lanzar, desde estas líneas, un llamamiento a todos los aficionados a la tecnología CCD o al seguimiento y estudio serio de variables para que, si lo desean, se nos unan en la campaña que abriremos en breves semanas; para ello basta con que nos contacten vía e-mail para que les remitamos cartas, curvas de observación y diverso material; con todo esto se encontrarán en condiciones para comenzar a trabajar y aportar sus mediciones.

Cualquier consulta, sugerencias, comentarios o dudas sobre el tema pueden dirigirse a mi dirección electrónica: VIOLAT@olanet.net

Observatorio de Aldea Moret
Cáceres, 29 de marzo de 2002.

REFERENCIAS

Some abnormal stars in the cluster M13 Hercules, E. E. Barnard (ApJ 12, 176B, 1900).

Discovery and period of a small variable star in the cluster M13 Hercules, E. E. Barnard (ApJ 12, 182B, 1900).

On the colors of some of the stars in the globular cluster M13 Hercules, E. E. Barnard (ApJ 29, 72B, 1909).

Photographic determination of the colors of some of the stars in the cluster M13 (Hercules), E. E. Barnard (ApJ 40, 173B, 1914).

On the incidence of Cepheids in globular clusters, G. Wallerstein (ApJ 160, 345W, 1970).

Periods for two variables in M13, Wayne Osborn (MNRAS, 162, 1973).

Photometry of Variables in Globular Cluster. II. M13. Serge Demers (AJ, vol. 76, 5, 1976 June).

Investigation of the red variable stars of M13, Wayne Osborn (AJ 82, 395-402, 1977 June).

On the nature of the variables in M13. C. D. Pike y Caroline J. Meston (MNRAS, 180, 1977).

Variable Stars in M13, Wayne Osborn (AJ 119, 2902, 2000 June).

BIBLIOGRAFÍA

3rd. Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters. Helen Sawyer-Hogg. Publicaciones del David Dunlap Observatory, Vol. 3, N° 6 (1973).

Color Magnitude Diagram for the globular Cluster M13. M. Guarnieri, A. Bragaglia y F. Fusi Pecci (A&AS, 102, 397, 1993 April).

The main sequence of the globular cluster M13. W. Baum, W. Hiltner, H. Johnson y A. Sandage (ApJ n° 130, 749, 1959, August).

A photoelectric BVRI sequence in the field of the globular cluster M13. Douglas Forbes y Peter C. Dawson (PASP, 98, 102-103, 1986 January).

FOTOMETRÍA

CCD Photometry: Observing Program of the AAVSO.

Standard Stars-CCD Photometry, Transformations and Comparisons. Hwankyung Sung, Michael. S. Bessell, PASA, 17 (3), 244 (Publications of the Astronomical Society of Australia).

Photometric Studies of the Globular Clusters M13 and NGC 6752, E. L. Folgheraiter, 1993, Ph.D. thesis, Leeds (Publications of the Optical Astronomy Group at Leeds).

CCDs in Astronomy. II, 1989. New Methods and Applications of CCD Technology Proceedings of meeting held at the College of Charleston, Charleston, SC, ed. A. G. D. Philip, D. S. Hayes, and S. J. Adelman.

CCDs in Astronomy. II, 1990. A System for Unattended CCD Photometry, Honeycutt, R. K., Vesper, D. N., White, J. G., Turner, G. W. & Adams, B. R.

Measuring Filter Response and Extinction Coefficients using CCD Observations of Photometric Standard Stars, Simon, L. M. and Mutel, R.L., I.A.P.P.P., 57, 48, 1994.

The M67 Unfiltered Photometry Experiment, Henden, A. A., 2000 (Journal AAVSO vol. 29, página 35).

Fotometría CCD con filtros, Diego Rodríguez (Astronomía Digital, n° 7).