

## VARIABLES EN CÚMULOS GLOBULARES (II): M13

Francisco A. Violat Bordonau

Asociación de Variabilistas de España

Asesores Astronómicos Cacereños

VIOLAT@olanet.net

El artículo anterior despertó interés en este campo de trabajo tan curioso pero, a la vez, tan desconocido por los aficionados españoles; en esta segunda entrega intentaré centrarme en las técnicas a utilizar aplicándolas a M13.

El estudio de los cúmulos globulares, la resolución de sus componentes y la captura de sus principales estrellas está supeditado, como vimos en un artículo anterior, a la **abertura** del instrumento empleado y al **tiempo de integración** de la CCD. Sin embargo no mencioné en él que la **focal** del telescopio también es muy importante, pues de poco va a servir utilizar un telescopio de 200 mm de diámetro con una focal de 1.200 mm, dado que la imagen del globular será siempre más pequeña que cuando trabajamos con un telescopio con focales de 2 a 4 metros. ¿Por qué?: pues porque del tamaño final de la imagen en el monitor dependen los buenos resultados; lo que buscamos, en esencia, es disponer de una imagen del cúmulo lo más grande posible, en la cual las componentes no aparezcan apiñadas unas junto a otras sino resueltas y bien separadas; esto no sólo permite identificar claramente las estrellas candidatas a variables, sino determinar fotométricamente sus brillos.

Un punto importantes es obtener imágenes de los globulares que no estén sobreexpuestas: por lo general la mayoría de las obras astronómicas que hablan de globulares ofrecen imágenes repletas de astros, algunas de ellas en color pero casi todas, lamentablemente, sobreexponiendo tanto el núcleo y su periferia inmediata que sólo vemos un manchón. En este caso la imagen del globular carece de valor para nosotros, puesto que buscamos individualizar sus astros y no capturar una imagen muy hermosa, estéticamente válida por su hermosura pero científicamente inútil...

Desde mi particular punto de vista una imagen válida ha de cumplir estos cuatro requisitos:

- a) una escala amplia
- b) astros fácilmente individualizables
- c) el núcleo bien resuelto
- d) orientación adecuada.

**A: Escala amplia.** En numerosas imágenes de globulares obtenidas por aficionados (sobre todo las que se pueden bajar de Internet) he comprobado hasta la saciedad que sólo llegaba a resolver en ellas sus componentes perfectamente cuando el instrumento empleado (independientemente de su

abertura) presentaba una focal superior o igual a los 1.500 mm, preferiblemente rozando los 2.000 mm; ¿por qué?: pues porque dependiendo de la focal se obtiene un poder resolutivo mayor o menor en la imagen, el cual permite individualizar mejor sus diferentes componentes. Es por ello que, dentro de lo posible, sea preferible trabajar con focales superiores a 2 metros.

**B: Astros bien individualizados.** De nada sirve haber obtenido una imagen grande, con una buena escala (por ejemplo 1"/píxel) si resulta que luego, para que ésta aparezca *bonita*, alargamos tanto la exposición que los astros quedan sobreexponidos... lo que ganamos por un lado lo perdemos por otro pues de este modo las estrellas aparecen hinchadas, sobreexpuestas, no sólo unidas unas a otras sino haciendo poco menos que imposible una buena calibración y medición fotométricas de sus distintas componentes. Es preferible acortar las exposiciones y dejar nuestra imagen *pobre* en astros débiles (menos *bella*) pero disponer de una resolución lo más alta posible, individualizando así cada una de sus estrellas.

**C: Núcleo bien resuelto.** Siempre, dentro de lo factible, trataremos de obtener imágenes del globular con el núcleo lo más resuelto posible: esto nunca puede hacerse si sobreexponemos la imagen. ¿Por qué ese afán por no pasarnos en el tiempo de integración?: en este caso para poder determinar el centro del globular, pues en los catálogos de variables éstas se localizan según el eje **x** (dirección este-oeste) y el eje **y** (dirección norte-sur) indicando la distancia, medida en segundos de arco, con respecto al núcleo y que será positiva si es hacia el norte o el oeste y negativa si lo es hacia el sur o el oeste; es ya más raro encontrar las coordenadas Alfa y Delta de las diferentes estrellas componentes y de comparación.

**D: Orientación adecuada.** Si hemos de localizar las variables en función de los puntos cardinales (o sus coordenadas Alfa y Delta), lo más lógico es tener la imagen correctamente orientada, dejando el **norte** abajo y el **este** a la derecha. ¿Y cómo se hace esto?, pues siguiendo estos pasos: buscar el globular, centrarle en el campo del chip y hacer una integración de 10-15 s con el motor *desconectado*; así se capturan los astros movidos en dirección **este-oeste**. Si los rastros estelares no son paralelos a los ojos, sino que aparecen inclinados, hemos de girar el cabezal del chip hasta que al hacer una exposición sin motor logremos que las estrellas aparezcan movidas paralelas a los ojos (o al borde del monitor); en el momento en que aparezcan las estrellas así el campo está correctamente orientado.

El autor emplea en todos sus trabajos un instrumento catadióptrico de 203 mm de apertura y 2 metros de focal (a veces con duplicador x2), junto con una CCD modelo Starlight Xpress **MX5** de 12 bits: la escala final obtenida a foco primario

ronda el segundo de arco por píxel; la turbulencia local nunca permite llegar a valores más reducidos y rara vez baja de los 2-3", pero en principio es suficiente para nuestros primeros trabajos.

A la hora de capturar globulares es esencial que se trabaje con exposiciones cortas (5-30 segundos) y rara vez más (salvo que empleemos filtros de color en cuyo caso los tiempos se alargan proporcionalmente): de este modo se capturan las estrellas sin saturarlas ni, desde luego, sobreexponer el núcleo que nos va a servir, precisamente, para buscar a partir de él las estrellas variables.

Bien, reflexionemos un momento sobre todo lo dicho: para empezar a trabajar necesitamos tener el telescopio bien orientado, un motor de seguimiento, la CCD conectada y es preciso que, a la hora de capturar imágenes de globulares, orientemos siempre el campo aparente por medio de los *rastrros estelares*; luego, al empezar a tomar imágenes, es necesario hacer fotos con tiempos de integración cortos (de 5 a 30 segundos) para que no aparezcan sobresaturados ni el núcleo ni las componentes del globular.

Ahora, una vez que conocemos las técnicas de trabajo y tenemos ya el equipo listo, necesitamos centrarnos en un globular determinado, el que más nos guste o (para mi parecer) el que mejor pueda ser estudiado desde nuestras latitudes. Y digo esto porque a todos nos gustaría capturar Omega Centauri, pero ello no es fácil desde Cáceres, Badajoz o Madrid aunque sí desde Canarias. Cuanto más negativa sea la declinación del cuerpo menos alto aparece sobre el cielo -en el instante del tránsito por el meridiano- y más afectado quedará por la turbulencia local, el polvillo y la contaminación urbana; es por ello que yo estudio preferentemente aquellos cuerpos que, desde Cáceres, puedan aparecer altos en el cielo.

Tampoco tiene mucho sentido dedicar el tiempo a los globulares más distantes, salvo para intentar identificar algunas de sus componentes más brillantes (como hice yo con **NGC 2419**); es más fácil estudiar globulares cercanos que distantes, dado que sus variables aparecen más brillantes y nuestro equipo no sólo puede captarlas, sino llegar a medir sus oscilaciones de brillo. Es por ello que en este trabajo, para iniciar a los curiosos en las técnicas de trabajo, me haya decantado por **M13**: no sólo es un cuerpo fácil de identificar (junto a dos estrellas de brillo alto, en Hércules) sino que está bastante cerca (a unos 22.800 años-luz), puede encontrarse alto en el cielo peninsular y sus componentes más brillantes son de la 12<sup>a</sup>-13<sup>a</sup> magnitud; es el globular ideal para iniciarse.

Tomando los globulares Messier más cercanos he hecho una clasificación de los mismos en función de su **distancia** a nosotros (medida en kiloparsecs) y su **declinación**, ya que de ella depende directamente su altura máxima sobre el horizonte local; tomando en consideración estos dos datos

los he clasificado según la **facilidad** con que podemos estudiar sus variables; la lista queda así:

Messier	distancia	declinac.	puesto
M4	2.1	-26° 32'	
M22	3.1	-23° 54'	
M71	4.0	18° 47'	1°
M10	4.4	-04° 06'	2°
M55	5.2	-30° 58'	
M12	5.5	-01° 57'	3°
M107	5.9	-13° 03'	4°
M62	6.0	-30° 07'	
M28	6.1	-24° 52'	
M9	6.9	-18° 31'	
<b>M13</b>	<b>7.2</b>	<b>36° 28'</b>	<b>5°</b>
M5	7.6	02° 05'	6°
M92	7.8	43° 08'	7°
M30	8.2	-23° 11'	
M80	8.3	-22° 59'	
M15	9.4	12° 10'	8°
M56	9.5	30° 11'	9°
M68	9.9	-26° 45'	
M3	9.9	28° 23'	10°

Podemos ver que con esta peculiar clasificación (aplicable a un observador peninsular, no a uno canario) el cercano M4 no es de los más fáciles y por tanto yo no lo recomiendo para empezar a trabajar: creo que es mejor estudiar M71 porque, aunque está a doble distancia de la Tierra, aparece mucho más alto en el cielo local; les siguen en facilidad M10, M12 y M107 mientras que más distantes aparecen M13, M5 y M92.

A continuación, una vez elegido el más interesante para nosotros, necesitamos conocer las variables que contiene y todos los parámetros de las mismas; lo primero que se nos puede ocurrir es visitar las páginas web de asociaciones tan serias como la AAVSO o la AFOEV: lamentablemente no nos acompaña la suerte, pues ninguna de estas dos asociaciones tienen en estudio variables en cúmulos globulares (el por qué se me escapa, dado que son muy fáciles para el aficionado).

La siguiente vía es buscar en Internet bajo el concepto "Variables en globulares" (en español) o bien "Variable stars in globulars" (en inglés): enseguida notaremos que no hallamos demasiada información por este medio, dado que los profesionales no son muy dados a exponer sus trabajos y conclusiones en la red.

Aquellos que puedan acceder a publicaciones profesionales podrán encontrar una buena cantidad de artículos sobre el tema: por ejemplo en "Astrophysical Journal" (abreviada ApJ), "Astronomical Journal" (AJ), "Nature", "Astrophysical Journal Supplements" (ApJS), "Astronomy & Astrophysics Supplements" (A&AS), "Astronomy & Astrophysics Abstracts" (A&AA) y otros... Como lo usual es que en nuestra biblioteca no tengamos esas revistas el último recurso es acudir de nuevo a Internet, pero esta vez al NASA Astrophysics Data System, en donde podremos acceder al buscador general de información: allí acotaremos el

período de búsqueda (artículos aparecidos entre 1990 y el 2001), autor, palabras clave, etc... y tendremos a nuestra disposición buena cantidad de material. Así es como el autor ha descargado algunos excelentes artículos, como el utilísimo "Variable Stars in M13", firmado por Wayne Osborne (AJ 119, 2902-2902, 2000 June) o "Photometry of Variables in Globular Cluster. II. M13", de Serge Demers (ApJ, vol. 76, 5, 1976 June).

Mi primera fuente de información fue el monumental *Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters*, actualización del *Helen Sawyer Hogg's Third Catalogue de Variable Stars in Globular Clusters* publicado en el año 1973 en las "David Dunlap Observatory Publications", Volumen 3, Número 6. Está basado en el uso de tarjetas de referencias preparadas por Helen Sawyer Hogg de los artículos publicados entre los años 1973 y 1988, aunque en el caso de material aparecido después se han consultado los *Astronomy and Astrophysics Abstracts* (publicados por Astronomisches Rechen-Institut by Springer-Verlag) y los *NASA Astrophysics Data System*.

La información ofrecida sobre M13 (al pie de esta página) aunque es del año 1973 es interesante ya que contiene el número de la variable, la posición **x-y** en segundos de arco (positivo si es al norte o al este, negativo al sur o al oeste), magnitud máxima y mínima, época de las mediciones (Día Juliano y fracción), el período si está bien determinado y notas tales como si es miembro del cúmulo (*mem*, member), si es una variable presunta (*var?*), si no es miembro del globular (*mem?*), otro período de oscilación propuesto (*alt*

*P*: 41.55) y referencias (p. ej. L72, R&R, Kadla et al...). Estas últimas fueron las que me dieron más problemas pues sin una traducción me era imposible saber qué quería decir L72 o qué podía ser R&R... más adelante, estudiando material diverso, supe que las variables de M13 fueron catalogadas en 1905 por el astrónomo alemán H. Ludendorff, por lo cual casi todas llevan su nombre: de este modo L72 es la estrella número 72 de su catálogo. Lamentablemente este material fue publicado en el Observatorio de Postdam a principios de siglo, siendo imposible localizarle por Internet... R&R hace referencia a los artículos publicados por el matrimonio de astrónomos húngaros Ruscho Russev-Tatiana Russeva (del Konkoly Observatory) o a los trabajos de Kadla y otros (*et alter*)...

Si analizamos despacio el listado veremos que la variable más brillante (la nº 2) es una cefeida con un período de 5.110818 días que roza la 12,8ª magnitud en su máximo. También aparecen algunas del tipo RR Lyr de corto período (0.298827 a 0.750316 días), alguna que otra cefeida (como la nº 12, de 5.21753 días), semirregulares (como la nº 15) o miras de 35 a 92 días.

Un estudio más detallado de esas variables nos dice que todas ellas, sin excepción, están en un radio máximo de 350" del núcleo, quedando casi todas dentro de los 50-120" como mucho... esto nos demuestra que si sobreexponemos la toma enseguida nos veremos en serias dificultades no sólo para estudiarlas o medirlas, sino incluso para buscarlas en nuestras mejores imágenes.

En algunos casos, como por ejemplo en M80, los datos se han actualizado y puesto al día to-

### Messier 13 C1639+365

R.A. 16h 39.9m Dec +36° 33'

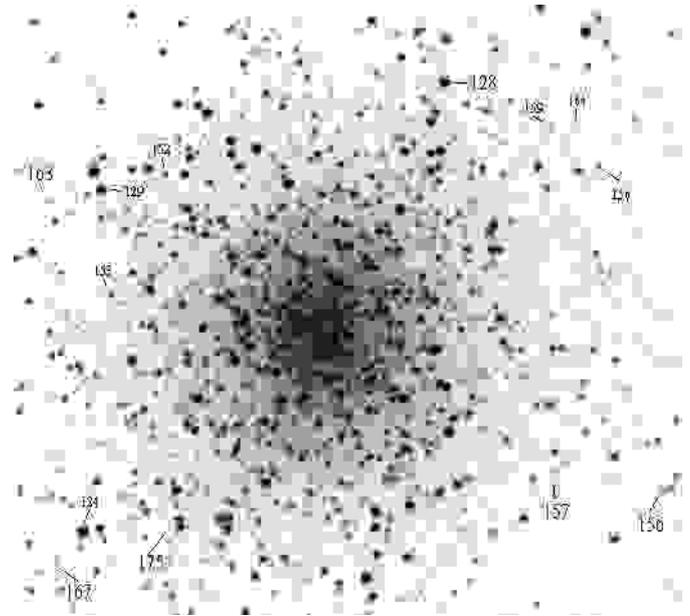
Nº	x"	y"	Máx.	Mín.	Época (D.J.)	Período	Notas
1	+73.06	-24.86	13.67	14.88	38222.443	1.459033	Sp A-F, V, mem
2	-54.10	-3.04	12.80	14.12	38241.098	5.110818	+, Sp, V, mem
3	-127.70	+16.52	15.58	15.79			var?
4	-47.34	+58.18	14.94	15.61	37790.391	0.298827	
5	+72.28	-12.80	14.58	15.22	38243.389	0.3817598	
6	+92.68	+76.60	14.00	14.95	38179.365	2.112918	+, Sp F, V, mem
7	-39.78	-82.72	14.76	15.12	38236.416	0.3126635	mem?
8	-93.02	+11.29	14.62	15.62	38902.462	0.750316	mem
9	+70.90	-14.84	14.68	15.18	38236.480	0.3926661	
10	-5.40	-70.73	13.10	14.0	39670.0	35.62	Sp, V, mem, var?
11	-45.37	-75.88	12.90	13.8	38232.06	91.77	Sp, V, mem, alt P: 41.55
12	-105.88	+53.46	15.16	15.70	38225.391	5.21753	
13	-45.37	-31.30	14.26	14.50			var?
14	+3.18	+207.64	16.16	16.45			var?
15	+79.03	-115.34	13.49	13.70	41061.50	39.23	SR
16	+349.40	+207.90					var?
17	+127	+80			41069.6	43.04	L973, R&R
18	-196	-118			42315.9	41.25	L72, R&R
19	-99	+58			37810.8	44.48	L194, R&R
20	-200	+166			42324.0	64.26	L70, alt P: 96.6
21	-84.50	-39.40					L216, Kadla et al
21	-84.50	-39.40					L216, Kadla et al
22	+11.35	+21.06					Kadla et al
23	+14.27	-14.74					Kadla et al
24	+18.23	-60.58			42269.50	45.32	TL598, Kadla et al
25	+28.01	-21.28					Kadla et al

mando como referencia el artículo publicado por Wehlau en *Astrophysical Journal* 99 1159 en el año 1990, ofreciéndose nuevos resultados tanto en cuanto a la magnitud (por ejemplo de R y S Sco) como al período, que es más exacto en todos los casos. De todos modos incluso en los casos más favorables estos datos no son actuales, sino de hace 5-10 años al menos...

Perfecto: ya tenemos el instrumento preparado, orientado el campo, el listado de variables en la mano y tenemos nuestro globular (M13 en este trabajo) a tiro... ¿Cómo actuamos ahora?... Lo ideal sería tomar una buena carta de M13 en la cual buscaríamos las variables más interesantes (o todas, si nuestro sistema óptico es capaz de alcanzar magnitudes altas), empezando a tomar imágenes de inmediato para identificarlas en ellas... por desgracia todos mis intentos en esta dirección han sido vanos: **no existen** cartas de identificación de variables en M13; en los trabajos profesionales que he leído se hace mención de las variables (p. ej. V15, V20, V17...) sin decir para nada dónde están o cómo localizarlas, ya que **se supone** que el lector las conoce de sobra y sabe dónde están... en algunos trabajos el autor se toma la molestia de ponerlo fácil al lector (imagino que otro profesional), identificando la variable o sospechosa en el listado de Ludendorff diciendo, por ejemplo, que **V20** es conocida también con el nombre de **L70**. Algo es algo aunque esto, lamentablemente, no nos sirva de nada...

Buscando en Internet por todas partes, por todos los medios y utilizando todas las palabras "clave" imaginables (*variables, globulares, variables cumulares, M13, cefeidas, RR Lyr...*) descubrí desilusionado que **no existe** ninguna carta de M13 en la cual, claramente, aparezcan indicadas las variables y estrellas de referencia (¡ni siquiera en la AAVSO o la AFOEV!), así que pensé en elaborarme mi propia carta: para ello se me ocurrió utilizar toda la potencia de *SkyMap Pro 7.0* a la hora de representar estrellas; por desgracia la zona central en un radio de 200-300", en donde precisamente están las variables, aparecía **vacía de estrellas**... lo mismo ocurrió con *Guide 6.0*, *SkyChart*, *Voyager II* y otros programas similares, en donde la zona central no aparece representada (imagino que porque al digitalizar las cartas del POSS la zona queda saturada) ni tampoco hay estrellas individuales en ella... fin del intento.

Tomé una de mis mejores fotos, en ella identifiqué el centro como pude y, suponiendo que cada píxel equivalía a 1" (más o menos lo que me proporciona mi sistema óptico) intenté localizar las variables con el listado de Sawyer Hogg: el resultado me permitió situar, *grosso modo*, las variables más brillantes y al comparar sus posiciones con las imágenes del globular obtenidas por mi en 1999-2000 noté que no era fácil identificarlas, ya que al ser M13 un cuerpo con numerosas estrellas era muy fácil que tomase por la variable cualquier-



Estrellas de comparación en una imagen de Patrice Poyet. Datos técnicos: capturada el 21-IV-1996 con una abertura 600 mm, focal 2.707 mm, CCD ST6 a  $-30^\circ$  y adición de 9 imágenes de 60 s cada una (540 s) en total.

ra que no lo fuese. Fin del segundo intento.

Navegando sin rumbo logré encontrar, por fin, unas páginas llamadas "Poyet's Celestial Hyper-Book" en las cuales, entre otras, aparecían imágenes digitales de M13 (sobre estas líneas) con algunas estrellas de referencia. Dado que en ninguna de las dos imágenes del globular aparecían marcadas las variables me atreví a enviar un mail a la autora preguntando por este tema; su respuesta por la misma vía fue muy clara:

*Apart from specific papers published in the literature and dealing on a case by case basis with variables in specific clusters (e.g. S & T Lab exercises in astronomy, variables in M15), I would suggest getting in contact with the classical international associations of variable stars observers. The other approach is to "calibrate" yourself your images (taking the cluster and reference stars by using an appropriate method), knowing that a 400 mm scope will be the minimum and will not enable the investigation of all clusters. I've never tried using long focus ratios, e.g. F/30 for such work but it could be valuable.*

*Best wishes and clear skies.*

*Patrice.*

Lo cual me dejó como al principio: no sólo no había cartas de identificación, sino que me aconsejaba fabricármelas yo mismo tomando imágenes con un buen instrumento (un 400 mm) y calibrándolas cuidadosamente. No contento con esta respuesta y sospechando que era una nulidad buscando este material en Internet contacté vía e-mail con el Dr. Gerardo E. Milesi, de Argentina, a quien le pregunté por cartas de variables en M13. De inmediato recibí su respuesta:

Con respecto a su pregunta, quiero aclararle que **no existe** (por lo menos que yo tenga conocimiento) ningún set de cartas de ubicación de variables en cúmulos globulares. Las respectivas cartas se encuentran dispersas en distintas publicaciones astronómicas, y en muchos casos los autores identifican las variables en forma numérica pero sin reproducir la carta de ubicación, para lo cual generalmente remiten al paper original que daba cuenta del descubrimiento.

Sin embargo, hay 3 catálogos de estrellas variables en cúmulos globulares, el último de los cuales es de 1973, que tienen mucha información útil y que a pesar de no tener cartas dan cuenta de la bibliografía en la cual es posible encontrarlas. Estos catálogos son:

1) 1st. Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters. Helen Sawyer-Hogg. Publications David Dunlap Observatory Vol. 1, N° 4 (1939).

2) 2nd. Catalogue of Variable Stars in Globular Clusters. Helen Sawyer-Hogg. Publications David Dunlap Observatory Vol. 2, N° 2 (1955).

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

A partir de la última fecha no se realizaron recopilaciones sistemáticas ni catálogos genéricos por lo cual, y debido a los descubrimientos posteriores, especialmente en los últimos años, pueden existir yuxtaposiciones en la identificación de las variables.

De todos modos, a partir del año 1969 cualquier rastreo en la bibliografía puede hacerse en los Astronomy and Astrophysics Abstracts publicados anualmente por la editorial Springer-Verlag.

Una recomendación que le daría antes de "acometer la tarea" es que se pongan en contacto con la AAVSO (American Association of Variable Stars Observers). Ellos publican cartas de ubicación de variables de campo, pero es muy factible que tengan cartas para variables de cúmulos de uso reservado que les puedan facilitar, y quizás puedan coordinar algún plan de observación de variables recomendadas para el hemisferio norte.

Esperando que mi respuesta le haya sido de utilidad, lo saludo atentamente.

Lic. Gerardo E. Milesi.

Volvía a recibir la misma respuesta: **no hay** cartas de las variables de M13 ni, probablemente, de la mayoría de los globulares. Mis indagaciones en Internet acabaron como al principio: existían trabajos sobre el tema, se había publicado bastante sobre variables, sospechosas, actualizaciones de períodos, nuevas sospechosas, confirmación de variabilidad en las sospechosas pero ni una sola carta... De nuevo un callejón sin salida.

Al final, ya casi desesperado, recibí en un largo e-mail enviado por Miguel Regalado Querol algunos artículos (en formato PDF) que me apresuré a abrir: eran excelentes, eran más actuales y uno de ellos incluso contenía una imagen digital del globular; para mi desgracia había sido tomada con filtro ultravioleta, de modo que todos mis intentos por correlacionar estrellas fue inútil. Sin embargo el último artículo (*Variable Stars in M13. Positions and UBVRI photometry for variables, suspected variables and comparison stars*), firmado por Wayne Osborn y publicado en *Astronomical Journal* 119, en junio del 2000, me iluminó el camino y fue el que, al final, me permitió no sólo elaborar una carta preliminar sino localizar todas las variables, sospechosas y estrellas de comparación que aparecían en mis imágenes.

Tomé la mejor de mis fotografías (capturada en 30 s con el catadióptrico de 203 mm de abertura y la MX5) y en ella marqué las variables más brillantes que me parecieron mejor identificadas; marqué en el borde las coordenadas de Osborne (2000.0) para estas variables, elaborando poco a poco y con mucho trabajo una red de coordenadas; las tres primeras variables identificadas (V18, V20 y V33) me permitieron situar seis puntos conocidos, con los cuales (por cálculo matemático sencillo) deduje algunos más. De este modo pude localizar la brillante variable V17 y logré disponer de dos coordenadas más las cuales, a su vez, refinaron mi escala; con ella encontré enseguida las brillantes V19 y V11 las cuales me proporcionaron otras cuatro coordenadas más. Sin embargo a medida que refinaba mis números notaba que el ajuste no era perfecto, salvo dentro de un inaceptable margen de error de 10-15" en algunos casos puntuales.

Cuando, varios días después de abandonado el intento, volví a la tarea noté que el ajuste en declinación era correcto para las estrellas más cercanas el centro de la carta, pero más y más inexacto a medida que me alejaba del mismo; algo similar ocurría con las ascensiones rectas, exactísimas en algunos casos pero algo más "holgadas" en otros. Había un error que se me escapaba: la escala era correcta, dado que había una coincidencia total en algunas variables brillantes (es decir, alrededor de ellas no había ningún astro que se acercase al brillo esperado) pero en otros casos el error era notorio y, por tanto, inaceptable. ¿Por qué?

Al examinar imágenes profesionales de M13 reparé en varios puntos: el primero era que, salvo excepciones, las fotografías del globular estaban "al revés" habiendo reproducido el clisé invertido; la segunda era que las estrellas del núcleo rara vez aparecían resueltas y la tercera que una cadena de estrellas (con forma de *pistola*) que en mi imagen aparecía horizontal presentaba una leve inclinación hacia el sur, como si estuviese *girada*. El origen del error me vino como un destello: ¡no había orientado adecuadamente el campo estelar, to-

mando la imagen original por buena! De modo que en las mejores fotos profesionales del globular tomé algunas estrellas como referencia, comprobé que tenían prácticamente la misma declinación (esto es, que sus centros podían ser unidos por una misma línea horizontal) y traté de hacer lo mismo con mi imagen; imposible: era preciso girar mi fotografía 5° en sentido contrario al de las agujas del reloj para que mis tomas se pareciesen del todo a las imágenes profesionales.

Con esta imagen *corregida* volví a la tarea: imprimí en papel la toma, comencé a marcar en el borde las coordenadas de las variables ya conocidas y comprobé asombrado, casi incrédulo, que estas brillantes estrellas coincidían una a una, proporcionándome así nuevas coordenadas que me permitían encontrar otras variables las cuales, a su vez, me facilitaban más coordenadas. Al final representé en mi carta 33 posiciones en declinación y otras 26 en ascensión recta: bastaban para comprobar que todas y cada una de las variables, sospechosas y estrellas de referencia podían ser localizadas ya sin ningún problema. Cuando sobre la carta impresa las variables eran demasiado débiles (o dudosas) acudía a mi imagen original, procesándola un poco (aumentando el contraste) si era preciso: de este modo no sólo pude situar todas las variables de la 11-13<sup>a</sup> magnitud sino algunas de la 14<sup>a</sup> encontrando en el límite incluso estrellas de referencia de la 14.20<sup>a</sup> y 14.98 magnitud visual. ¡Era increíble ver lo fácil que había sido!

El listado siguiente (elaborado por el autor) ofrece los datos más actualizados que he conse-

guido de las variables de M13: en negrita la denominación clásica o número Ludendorff por la cual se suele conocer, magnitud **V** máxima y mínima, año de la medición más reciente, índice **B-V** (que nos orienta sobre su tipo), período de oscilación y algunas notas de interés sobre ellas.

Con la experiencia acumulada ya puedo indicar ahora cuáles son los pasos que se han de dar para tomar imágenes de M13, y para que éstas sean válidas: lo primero es centrar el globular en el campo del chip tomando cortas imágenes para lograrlo; luego he de orientar el campo empleando el método de los rastros estelares, ya indicado en mi anterior artículo; a continuación he de conseguir un enfoque óptimo empleando la *máscara de enfoque* para ello. Cuando las imágenes del globular proporcionen astros casi puntuales y, al detener el motor, éstos dejen rastros paralelos en el monitor podemos empezar a trabajar en serio.

Para ello necesito tomar imágenes con tiempos de integración de 5 a 30 segundos, dependiendo de la focal del instrumento, la abertura y el filtro empleado; las exposiciones más breves nos irán orientando para alargar las siguientes exposiciones hasta que notemos que, en las de mayor tiempo, las estrellas del núcleo empiezan a aparecer sobreexpuestas. Lo ideal es que las toman sean tan cortas como para que las estrellas no salgan sobreexpuestas y tan largas como para que podamos llegar a la 15-16<sup>a</sup> magnitud límite... en mi caso (con un telescopio de 203 mm de diámetro a f/10) esto se logra con tiempos de 10 a 50 segundos en luz integral. Cada lector deberá hacer sus

## Messier 13

Datos actualizados a junio del 2000

Nº	Cat.	Tipo	Máx.	Mín.	Año	B-V	Período	Notas
1	L816	Cefeida	13.62	14.54	2000	0.45	1.459252	Período bien determinado, tipo BL Her
2	L306	Cefeida	12.74	13.16	2000	0.57	5.110939	Período bien determinado, tipo BL Her
3	L135	¿Cefeida?	15.34		2000	0.76		Sin más datos
4	L322	RR Lyr	15.69		2000	0.09	0.298827	Período incierto
5	L806b	RR Lyr	14.46	14.81	2000	0.24	0.381724	Período bien determinado
6	L872	Cefeida	13.87	14.30	2000	0.54	2.112867	Cefeida del tipo BL Her
7	L344	RR Lyr	14.87	15.13	2000		0.312663	Medida por Russev y Russeva en 1978.
8	L206	RR Lyr	14.44	15.04	2000	0.35	0.750375	
9	L806a	RR Lyr	14.51	14.85	2000	0.30	0.392607	
10	L487	Gig roja	12.47	12.65	2000	1.29	35.62	Descubierta por Russev y Russeva en 1980
11	L324	Gig roja	11.88	12.63	2000	1.59	91.77	Medida por Russev y Russeva en 1980.
12	L187	Cefeida	15.21		2000	0.10	5.217530	Período incierto
13	L327	¿Cefeida?	13.78		2000	0.85		
14	L527	¿RR Lyr?	16.26		2000	0.45		
15	L835	Gig roja	12.18	12.36	2000	1.45	39.23	Descubierta por Russev y Russeva en 1980
17	L973	Gig roja	11.98	12.43	2000	1.53	43.27	Espectro K0Ib (1978)
18	L72	Gig roja	12.33	12.75	2000	1.31	41.25	
19	L194	Gig roja	12.10	12.42	2000	1.50	44.48	
20	L70	Gig roja	12.03	12.51	2000	1.58	64.26	
24	L598	Gig roja	12.04	12.61	2000	1.61	45.34	
32	L66	Gig roja	14.64	15.12	1982		21.165	Kadla 306, descubierta por R&R (1982)
33	L954	Gig roja	12.09		2000	1.55	40.37	Período incierto
	<b>L222</b>	Azul	13.15		2000	-0.18		<i>Errante azul</i> , emisor ultravioleta, ¿variable?
	<b>L414</b>	Gig roja	12.50		2000	1.45		Presunta variable
	<b>L240</b>	Gig roja	12.34		2000	1.36		Presunta variable
	<b>L258</b>	Gig roja	13.53		2000	1.01		Presunta variable
	<b>L261</b>	Gig roja	12.20		2000	1.39		Presunta variable
	<b>L773</b>	Gig roja	13.16		2000	1.03		Presunta variable



de **Barnard 29** (también Ludendorff 222), del tipo *errante azul* cuyo índice de color B-V es nada menos que -0.18: ello es debido a que es un astro caliente (espectro B2) que emite fuertemente en luz ultravioleta y violeta; en el trabajo de Osborne aparece como sospechosa de variabilidad con magnitud V 13.15<sup>a</sup>; es fácil identificarla porque ocupa el vértice oriental de un triangulito muy evidente: los otros dos astros compañeros son de magnitud 12.81<sup>a</sup> y 13.18<sup>a</sup> respectivamente; en mis imágenes aparece algo más brillante que la estrella de magnitud 13.18<sup>a</sup>; con este índice de color su magnitud B debe ser cercana a la 12.97<sup>a</sup>.

Para estudiar las variables es preciso tomar imágenes a diario (incluso cinco o seis en la misma noche, a intervalos de 10-15 minutos, si pretendemos estudiar las RR Lyr) para determinar no sólo el rango de variación de cada estrella, sino su período aproximado: empleando algún buen programa esto es muy fácil. En el caso de las semirregulares y de largo período necesitaremos al menos 3 meses o más, mientras que las cefeidas se conforman con dos semanas (para cubrir varios ciclos completos y refinar no sólo su curva, sino sus límites de oscilación); las RR Lyr del globular tienen ciclos tan cortos (0.29 a 0.75 días es decir, 6.96 a 18 horas) que en una misma noche podremos, a lo largo de 2-3 horas, capturar una fracción apreciable de su período (de 1/2 a 1/6 aproximadamente): así en noches sucesivas iremos cubriendo poco a poco todo su ciclo y podremos refinar las curvas de oscilación que obtengamos.

Gracias a los datos de Osborne puedo elaborar y presentar un sencillo diagrama H-R de las principales variables visibles en M13: como vemos es fácilmente reconocible el brazo de las *gigantes rojas* (parte superior derecha), la secuencia de las *subgigantes* rojas y naranjas o parte del *brazo horizontal* con las variables de tipo RR Lyrae. Nótese la anormal posición de la brillante *errante azul* L222 situada en la parte izquierda del diagrama.

Naturalmente cuanto mayor sea la abertura de nuestro instrumento (de 20 a 40 cm es lo normal) más débiles serán los astros estudiados: así podremos capturar todas las estrellas rojas, azules, naranjas y blancas llegando incluso a las más brillantes de la secuencia principal (de la 18<sup>a</sup> a la 19<sup>a</sup> magnitud en el caso de M13).

Como es natural nada nos impide dedicarnos a estudiar la parte más externa del globular, la denominada *corona*: la densidad estelar es menor en este sector, por lo cual podremos ampliar mucho los tiempos de exposición sin miedo a sobreexponer sus componentes u obtener imágenes abigarradas; ello nos puede servir para buscar nuevas variables aún no catalogadas o identificar estrellas blancas, rojas o azules según el color del filtro empleado en la tarea.

Desde estas páginas aprovecho para hacer un firme llamamiento a todos los aficionados intere-

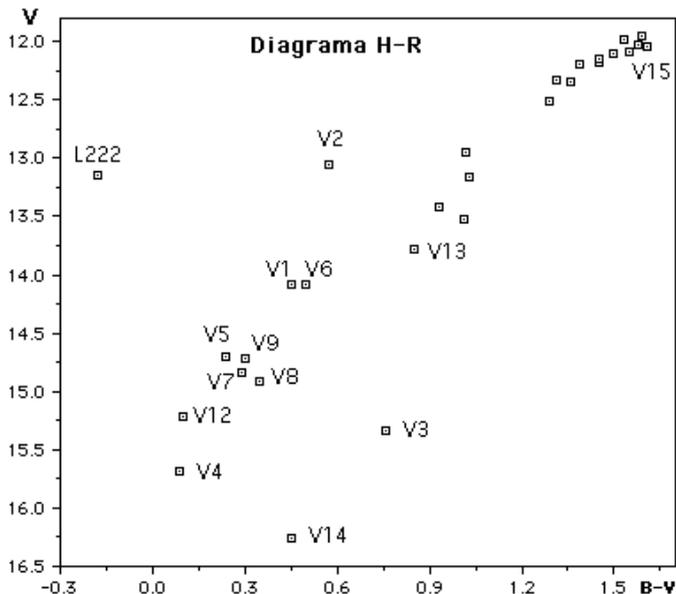


Diagrama H-R de las variables (con números) y sospechosas de variabilidad: se ve claramente el brazo de las *gigantes rojas* y el *brazo horizontal* con las RR Lyrae.

sados en variables que dispongan de telescopios a partir de los 150-200 mm de abertura y CCD, para que se unan en una campaña seria que localice, catalogue, siga y mida de modo formal y sistemático las variables más brillantes en los cúmulos globulares más próximos del hemisferio norte: es una tarea que no sólo está por hacer (desde el punto de vista de los aficionados), sino que nos permitirá refinar nuestras técnicas, divertirnos en un campo que nos gusta y, encima, ayudar a los profesionales en sus trabajos: no olvidemos que ellos no disponen de telescopios propios (como nosotros) sino que dependen de los tiempos que se les asignen, por lo cual es difícil que mantengan una observación constante y permanente del globular noche a noche durante 3-4 meses o más, tal como podemos hacer nosotros...

Como hemos podido ver a lo largo del artículo todavía hay mucho trabajo por hacer: ¡es muy difícil llegar a aburrirse!

Algunas direcciones web para empezar la tarea con buen pie pueden ser:

#### AAVSO

<http://www.aavso.org>

**David Dunlap Observatory** - Univ. of Toronto:

<http://ddo.astro.utoronto.ca>

**Astronomy Library** - University of Toronto:

<http://www.astro.utoronto.ca/home.html#library>

*e-mail*: [library@astro.utoronto.ca](mailto:library@astro.utoronto.ca).