

ESTUDIO FOTOMÉTRICO DE MESSIER 37

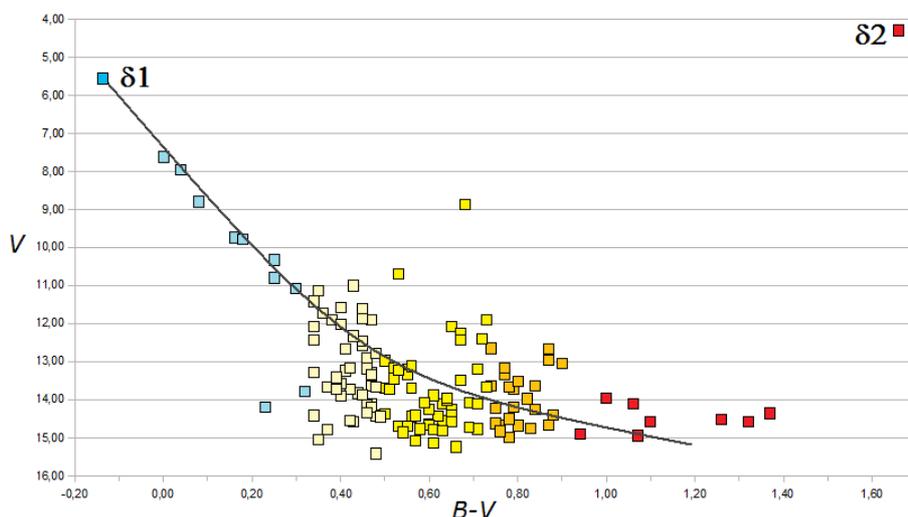
III. DIAGRAMA H-R DEL CÚMULO

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

Resumen. En este tercer trabajo fotométrico dedicado al cúmulo presentamos un diagrama H-R de 194 estrellas, hasta la magnitud 15.085 V , obtenido a partir de imágenes B y V capturadas en la campaña fotométrica del año 2016. El resultado es muy similar al publicado por otros investigadores: se compara con algunos de ellos encontrándolo muy parecido o incluso casi idéntico, dentro de la precisión de nuestro equipo.

1. INTRODUCCIÓN.

Una de las aplicaciones de la fotometría es la obtención de índices de color $B - V$, $V - I_c$ y otros, dependiendo de los filtros que se utilicen, a partir de los cuales se pueden derivar interesantes resultados: para ello basta con capturar imágenes con cada filtro y extraer los índices de color restando la magnitud obtenida con uno a la obtenida con otro, por ejemplo la B a la V que suele ser la más común. Nuestro primer estudio fotométrico serio fue el análisis del joven cúmulo abierto Stephenson 1, situado alrededor de la estrella delta 2 Lyrae, que finalizamos en el año 2011 y presentamos en 2012 en la Universidad Internacional Valenciana para la obtención del título de *Máster de Astronomía y Astrofísica*: obtuvimos magnitudes V e índices de color $B - V$ de 140 componentes, hasta la magnitud 15.50 V , con los que construimos el diagrama H-R que mostramos en la Figura 1 (bajo estas líneas). En él hemos marcado, con una línea continua, la posición aproximada de la Secuencia Principal de este joven cúmulo abierto.



En el año 2016 iniciamos un estudio de Messier 37 para obtener información de sus estrellas variables más importantes: curvas de luz, magnitudes medias y amplitudes en banda V , períodos, etc.; una parte de estos resultados ya han sido publicados (Violat, 2017 a y b).

Con la intención de elaborar un diagrama H-R del cúmulo dedicamos dos noches a la obtención de imágenes filtradas B y V con tiempos de exposición de 50 y 100 segundos, catorce con cada filtro¹, de las que obtendríamos los índices de color $B - V$ del mayor número posible de estrellas: a partir de los mismos elaboraríamos un diagrama H-R y, de éste, podríamos determinar el estado evolutivo aproximado (edad) del cúmulo, la distancia, el enrojecimiento y conocer la distribución de sus estrellas en dicho diagrama.

¹ Siete de 50 s y siete de 100 s con filtro B y otras tantas con el V : por tanto fueron catorce con cada filtro.

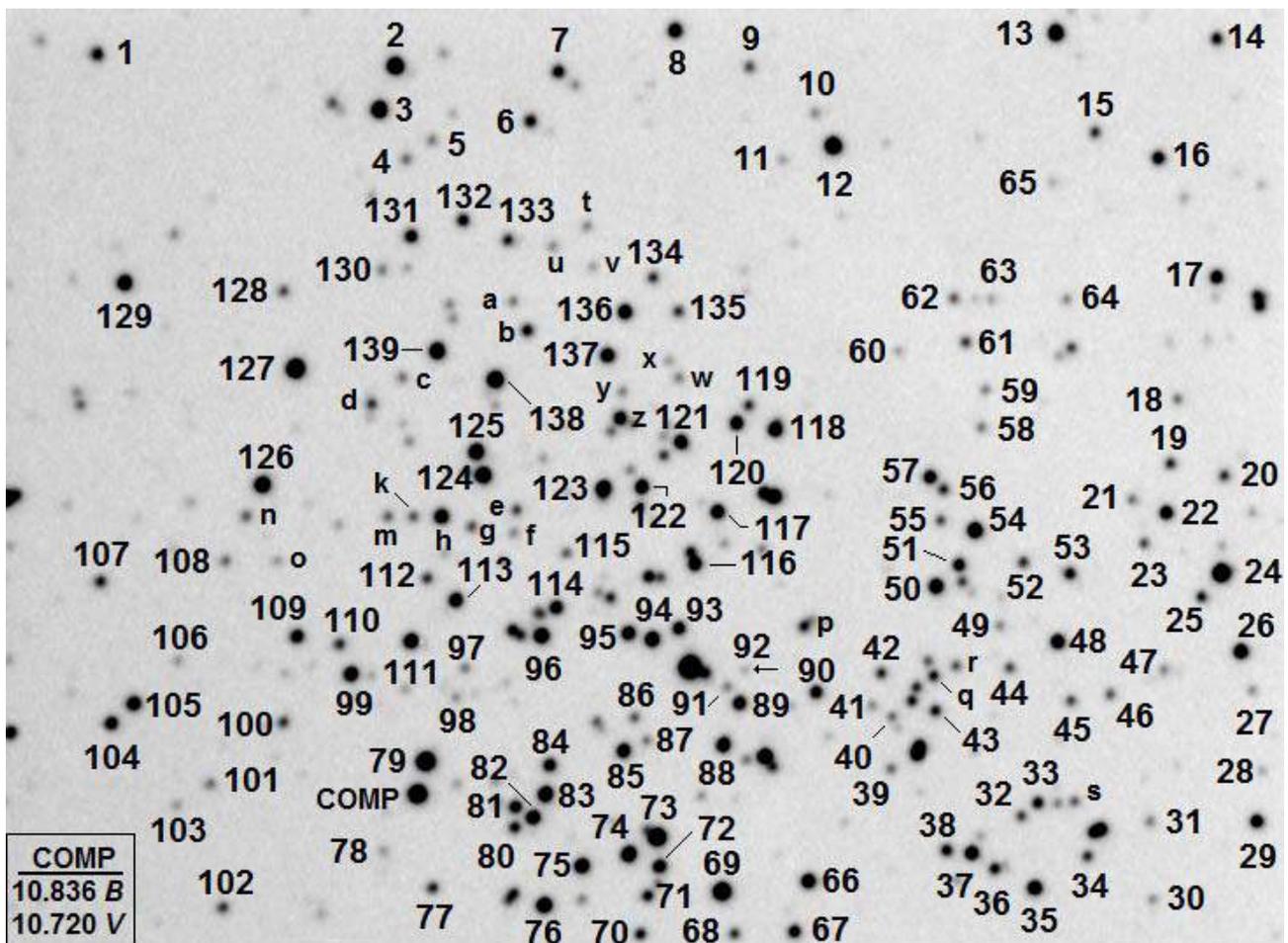


Figura 2. Imagen del cúmulo en banda V que identifica las estrellas primarias con números y la secundarias con letras: hemos rotulado el astro de comparación (COMP) cuyas magnitudes B y V aparecen en el recuadro. La escala de la imagen es igual a $0.9''$ por píxel y el campo cubierto de $11.4' \times 8.5'$; Norte abajo y Este a la derecha.

Para ello comenzamos por seleccionar 139 estrellas, identificadas con números en la Figura 2, que serían medidas sobre las imágenes filtradas: procuramos que -en la medida de lo posible- no estuviesen demasiado próximas a otras componentes para poder ser medidas sin errores; a este amplio conjunto de astros lo hemos denominado “estrellas primarias”: la más brillante es la número 127, de magnitud $10.407 V$, mientras que la más débil es la 92 de magnitud $14.692 V$; como podemos apreciar el conjunto abarca algo más de cuatro magnitudes completas.

Al acabar esta tarea comprobamos que todavía podíamos elegir otras 23 estrellas más que hemos denominado “secundarias” e identificamos con letras latinas: la más brillante es la estrella h , de magnitud $11.734 V$, y la más débil la o de magnitud $14.359 V$; en este caso el pequeño conjunto de astros abarca poco más de dos magnitudes y media.

Finalmente decidimos medir estrellas más débiles (que denominamos “auxiliares”) para registrar las componentes situadas en la parte inferior del diagrama H-R: para ello empleamos tres imágenes profundas B y otras tres V obtenidas con tiempos de exposición de 180 s, llegando a poder identificar 32 estrellas que en la Figura 3 rotulamos con la letra X seguida de un número de orden; como podemos ver la mayoría de las estrellas del cúmulo aparecen sobreexpuestas en esta Figura, no así los astros más débiles que son los que nos interesaban; la más brillante es X30, de magnitud $11.46 V$, y la más débil es X25 de magnitud $15.09 V$.

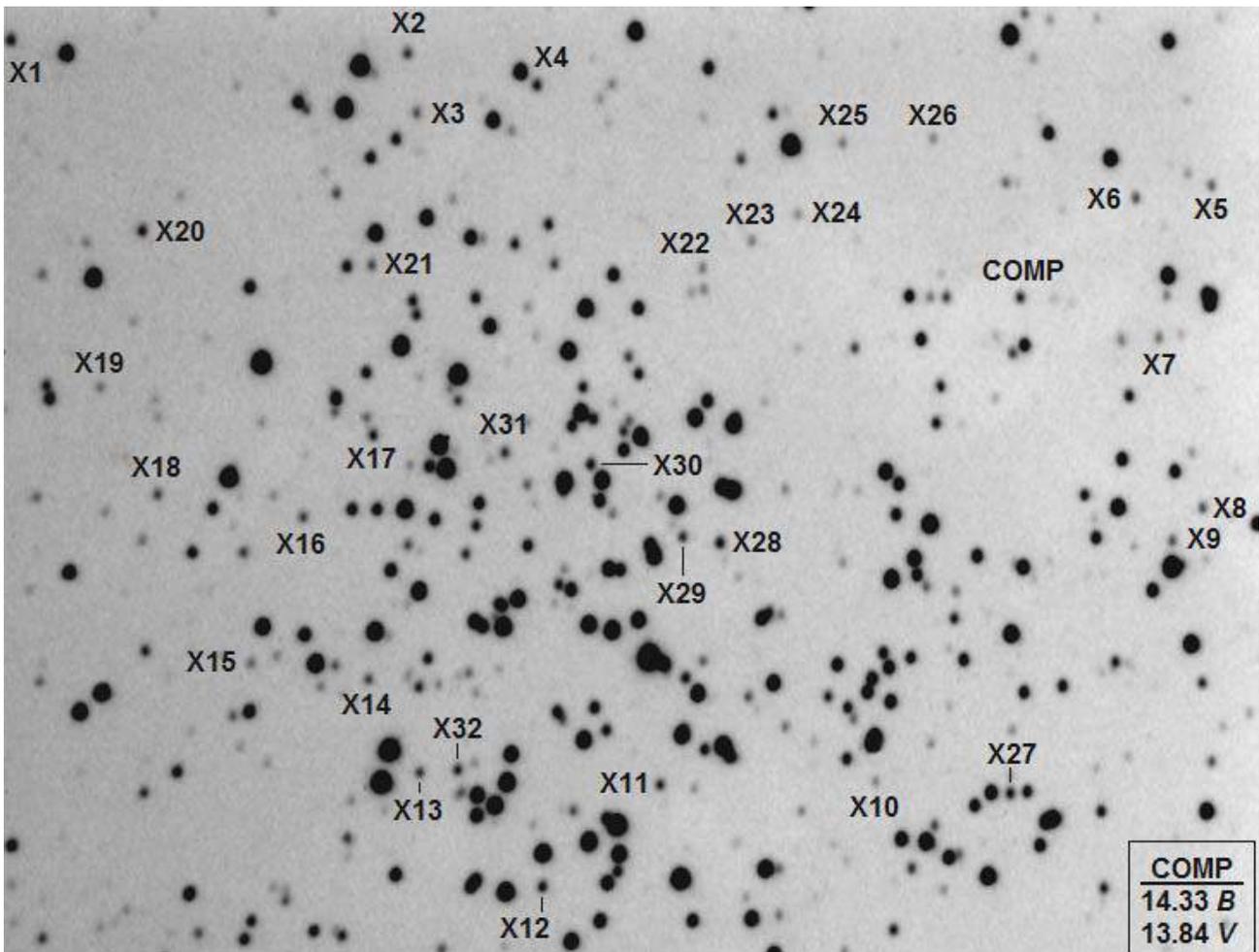


Figura 3. Imagen del cúmulo en banda V que identifica las estrellas auxiliares: hemos rotulado el astro de comparación (COMP) cuyas magnitudes B y V aparecen indicadas en el recuadro. La escala de la imagen es igual a $0.9''$ por píxel y el campo cubierto $11.4' \times 8.5'$; Norte abajo y Este a la derecha.

En ambas Figuras hemos rotulado las estrellas de comparación que hemos utilizado para medir los distintos astros: de magnitudes $10.836 B$ y $10.720 V$ para las estrellas primarias y secundarias, de magnitudes $14.33 B$ y $13.84 V$ para las auxiliares².

Dada su debilidad para nuestro equipo sólo hemos podido medir dos estrellas variables: V1 (astro n° 91) y KV1 (astro n° 53); según nuestros datos la primera es de magnitud $13.452 V$ e índice de color $B - V = 0.605$ mientras que la segunda es de magnitud $12.462 V$ e índice de color $B - V = 0.385$: los valores publicados por Kang *et al.* (2007) son $13.406 V$ con $B - V = 0.609$ y $12.498 V$ con $B - V = 0.427$; la pequeña diferencia que apreciamos se explica porque ambas son astros variables y estos valores cambian levemente a lo largo de su ciclo.

En la Tabla 1 presentamos los datos de las imágenes que hemos utilizado para la obtención de mediciones fotométricas; las columnas son las siguientes, en este mismo orden: fecha en la que se capturaron las imágenes, banda empleada (B o V Johnson), número de imágenes tomadas, tiempo de exposición (medido en segundos) y si han sido utilizadas para extraer de ellas mediciones fotométricas que hemos empleado en este trabajo (sí o no).

² Dado que las magnitudes B y V de esta estrella de comparación se conocen con una precisión de dos decimales los resultados obtenidos para estos astros también se presentan con dos decimales.

TABLA 1

Fecha	Filtro	Imágenes	Exposición (s)	Fotometría
23-VI-2016	<i>B</i>	7	50	S
	<i>B</i>	7	100	N
	<i>B</i>	3	180	S
	<i>B</i>	1	300	N
25-VI-2016	<i>V</i>	7	50	S
	<i>V</i>	7	100	N
	<i>V</i>	4	180	S
	<i>V</i>	2	300	N

como podemos observar hemos capturado imágenes con tiempos de exposición entre los 50 s y los 300 s, aunque estas imágenes profundas (1 *B* y 2 *V*) no han sido utilizadas para extraer de ellas mediciones fotométricas. Como ya comentamos para no saturar las estrellas más brillantes se han utilizado exposiciones de 50 s para los astros primarios y secundarios; para las estrellas auxiliares, bastante más débiles, se han utilizado las imágenes de 180 s de exposición. Esto nos ha permitido medir cómodamente dos grupos de astros: primarios y secundarios, por un lado, y auxiliares por otro; en el primer caso se han medido siete imágenes *B* y otras siete *V*, presentando y tabulando sus magnitudes medias (y errores) con tres decimales, mientras que en el segundo se han medido tres imágenes (también con cada filtro) presentado sus magnitudes medias y errores con dos decimales; el proceso completo se explica en detalle en la siguiente sección.

2. OBSERVACIONES Y REDUCCIÓN DE DATOS.

Para medir las estrellas del cúmulo con la suficiente precisión, especialmente las componentes más débiles, tomamos imágenes de 50 y 100 segundos de exposición con cada filtro utilizando un telescopio catadióptrico de 203 mm de abertura y 2000 de focal con una cámara CCD, de 752 x 580 píxeles de 8.6 micras de lado y electrónica de 16 bits, acoplada al foco primario; el campo cubierto en las imágenes ha sido de 11.4' x 8.5' con una escala igual a 0.90"/píxel: en todas ellas el norte aparece abajo y el este a la derecha (imagen invertida). Al abrir las fotografías comprobamos que las obtenidas con tiempos de exposición de 100 segundos mostraban las estrellas más brillantes saturadas, de modo que decidimos emplear las capturadas con exposiciones de 50 segundos aunque la relación señal/ruido fuese menor para las componentes más débiles. En el caso de las estrellas auxiliares, todas bastante débiles, utilizamos tres imágenes *B* y otras tantas *V* tomadas con tiempos de exposición de 180 segundos las mismas noches.

Las fotografías se han abierto con el programa *FotoDif*, de Julio Castellano, utilizando como estrella de comparación para los astros primarios y secundarios la rotulada COMP en la Figura 2 y para las estrellas auxiliares la rotulada con el mismo nombre en la Figura 3: sus magnitudes *B* y *V* respectivas aparecen indicadas en cada Figura dentro de un rectángulo, a un lado de la misma. Mostramos en la Tabla 2 toda la información facilitada por este software para la estrella más brillante (nº 127, magnitud promedio 10.407 *V*) y la más débil (nº 92, mag. 14.692 *V*) que hemos medido en el primer grupo de astros (estrellas primarias y secundarias); las diez columnas ofrecen, en este orden, la siguiente información: número de la fotografía analizada (de la 1 a la 7), Día Juliano Heliocéntrico, magnitud en banda *V* de la estrella nº 127, precisión (medida en magnitudes), relación señal/ruido, magnitud de la estrella nº 92, precisión, relación señal/ruido, masa de aire y el brillo del fondo del cielo (también medido en magnitudes) de dicha fotografía.

TABLA 2

N°	DJH	127	±	RSR	92	±	RSR	AIRM	FONDO
0001	2457473.39985	10.478	0.003	363	14.606	0.020	54	1.37	18.63
0002	2457473.40144	10.386	0.003	376	14.615	0.020	54	1.38	18.62
0003	2457473.40271	10.435	0.003	368	14.641	0.020	53	1.39	18.62
0004	2457473.40424	10.394	0.003	377	14.684	0.021	52	1.40	18.65
0005	2457473.40581	10.389	0.003	377	14.640	0.020	53	1.41	18.62
0006	2457473.40701	10.434	0.003	370	14.533	0.019	56	1.42	18.65
0007	2457473.40841	10.435	0.003	369	14.598	0.020	54	1.42	18.63

Al examinar la Tabla vemos que la relación señal/ruido fue elevada para la estrella n° 127, en el intervalo 363-377, lo que minimizó el error al medir (reduciéndolo a sólo 0.003 magnitudes) mientras que para la n° 92 este valor cayó a 52-56 lo que aumentó el error hasta casi 0.020 magnitudes³; las restantes estrellas (principales y secundarias) se encontraron entre estos números.

En la Tabla 3 presentamos las magnitudes B y V de las primeras veintiuna estrellas del *survey*: a partir de estos valores es fácil calcular los índices de color $B - V$ por el simple procedimiento de restar la primera magnitud a la segunda.

TABLA 3

Estrella	B	V	Estrella	B	V	Estrella	B	V
1	12.764	12.371	2	11.493	11.171	3	12.353	10.920
4	13.973	13.445	5	14.214	13.622	6	12.807	12.480
7	12.697	12.404	8	12.271	11.813	9	13.561	13.122
10	14.216	13.740	11	14.659	14.154	12	11.524	10.923
13	12.292	10.983	14	12.933	12.522	15	13.341	12.953
16	12.508	12.190	17	12.390	12.009	18	13.936	13.618
19	13.262	12.902	20	13.352	13.065	21	13.999	13.640

de este modo el índice de color de la estrella n° 3 es igual a 1.433, el de la n° 7 igual a 0.293 y el de la n° 13 igual a 1.309: la primera y la últimas son rojizas, la segunda blanco-azulada. La Tabla 4, por su parte, tabula las primeras veintiuna estrellas auxiliares con una precisión de dos decimales:

TABLA 4

Estrella	B	V	Estrella	B	V	Estrella	B	V
X1	14.14	14.48	X2	14.22	13.93	X3	14.71	14.34
X4	12.21	12.25	X5	14.62	14.13	X6	14.18	14.19
X7	14.89	14.17	X8	14.40	14.02	X9	14.26	13.93
X10	15.46	15.05	X11	14.25	13.86	X12	13.98	13.76
X13	14.36	14.07	X14	14.54	14.23	X15	15.09	14.59
X16	14.36	14.06	X17	14.26	13.72	X18	14.52	14.20
X19	14.88	14.77	X20	14.48	13.48	X21	15.05	13.98

3 Un valor bastante reducido teniendo en cuenta el diámetro de telescopio empleado en este trabajo: 203 mm.

3. ELABORACIÓN DEL DIAGRAMA COLOR-MAGNITUD.

Para elaborar un diagrama color-magnitud hemos utilizado una hoja de cálculo con cuatro columnas: en la primera hemos tabulado el número de la estrella dentro de nuestro *survey*, en la segunda la magnitud B , en la tercera la magnitud V y en la cuarta la diferencia entre la segunda y la tercera columna (índices de color $B - V$). Empleando los valores de la tercera y la cuarta columnas hemos dibujado diagramas H-R de las estrellas medidas: en el eje vertical se han representado las magnitudes V mientras que en el horizontal hacemos lo propio con los índices de color $B - V$.

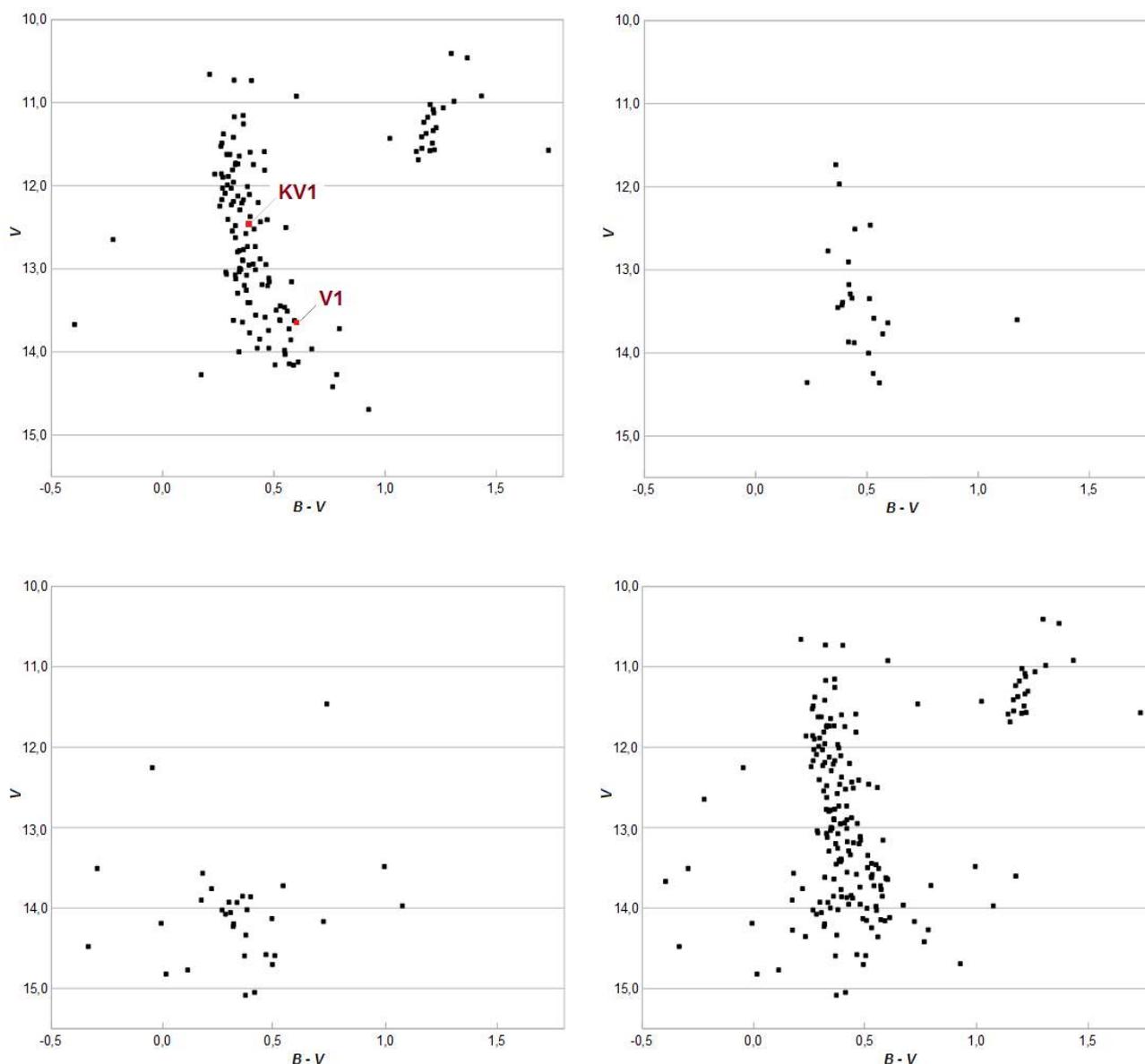


Figura 4. Diagramas H-R obtenidos a partir de las mediciones B , V e índices de color $B - V$: de las Estrellas Primarias (panel superior izquierdo), de las Estrellas Secundarias (panel superior derecho), de las Estrellas Auxiliares (panel inferior izquierdo) y de todas las estrellas medidas (panel inferior derecho); en el primero hemos rotulado las estrellas variables KV1 (de tipo δ Scu) y V1 (binaria eclipsante)⁴.

Dado que hemos medido tres conjuntos de estrellas hemos dibujado tres diagramas H-R: de

⁴ Esta última, al ser una estrella binaria, aparece levemente desplazada hacia la parte derecha de la Secuencia Principal: precisamente dentro de la denominada Secuencia de las Binarias (*Binary sequence*).

las estrellas primarias (Figura 4, panel superior izquierdo), de las secundarias (misma figura, panel superior derecho) y de las auxiliares (panel inferior izquierdo). Finalmente, utilizando todas las estrellas medidas, hemos obtenido un completo diagrama H-R del cúmulo (panel inferior derecho). Al examinar este último notaremos tres cosas: en primer lugar que las estrellas forman una Secuencia Principal muy bien dibujada (que se extiende en diagonal de arriba hacia abajo: es muy visible en los dos primeros paneles); en segundo lugar que existe un apiñamiento de estrellas (*Red Clump*) en la zona de las Gigantes Rojas (parte superior derecha del primer y último panel) y en tercero que hay algunas componentes (todas ellas estrellas auxiliares), alrededor de dos docenas por encima de la magnitud $\sim 13.5 V$, situadas fuera de la Secuencia Principal tanto a un lado (estrellas “azuladas”) como al otro (estrellas “rojizas”): son estrellas de campo no pertenecientes al cúmulo.

El examen del primer panel muestra claramente la Secuencia Principal hasta la magnitud $\sim 14.9 V$, las estrellas Gigantes Rojas apiñadas en un grupo entre las magnitudes $\sim 11.0-11.6 V$ y tres o cuatro astros fuera de la Secuencia Principal: todo el conjunto es muy homogéneo. El examen del segundo panel muestra también dicha secuencia y sólo dos estrellas situadas fuera de la misma: el conjunto es tan homogéneo como el anterior. El tercer panel, que representa las Estrellas Auxiliares, muestra una veintena de componentes en la Secuencia Principal (entre las magnitudes $\sim 13.5-15.1 V$) y una decena, aproximadamente fuera de ella tanto en la parte azul como en la roja del diagrama: dado que el cúmulo está muy próximo a la Vía Láctea estos débiles astros (por encima de la magnitud $\sim 13.5 V$) son estrellas de campo no pertenecientes al mismo.

4. DIAGRAMAS H-R DEL CÚMULO.

En la literatura sobre Messier 37, que se puede consultar y descargar de SAO NASA ADS o Simbad, podemos encontrar varios trabajos en los que los autores publicaron diagramas H-R del cúmulo: en la Figura 5 mostramos los obtenidos por Hoag *et al.* (1961), panel izquierdo y Kiss *et al.* (2001), derecho; en el primero de ellos se aprecia con toda nitidez la Secuencia Principal, apenas cuatro o cinco Gigantes Rojas dispersas y dos docenas de estrellas de campo, fuera de dicha Secuencia, especialmente abundantes a la derecha de la misma. El segundo, más rico y completo,

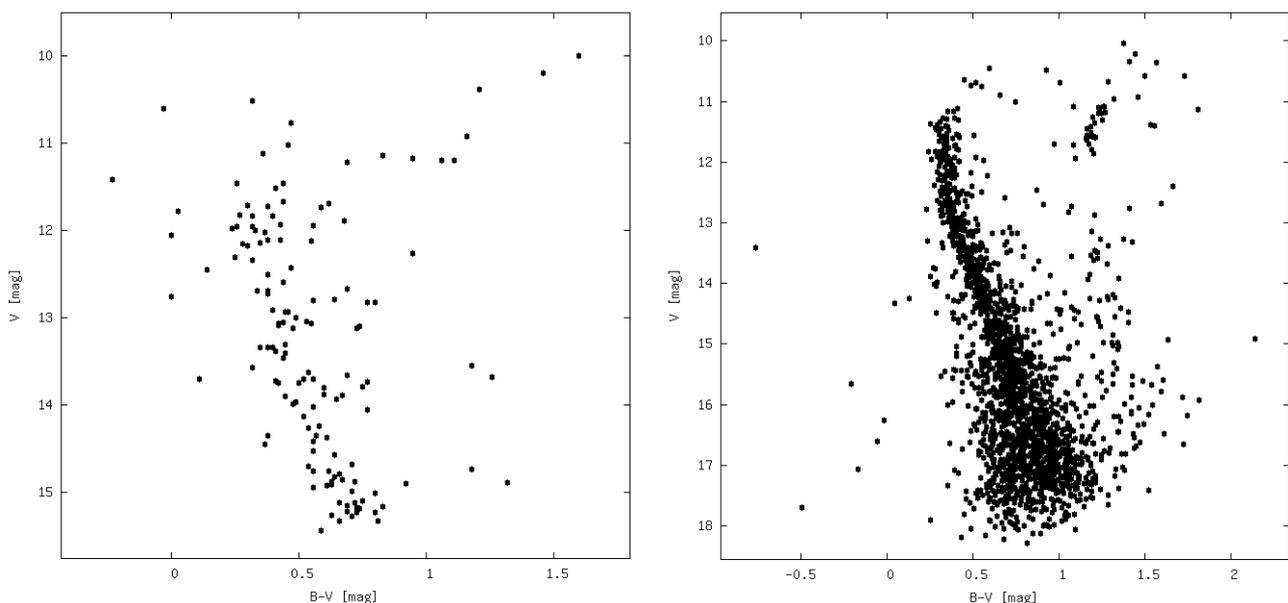


Figura 5. Diagramas obtenidos por Hoag *et al.* (1961), a la izquierda, y Kiss *et al.* (2001), a la derecha: en el primero se aprecia la Secuencia Principal pero apenas se distinguen las Gigantes Rojas; el segundo, por el contrario, las muestra *aplotonadas* en torno a la magnitud $\sim 11.1-11.5 V$ con índices de color $\sim 1.23-1.25$.

muestra una Secuencia Principal muy marcada y un *Red Clump* bastante más nutrido: este grupo es casi idéntico a los que hemos presentado en nuestros paneles primero y cuarto de la Figura 4; finalmente aunque apenas contiene una decena de estrellas de campo, a la izquierda de la Secuencia Principal, hay gran cantidad de ellas a su derecha, en la zona roja, dispersas entre las magnitudes $\sim 12.5-17.5 V$.

Podemos presentar dos ejemplos más para comparar los resultados obtenidos por otros investigadores, en este caso Mermilliod (Mermilliod *et al.*, 1996) y Kang (Kang *et al.*, 2007), lo que hacemos en la Figura 6.

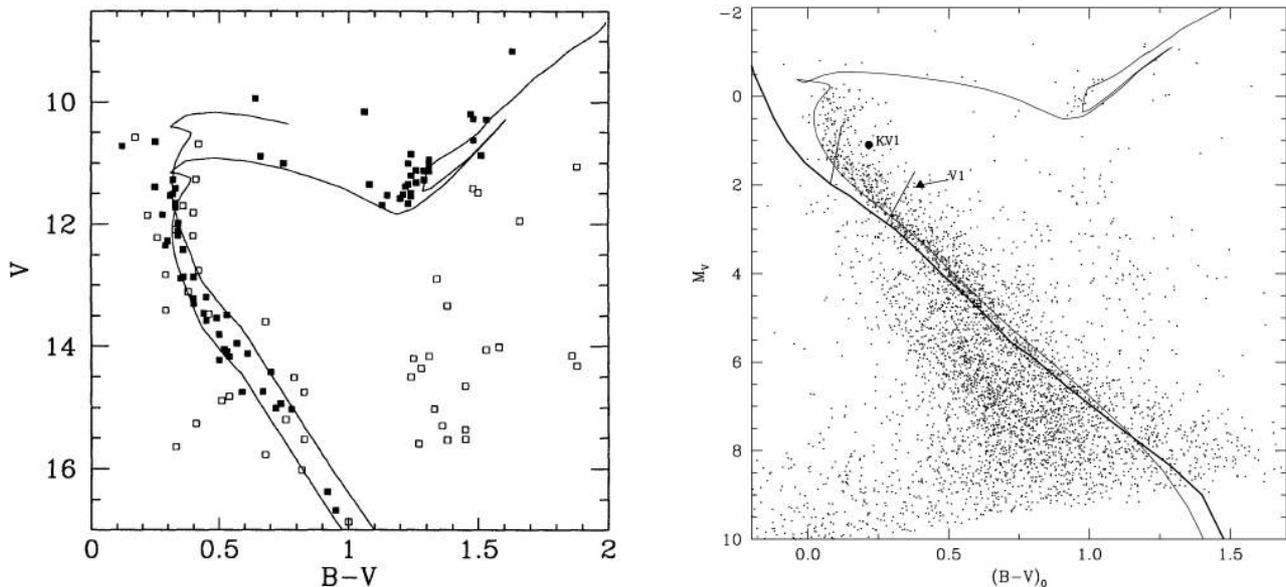


Figura 6. Diagramas H-R obtenidos por Mermilliod *et al.* (1996), a la izquierda, y Kang *et al.* (2007), a la derecha: en este último se han marcado las posiciones de las variables KV1 (δ Scu) y V1 (binaria eclipsante).

El primero de ellos (panel izquierdo) presenta las estrellas del cúmulo como cuadrados completamente negros mientras que las de campo son blancos; sobre ellas se ha superpuesto una isócrona con una edad $\log t = 8.65$ (aproximadamente 446 millones de años) con metalicidad $Z = 0.02$ y la misma isócrona desplazada 0.75 magnitudes⁵ delimitando la Secuencia de las Binarias: entre ambas quedan todas las estrellas pertenecientes a la Secuencia Principal del cúmulo; notemos la abundancia de estrellas de campo en la zona roja del diagrama, a la derecha de la mencionada secuencia. Estos investigadores miden un exceso de color⁶ $E(B - V) = 0.29$ y un módulo de distancia $m - M = 11.50$ magnitudes.

El segundo (panel derecho) muestra la Secuencia Principal de Edad Cero o ZAMS (línea gruesa) junto a una isócrona para una edad $\log t = 8.65$ y metalicidad $Z = 0.019$: en él se ha marcado la posición de las estrellas variables KV1 (dentro de la Banda de Inestabilidad de las δ Scu, zona delimitada con líneas rectas) y la binaria eclipsante V1, inmediatamente fuera de la misma; notemos que, como en el caso anterior, la isócrona pasa por el *Red Clump*. Este diagrama H-R presenta magnitudes e índices de color “desenrojados” (*unreddened* en la literatura profesional), como si

5 Si tenemos un sistema binario formado por dos estrellas de similar masa, color y temperatura el brillo conjunto se incrementa en un factor: $2.5 \log 2 = 0.75$ magnitudes, de ahí el origen de la *Secuencia de las Binarias*.

6 Enrojecimiento de la luz debido al polvo interestelar: se representa como $E(B - V)$.

no existiese la absorción del polvo interestelar, que estos investigadores encuentran igual a $E(B - V) = 0.21$, cifrando el módulo de distancia $(V - M_V)_0 = 11.55$ magnitudes, en buena concordancia con los resultados determinados por Mermilliod *et al.* Nuestro diagrama H-R es casi idéntico al de este equipo por tanto el valor de la isócrona $\log t = 8.65$ se puede aplicar, *bona fide*, a nuestro trabajo perfectamente: el cúmulo tiene entonces una edad cercana a los 450 millones de años.

Estos dos valores, enrojecimiento y módulo de distancia, también pueden extraerse de nuestra fotometría aunque con una precisión algo menor. El color intrínseco⁷ $B - V_0$ de las estrellas que forman el *Red Clump* es muy próximo a 1.00, tal como puede verse en el diagrama H-R de Kang; dado que según nuestra fotometría (Figura 4 y Anexo 1) su color aparente $B - V$ oscila entre 1.20 y 1.25 este será el valor del exceso de color $E(B - V)$: entre 0.21-0.25 magnitudes. El módulo de distancia $m - M$ puede determinarse dos modos distintos:

a) a partir de la magnitud absoluta M de las estrellas que forman el *Red Clump*, comparándola con las magnitudes aparentes m que hemos obtenido: dado que M es próxima a 0.00 y nosotros encontramos estas estrellas en torno a la magnitud $m \sim 11.45-11.55$ V el valor aproximado del módulo de distancia $m - M \sim 11.50$ magnitudes.

b) a partir de la magnitud absoluta M de la estrella variable KV1, que es de tipo δ Scu: la fotometría de la campaña de 2016 la encontró en la magnitud media 12.473 ± 0.018 V mientras que la de 2017 la midió en 12.514 ± 0.017 V ; dado que $M \sim 1.00$ el módulo de distancia $m - M$ adoptará dos valores: 11.47 magnitudes según los datos de 2016 y 11.51 magnitudes según los de 2017, ambos consistentes entre ellos.

Encontramos entonces tres valores para $m - M$ que son 11.50, 11.47 y 11.51 magnitudes: la distancia puede estimarse en torno a los 1300 pc; dentro de la precisión de nuestro equipo estos resultados no son muy distintos a los publicados por otros investigadores.

RESUMEN

Hemos realizado un estudio fotométrico del cúmulo abierto Messier 37 para determinar su módulo de distancia, enrojecimiento y edad; para ello hemos elaborado un *survey* de 194 estrellas repartidas en un área de $11.4' \times 8.5'$ centrada en la parte más densa del mismo: se han extraído magnitudes B y V de imágenes CCD filtradas, capturadas las noches del 23 y 25 de junio de 2016, y se han determinado de ellas los índices de color $B - V$. A partir de estos valores hemos elaborado cuatro diagramas color-magnitud en los que se aprecia con nitidez la Secuencia Principal hasta la magnitud 15.085 V , el *Red Clump* y algunas estrellas de campo. Comparando la magnitud V de las estrellas del *Red Clump* con su magnitud absoluta M_V determinamos el módulo de distancia $m - M \sim 11.50$ magnitudes (en torno a 1300 pc) encontrando un exceso de color $E(B - V)$ entre 0.21 y 0.25 magnitudes. La edad, a partir de las trazas evolutivas que examinamos en diversos trabajos y comparamos con nuestro diagrama H-R, es próxima a los 450 millones de años: dentro de la precisión de nuestro equipo estos valores son consistentes con los publicados en la amplia literatura consultada⁸.

⁷ Es decir, el valor del color estelar que no ha sido afectado por el enrojecimiento: se denota como $B - V_0$.

⁸ La base de datos WEBDA indica que su enrojecimiento es igual a 0.302 magnitudes, el módulo de distancia 11.64 magnitudes, su distancia 1383 pc (unos 4510 años luz) y su edad $\log t = 8.54$ (unos 347 millones de años).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido realizado utilizando los catálogos y bancos de datos de VizieR y SIMBAD (Centro de Datos Estelares CDS, Strasbourg, France), Aladin Sky Atlas, NASA's Astrophysics Data System, la base de datos WEBDA, el software *FotoDif* (escrito por Julio Castellano) así como el telescopio catadióptrico de 203 mm de abertura, la cámara CCD y la rueda de filtros fotométricos BVR_{cI_C} del Observatorio Astronómico *Norba Caesarina*.

REFERENCIAS

- Aladin Sky Atlas: <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl>
FotoDif, software fotométrico de Julio Castellano: <http://www.astrosurf.com/orodeno/fotodif/>
Hoag, A. A. *et al.* (1961), Publ. USNO, 2d, v. 17: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1961PUSNO..17..343H>
Kang *et al.* (2007), PASP, 119, 239: <http://iopscience.iop.org/article/10.1086/513883/pdf>
Kiss *et al.* (2001), A&A, 376, 561: <http://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2001/35/aah2757.pdf>
Mermilliod, J. C. *et al.* (1996), A&A, 307, 80M:
<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-ref?bibcode=1996A%26A...307...80M>
Parámetros de las variables de M37 (online en Chan *et al.*, 2015): <http://stardb.yonsei.ac.kr/>
SAO NASA ADS: http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
SIMBAD Astronomical Database: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
Violat Bordonau, Francisco (2017a): <http://casanchi.com/ast/m37a01.htm>
Violat Bordonau, Francisco (2017b): <http://casanchi.com/ast/m37b01.htm>
VizieR Catalogue Service: <http://vizier.u-strasbg.fr/>
WEBDA Base de Datos: https://www.univie.ac.at/webda/cgi-bin/ocl_page.cgi?cluster=m37

ANEXO I

FOTOMETRÍA BV DE LAS GIGANTES ROJAS (RED CLUMP)

N°	B	V	$B - V$	N°	B	V	$B - V$
50	12.532	11.303	1.229	74	12.299	11.083	1.216
83	12.367	11.176	1.191	88	12.554	11.370	1.184
89	12.835	11.686	1.149	94	12.409	11.235	1.174
99	12.574	11.410	1.164	113	12.780	11.579	1.201
116	12.450	11.429	1.021	120	12.790	11.569	1.221
121	12.728	11.588	1.140	122	12.669	11.487	1.182
123	12.222	11.021	1.201	125	12.341	11.122	1.219
129	12.553	11.337	1.216				