

ESTUDIO ESPECTROSCÓPICO DEL CÚMULO ABIERTO STEPHENSON 1 (III) ESPECTROS DE 18 ESTRELLAS

FRANCISCO VIOLAT BORDONAU^{1,2}, DAVID VIOLAT MARTÍN¹

1. Asesores Astronómicos Cacerseños, Apartado 409, E10080 Cáceres (España), fviolat@yahoo.es

2. Agrupación Astronómica de Cádiz, Cádiz (España), <http://aacadiz.com/>

Resumen. Hemos obtenido espectrogramas de baja resolución (~ 2.9 nanómetros/píxel) del joven cúmulo abierto Stephenson 1, situado alrededor de la estrella variable $\delta 2$ Lyrae, durante doce noches entre el 23 de junio y el 27 de noviembre de 2008. En este tercer trabajo presentamos espectrogramas de 18 estrellas de la zona.

En trabajos anteriores (Violat y Violat, 2010a, b) expusimos los primeros resultados que obtuvimos al estudiar espectroscópicamente el joven cúmulo abierto Stephenson 1 (Stephenson, 1959) situado en la constelación Lyra, alrededor de las estrellas $\delta 1$ y $\delta 2$ Lyrae; fueron obtenidos utilizando dos telescopios distintos: al comienzo de la campaña (desde el 20 de junio de 2008), el catadióptrico de 254 mm de diámetro y 2500 mm de focal del Observatorio de La Sagra (Granada) y desde el 1 de octubre el telescopio del Observatorio Astronómico de Cáceres (catadióptrico de 203 mm de diámetro y 2000 mm de focal), a los que se acoplaron la red y una cámara CCD marca Starlight Xpress modelo SXVF-M7 de 752 x 580 píxeles (con electrónica de 16 bits) en blanco, grises y negro, capaz de trabajar entre los 360 y 1000 nanómetros: del ultravioleta cercano al infrarrojo cercano; una descripción de este equipamiento y algunos resultados ya aparecieron publicados en un trabajo nuestro anterior (Violat y Violat, 2009).

La rueda portafiltros contenía, además de los filtros fotométricos V y R Johnson, una red de difracción comercial de 100 líneas por milímetro montada en el cuerpo de un filtro de pulgada y cuarto, con la cual se pudieron obtener espectrogramas de baja resolución y amplio campo de gran cantidad de estrellas del cúmulo entre las magnitudes 4.3 y 12.5 V aproximadamente: la Figura 1 de nuestro anterior trabajo es un buen ejemplo ya que permite apreciar los espectrogramas de estrellas tan brillantes como $\delta 2$ Lyr (en torno a la magnitud 4.25 V aunque es levemente variable) y tan débiles como GSC-2651-0671 (magnitud 12.09 V).

Analizando despacio las numerosas imágenes obtenidas hemos llegado a recopilar y analizar espectros de dieciocho estrellas distintas (además de los de las estrellas $\delta 1$ y $\delta 2$ Lyrae, ya publicados en artículos anteriores) repartidas por todo el cúmulo alrededor de un centro imaginario situado en la estrella anaranjada BD +36 3312: las imágenes han llegado a mostrar, en realidad, espectros de muchas más estrellas pero debido a la debilidad de los mismos la relación señal/ruido era baja y la calidad de los resultados reducida, por lo cual hemos optado por no mostrarlos.

Las estrellas estudiadas han sido marcadas con números en una imagen CCD, rotulada como Figura 1, capturada a foco primario y en banda V la noche del 27 de julio de 2010 con el reflector RCOS de 51 cm del Observatorio Astronómico de Forcarei (Pontevedra), perteneciente a la fundación *Ceo, Ciencia e Cultura* (FC³)¹; el Norte aparece abajo y el Este a la derecha.

1 Puede visitarse virtualmente en la dirección web: www.fc3.es

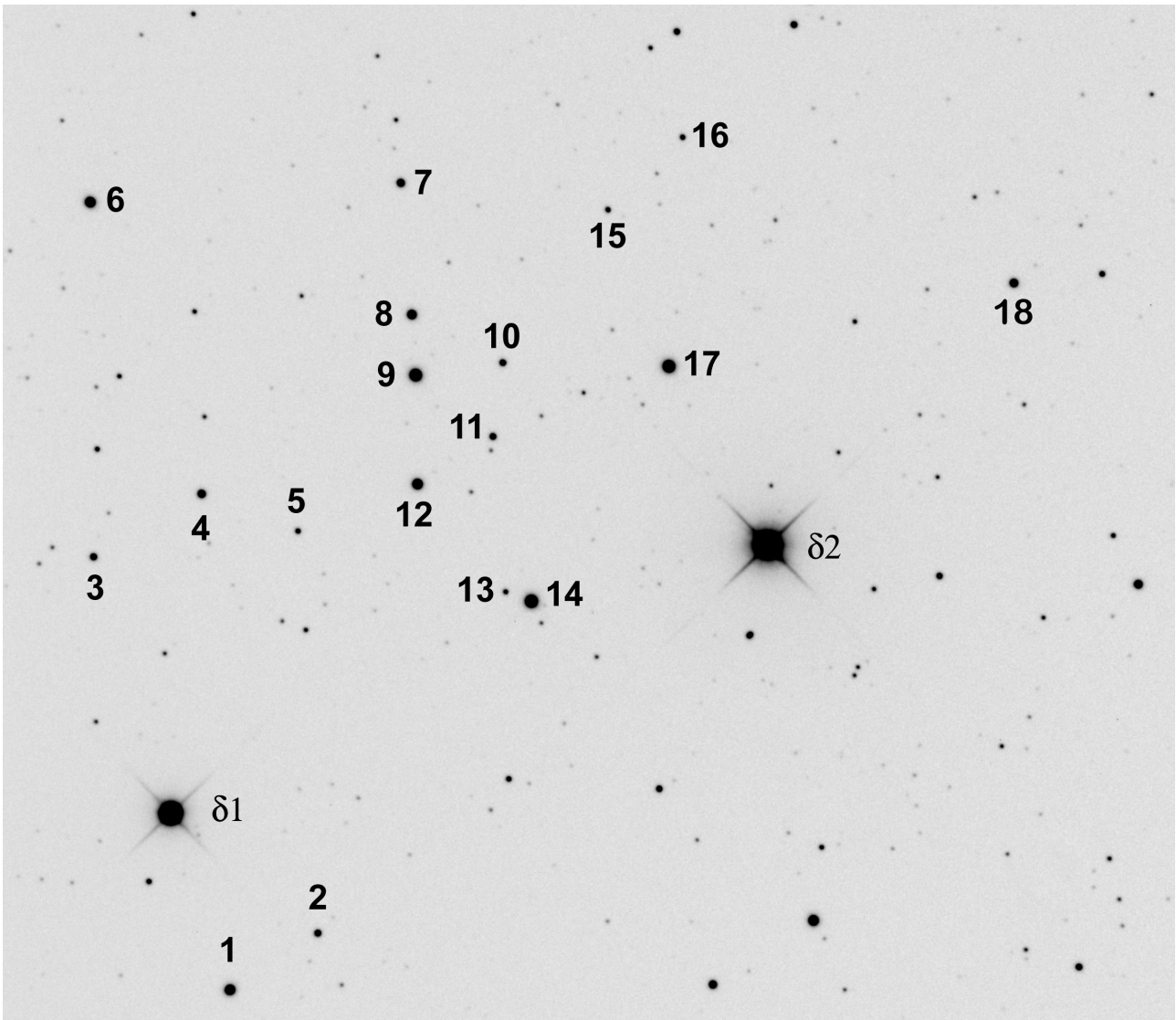


Figura 1. Imagen digital de Stephenson 1, en banda V , sobre la que hemos marcado con números todas las estrellas estudiadas: Norte abajo y Este a la derecha (F. Violat, Observatorio Astronómico de Forcarei, Fundación FC³).

Podemos comprobar que nuestro estudio cubre una amplia gama de astros de muy diversas magnitudes que se encontraban comprendidas entre la 8.65 V de la estrella BD +36 3314 (número 14 en la Figura 1) y la 12.64 V de la estrellita GSC 2651-0922 (número 15).

La Tabla 1 identifica cada una de las estrellas de dicha figura presentando su denominación más usual así como sus magnitudes en banda V (y números de orden ID) tal como aparecen en el trabajo de Bronkalla (1963), en la versión moderna del Guide Star Catalog II (GSC 2.3., STScI, 2006) y en nuestro trabajo fotométrico más reciente (“Fotometría V de 10 estrellas del cúmulo abierto Stephenson 1”, 2010)².

² Disponible *on line* en la web en la dirección: http://casanchi.com/ast/fotostephenson1_01.pdf

Tabla 1

Número	Nombre	Bronkalla ID	Bronkalla	GSC 2.3.2	Violat
1	BD +36 3308		9.70	9.54	
2	GSC 2650-1321	28	11.71	11.80	
3	GSC 2650-1537	15	11.73	11.77	
4	TYC 2650-1388	22	10.95	11.03	10.96 ± 0.02
5	GSC 2650-1503	25	12.45	12.31	12.50 ± 0.04
6	BD +36 3306		9.80	9.82	9.78 ± 0.02
7	BD +36 3311		11.11	11.19	11.05 ± 0.02
8	BD +36 3310		10.34	10.30	10.30 ± 0.02
9	BD +36 3312		8.74	8.73	8.78 ± 0.02
10	GSC 2651-0807	40	11.85	11.79	
11	GSC 2651-0671	39	11.83	11.81	
12	BD +36 3313		9.83	9.79	9.79 ± 0.02
13	GSC 2651-0600			12.30	12.76 ± 0.05
14	BD +36 3314		8.66	8.65	
15	GSC 2651-0922	46	12.64	12.64	
16	GSC 2651-0965	52	12.56	12.38	12.54 ± 0.05
17	BD +36 3317		(8.79)	(8.77)	8.77 ± 0.02
18	BD +36 3321		10.78	10.95	

Observando con detenimiento la tabla podemos comprobar, en primer lugar, que la fotometría clásica de Bronkalla (que es antigua) es consistente con la más moderna del GSC II salvo en algunas estrellas (como los números 1, 5, 16 y 18) para las cuales existe una diferencia de hasta 0.18 magnitudes entre ambos valores; en segundo lugar vemos que, para las diez estrellas que medimos fotométricamente en 2008 desde Granada, existe una coincidencia casi total con los valores proporcionados por Bronkalla dentro de la precisión de las mediciones: en nuestro caso la diferencia máxima es de sólo 0.06 magnitudes para la estrella 7. Para finalizar si enfrentamos nuestra fotometría con la del GSC vuelven a aparecer diferencias en algunas estrellas: 0.07 magnitudes en la estrella 4, 0.19 magnitudes en la 5, 0.14 magnitudes en la 7, 0.46 en la 13 y 0.16 en la 16, diferencias que son achacables a este catálogo ya que (como vimos) no existen entre los datos de Bronkalla y los nuestros; de este modo si consultamos el brillo de la estrella 13 en HST Guide Star Catalogue (1996) veremos que aparece con magnitud 12.67 *V* siendo este valor mucho más próximo al nuestro. Creemos que es posible que su proximidad a la brillante estrella BD +36 3308 haya falseado el resultado en el catálogo GSC, ya que el examen visual de nuestra fotografía pone de manifiesto que no se parece nada en brillo a la estrella 16 de la cual (según GSC 2.3.2) sólo se diferencia en 0.08 magnitudes mientras que es más débil que la 5 la cual, según datos de Bronkalla y nuestros, brilla con magnitud 12.45 *V*.

La técnica empleada para la obtención de los espectrogramas y los perfiles espectrales ha sido expuesta ya en nuestros trabajos previos, pero la resumimos: por medio de la red de difracción se han obtenido imágenes CCD del cúmulo en las que se apreciaban las estrellas y, a un lado de las mismas, los espectros de orden 1; estos espectros han sido medidos con el programa AstroArt el cual permite obtener un “corte” o perfil del mismo en dos ejes, en uno de los cuales aparece el

número del píxel y en el otro la intensidad (número de cuentas). La *forma* de estos perfiles nos muestra la distribución espectral de la energía en función de la longitud de onda, siendo muy distintos (e inconfundibles) los de una estrella caliente (O, B y A), templada (F y G) o fría (K, M y posteriores): en todos ellos la zona violeta aparece a la izquierda y la infrarroja a la derecha. Pasemos ya a ver los resultados obtenidos.

Estrella 1 (BD +36 3308). De magnitud 9.70 V (Bronkalla) pero 9.54 V (GSC) aparece en nuestra imagen (Figura 1) con un brillo similar al de la estrella 12 que es de magnitud 9.79 V según el GSC y 9.83 V según Bronkalla: es evidente que el valor del GSC es erróneo. El espectrograma obtenido la noche del 25 de octubre de 2008 desde Cáceres (Figura 2, izquierda) muestra una clara asimetría en su distribución espectral, con el máximo levemente desplazado hacia la derecha, lo que indica que es una estrella anaranjada: el índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 1.48 siendo su espectro de tipo K2 III.

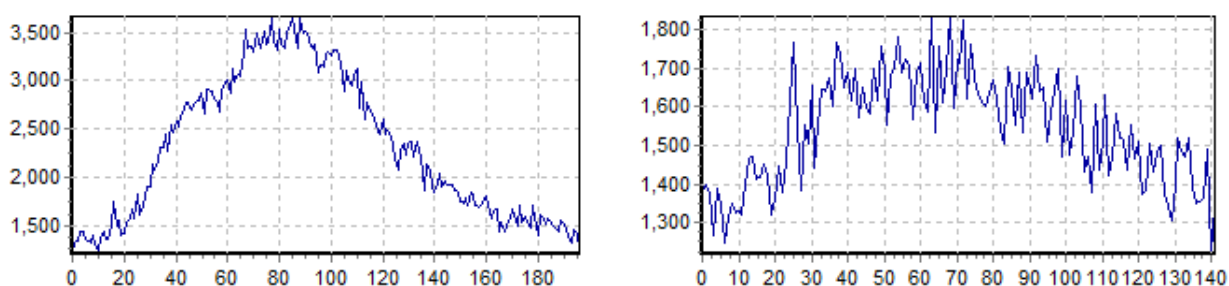


Figura 2. Perfiles espectrales de las estrella 1 (izquierda) y 2 (derecha): ambas son astros templados de tipos K y F.

Estrella 2 (GSC 2650-1321). La fotometría en este astro es coherente mostrándola con magnitud 11.71 V (Bronkalla) y 11.80 V (GSC); su espectrograma fue obtenido la misma noche que para la estrella anterior ya que espacialmente se encuentra muy próxima a ella: aunque la relación señal/ruido no era demasiado alta (y el resultado así lo muestra) su perfil –que presentamos en la misma figura, a la derecha– muestra también la típica asimetría de las estrellas templadas, probablemente amarilla o amarillo-anaranjada. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.47 y apunta a una estrella de tipo espectral F5 o próximo.

Estrella 3 (GSC 2650-1137). Es de magnitud 11.73 V (Bronkalla) y 11.77 V (GSC). Disponemos de dos espectrogramas obtenidos la noche del 20 de octubre desde Cáceres los cuales muestran un perfil idéntico (Figura 3, arriba) con su máximo situado casi en la zona central del mismo, lo que apunta a una estrella blanco-amarillenta. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.40 y corresponde también a una estrella de tipo espectral F5 o próximo.

Estrella 4 (TYC 2650-1338). Con magnitud 10.95 V (Bronkalla), 11.03 V (GSC) y 10.96 V (nosotros) es algo más brillante que la anterior por lo que sus espectros han sido algo más intensos y de mejor calidad; al situarse espacialmente inmediatamente al sudeste de la anterior aparece en los mismos espectrogramas obtenidos el 20 de octubre. Su perfil espectral (Figura 3, centro) es típico de las estrellas moderadamente calientes (blanca o blanco-amarillenta) ya que presenta su máximo de brillo asimétrico y desplazado hacia la zona izquierda. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.59 lo que indica que es una estrella de tipo espectral F6 a F8.

Estrella 5 (GSC 2650-1503). De magnitud 12.45 V (Bronkalla), 12.31 V (GSC) y 12.50 V (nosotros) visualmente aparece situada al noreste de la anterior. El perfil espectral obtenido (Figura 3, abajo) es distinto a los de las dos estrellas anteriores ya que presenta su máximo desplazado hacia la derecha, lo que apunta hacia un astro más frío de color anaranjado. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 1.52 lo que sugiere que es una estrella de tipo espectral avanzado, probablemente K6 o algo más frío.

Estrella 6 (BD +36 3306). Es de magnitud 9.80 V (Bronkalla) y 9.82 V (GSC) siendo dos valores completamente coherentes entre ellos. Disponemos de varios espectros tomados desde Cáceres los días 20 y 25 de octubre: como es un astro bastante brillante la relación señal/ruido ha sido buena por lo que el resultado es de buena calidad. El perfil espectral típico es el que mostramos en la Figura 4: como podemos ver es completamente asimétrico con su pico de brillo desplazado hacia las longitudes de onda cortas, algo típico de las estrellas calientes. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.14 siendo su espectro de tipo A2.

Estrella 7 (BD +36 3311). Aparece con magnitud 11.11 V (Bronkalla), 11.19 V (GSC) y 11.05 V (nosotros). De ella tomamos espectros abundantes, con diferentes tiempos de exposición, con lo cual disponemos de datos repetidos tanto desde Granada como desde Cáceres con distintos telescopios: en todos ellos el perfil (Figura 4, derecha) aparece asimétrico aunque no tan marcado como la estrella anterior, lo que indica que siendo un astro caliente no lo es tanto. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.36 siendo su espectro de tipo F2 III.

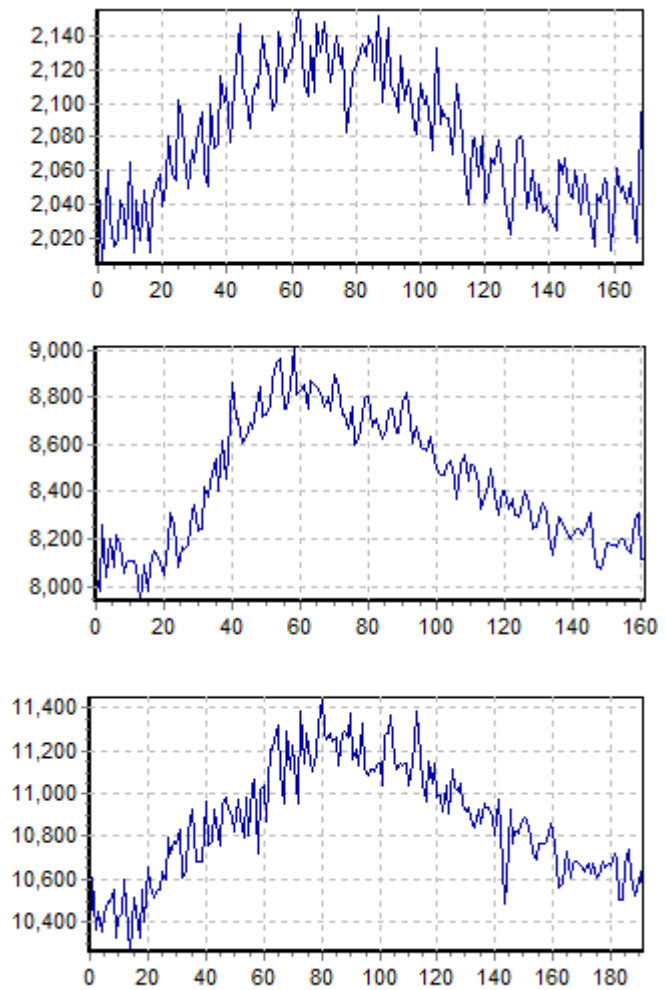


Figura 3. Perfiles espectrales de las estrellas 3 (arriba), 4 (centro) y 5 (abajo).

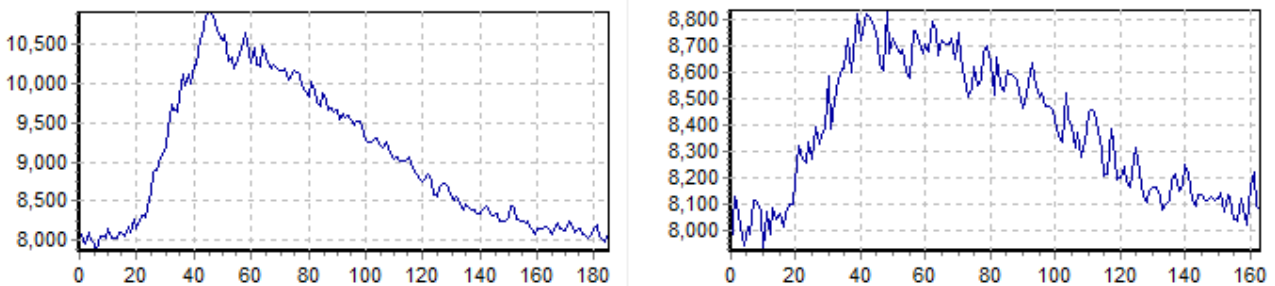


Figura 4. Perfiles espectrales de las estrella 6 (izquierda) y 7 (derecha): la primera es una A2, la segunda F2.

Estrella 8 (BD +36 3310). De magnitud 10.34 V (Bronkalla), 10.30 V (GSC) y 10.30 V (nosotros) visualmente aparece situada inmediatamente al norte de la anterior siendo la segunda de una serie de cuatro astros alineados. Como con la estrella 7 disponemos de abundantes espectrogramas: en todos ellos muestra una clara asimetría a la izquierda (Figura 5, izquierda) con una pendiente muy aguda, lo que indica que se trata de un astro caliente. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.26 de modo que, aunque no indica su tipo espectral, sin duda es A medio (entre A3 y A6); en el catálogo de espectros estelares en cúmulos (Skiff, 2010) aparece de tipo A4 aunque realmente este dato proviene del trabajo de Hardy y Candy (1971), que tuvimos que conseguir a partir del trabajo original publicado en el *Royal Observatory Bulletins*.

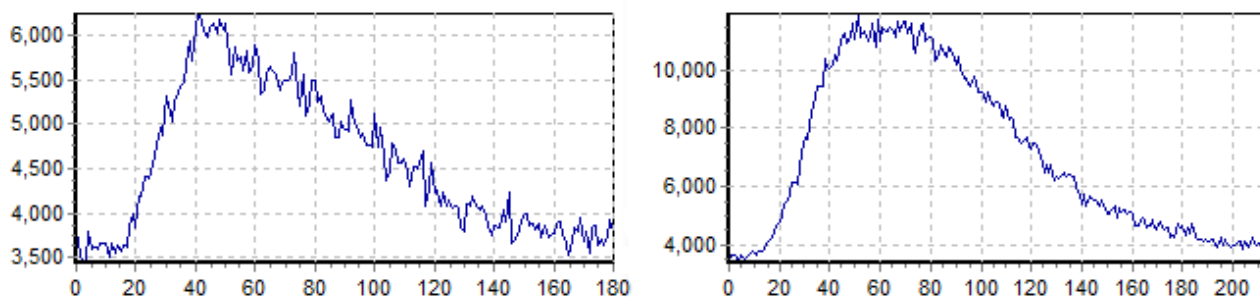


Figura 5. Perfiles espectrales de las estrella 8 (izquierda) y 9 (derecha): la primera es de tipo A4, la segunda una K2.

Estrella 9 (BD +36 3312). Es de magnitud 9.80 V (Bronkalla), 9.82 V (GSC) y 9.78 V (nosotros); aparece como el astro central del cúmulo en la posición α : 18h 54m 02.29s y δ : +36° 51' 20.23" alrededor del cual parecen disponerse todos los demás de manera radial. Disponemos de abundantes espectrogramas en todos los cuales la energía electromagnética parece distribuirse de manera “acampanada” apareciendo el máximo (de cima redondeada) desplazado hacia la derecha, tal como mostramos en el perfil espectral de la Figura 5 (derecha): con este dato podemos ver que se trata de una estrella no muy caliente de color ambarino. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 1.06 clasificándolo en el tipo espectral K2 III: Harding y Candy (1971) determinan un espectro de tipo K0 III.

Estrella 10 (GSC 2651-0807). Aparece con magnitud 11.85 V (Bronkalla) y 11.79 V (GSC). Situada inmediatamente al este de la anterior, también en el centro del cúmulo, ha sido registrada en numerosas ocasiones tanto desde Granada como desde Cáceres. El espectrograma tipo (Figura 6, izquierda) muestra la distribución de la energía con la asimetría a la izquierda aunque no demasiado marcada, lo que apunta a un astro caliente blanco-amarillento; el índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.46 lo que corresponde al tipo espectral F intermedio (F4 a F7).

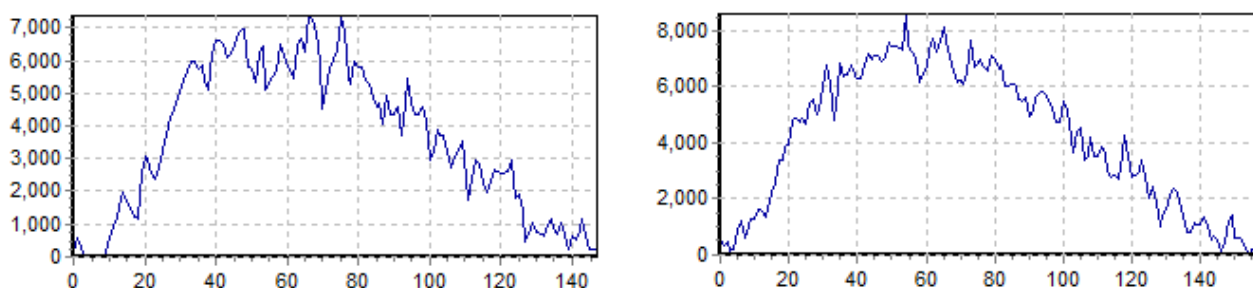


Figura 5. Perfiles espectrales de las estrella 10 (izquierda) y 11 (derecha), ambas de tipos F intermedios.

Estrella 11 (GSC 2651-0671). De magnitud 11.83 V (Bronkalla) y 11.81 V (GSC) aparece muy próxima a la anterior en dirección norte; como con las demás también hemos capturado abundantes espectrogramas los cuales la muestran (Figura 5, derecha) como un astro blanco-amarillento similar a la estrella 10. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.41 lo que corresponde también al tipo espectral F, probablemente entre F3 y F6.

Estrella 12 (BD +36 3313). Es de magnitud 9.83 V (Bronkalla), 9.79 V (GSC) y 9.79 V (nosotros) con una fotometría muy coherente; está situada en el extremo norte de una alineación de cuatro estrellas (de sur a norte son respectivamente BD +36 3311, BD +36 3310, BD +36 3312 y BD +36 3313) siendo las dos más boreales las más brillantes. Dado que se encuentra en la zona central del cúmulo, como las tres anteriores, poseemos abundantes espectros lo que nos permite presentar perfiles obtenidos en tres noches sucesivas como hacemos en la Figura 6, en la cual el superior izquierdo es el del 14 de octubre, el superior derecho el del 15 y el inferior izquierdo el del 16: el último panel, abajo a la derecha, es el perfil obtenido superponiendo los tres anteriores. Por la forma del mismo, asimétrico a la izquierda, se deduce que es un astro caliente de color blanco probablemente de tipo A muy inicial: el índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.02 y el tipo espectral que deduce es el A1.

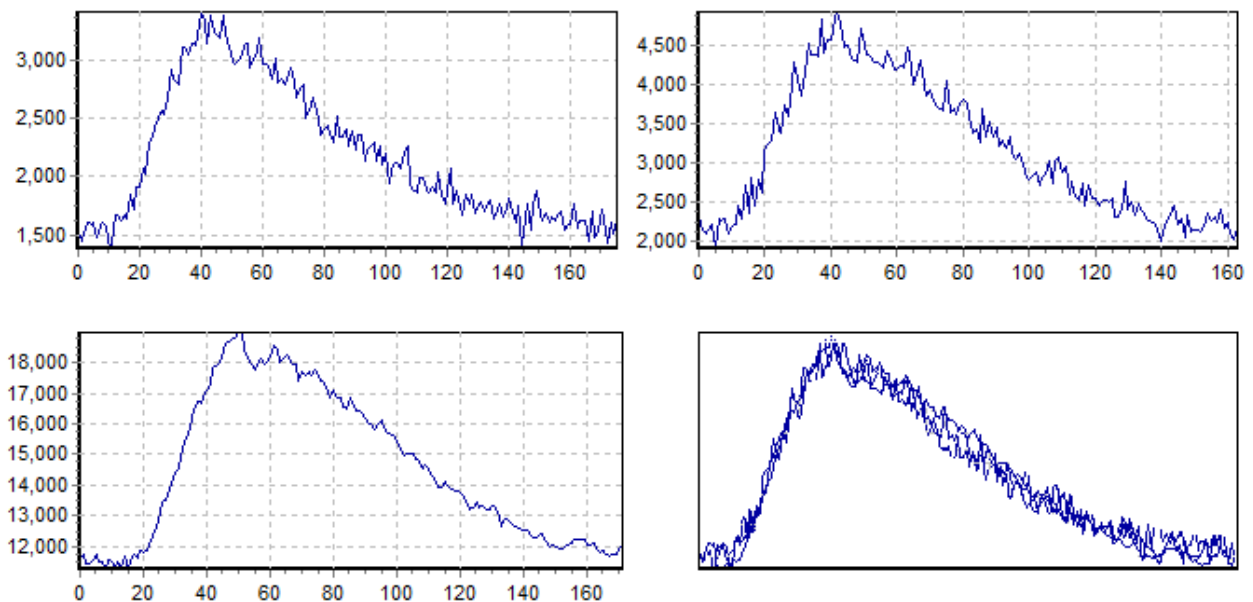


Figura 6. Perfiles espectrales de la estrella 12 obtenidos los días 14, 15 y 16 de octubre (arriba a la izquierda, a la derecha y abajo a la izquierda): el último panel muestra la suma de los tres perfiles anteriores.

Estrella 13 (GSC 2651-0600). Este astro aparece muy próximo a la brillante estrella BD +36 3314 (de magnitud 8.66 V) por lo cual no se incluye en el artículo de Bronkalla; en el catálogo GSC II está listada con magnitud 12.30 V y en nuestro estudio con magnitud $12.76 \pm 0.05 V$: la discrepancia de 0.46 magnitudes es muy llamativa. En el HST Guide Star Catalogue (1996) aparece con magnitud fotográfica 12.67 (aunque en una banda desconocida) y en el Catálogo NOMAD (Zacharias et al., 2005) con magnitud 12.93 V : es verdaderamente notoria la diferencia de magnitudes entre las distintas fuentes. Si examinamos la Figura 1 veremos que brilla un poco menos que la estrella 5 (de magnitud 12.45 V según Bronkalla y 12.50 V según nosotros) por lo cual

nuestra magnitud se aproxima más a su valor real. Su cercanía a la estrella BD +36 3314 (número 14 en este trabajo) ha dificultado la obtención de espectros de calidad ya que éstos siempre han aparecido próximos a la luz dispersada por esta estrella tan brillante; a pesar de todo ha sido registrada varias veces por lo que podemos mostrar uno de sus perfiles espectrales (Figura 7, izquierda): debido a su debilidad y al resplandor parásito de su compañera la relación señal/ruido no es alta con lo cual la calidad del resultado se resiente bastante: no obstante por la forma del mismo, con el máximo en la zona central, podemos deducir que es anaranjada, quizá de tipo K medio.

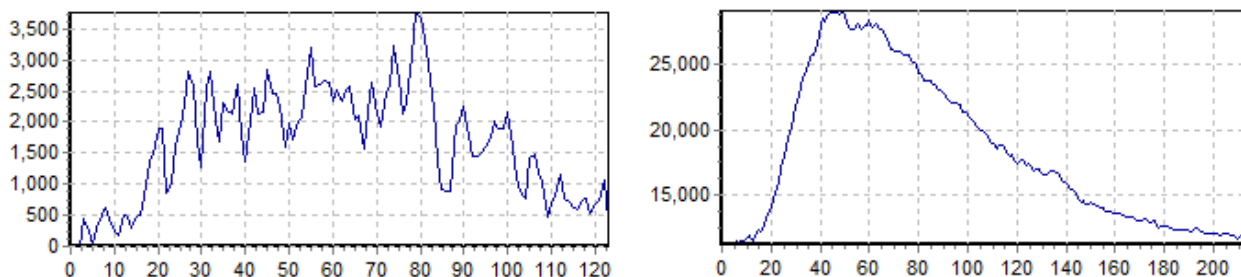


Figura 7. Perfiles espectrales de las estrella 13 (izquierda) y 14 (derecha): la primera es anaranjada y la segunda blanca de tipo espectral A inicial.

Estrella 14 (BD +36 3314). Aparece con magnitud 8.66 V (Bronkalla) y 8.65 V (GSC) habiendo sido utilizado por nosotros, en nuestros trabajos fotométricos, como astro de calibración por ser blanco con un índice de color $B - V$ igual a 0.00 y espectro A0 (Bronkalla). Se localiza inmediatamente al este de la estrellita anterior a la cual puede deslumbrar con su resplandor: disponemos de abundantes espectros y perfiles espectrales (Figura 7, derecha) los cuales al ser muy asimétricos apuntan a una estrella caliente de tipo espectral A temprano, en total concordancia con los resultados profesionales (notemos su enorme parecido al perfil promedio de la estrella 12, de tipo espectral A1).

Estrella 15 (GSC 2651-0922). Es de magnitud 12.64 V (Bronkalla) y 12.64 V (GSC) con una fotometría completamente coherente: en nuestra imagen digital aparece un poco más débil que la estrella 5 (magnitud 12.45 V según nuestra fotometría) lo cual confirma estos resultados; el perfil espectral obtenido no es de buena calidad, debido a que es la más débil de las estudiadas por nosotros, pero por su forma con la asimetría a la izquierda no demasiado marcada (Figura 8, izquierda) cabe deducir que es un astro blanco-amarillento de tipo espectral F intermedio. Bronkalla mide un índice de color $B - V$ igual a 0.48 lo que corresponde al tipo F5 al F7.

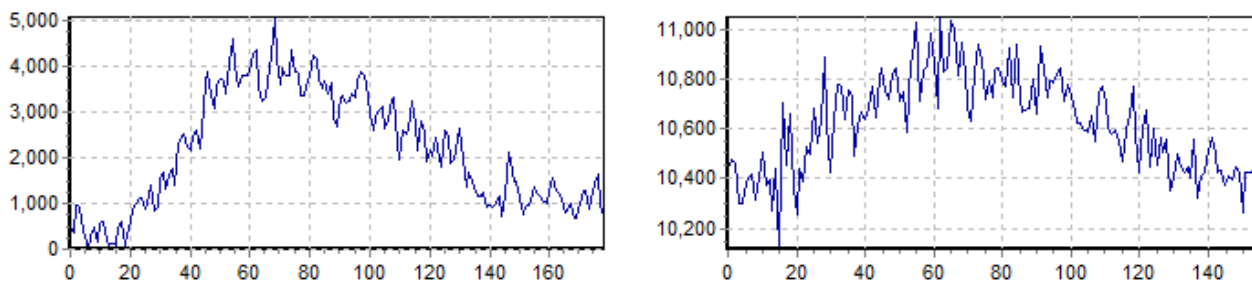


Figura 8. Perfiles espectrales de las estrella 15 (izquierda) y 16 (derecha): la primera es más caliente que la segunda (notemos la asimetría a la izquierda) mientras que la segunda presenta su máximo más centrado.

Estrella 16 (GSC 2651-0965). Con magnitud 12.56 V (Bronkalla), 12.38 V (GSC) y 12.54 V (nosotros) aparece situada al suroeste de la anterior; como ambas están bastante cercanas sus espectros aparecen en las mismas imágenes, no lejos del centro del cúmulo. Disponemos de bastantes espectrogramas en los cuales se aprecia, como su compañera, bastante débil con una relación señal/ruido no demasiado elevada: pese a todo su perfil (Figura 8, derecha) apunta hacia una estrella algo más fría que la anterior ya que el máximo está desplazado hacia la derecha: probablemente es un astro anaranjado de tipo espectral K inicial; el índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 1.15 que corresponde al tipo K inicial.

Estrella 17 (BD +36 3317). Se trata de la variable descubierta por nosotros en el año 2006 desde el Observatorio Astronómico de Cáceres también conocida como VSX J185422.2+365107³, SAO 67556 o TYC 2651-802-1; es de magnitud 8.79 V (Bronkalla), 8.77 V (GSC) y $8.79 \pm 0.02 V$ (nosotros) refiriéndose este último valor a los períodos fuera de los eclipses. Disponemos de espectrogramas de doce noches distintas por lo cual contamos con un conjunto elevado de perfiles espectrales, los cuales presentaremos en un trabajo futuro: en la Figura 9, panel superior, mostramos dos de ellos obtenidos en dos noches consecutivas (15 de octubre, izquierda, y 16 del mismo mes, derecha) dándose el caso que en la primera noche se encontraba en su mínimo primario y en la segunda en su magnitud habitual, mientras que en el panel inferior hemos superpuesto dos mínimos distintos con dos noches sin eclipse: como podemos ver los perfiles son prácticamente coincidentes lo que indica que ambas estrellas, la primaria y la secundaria, tienen colores y espectros similares (el espectro deducido por nosotros para la secundaria, publicado en el artículo de mayo de 2009, está comprendido entre el A4 y el A6). El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.09 y el tipo espectral que deduce para la estrella principal es el A0.

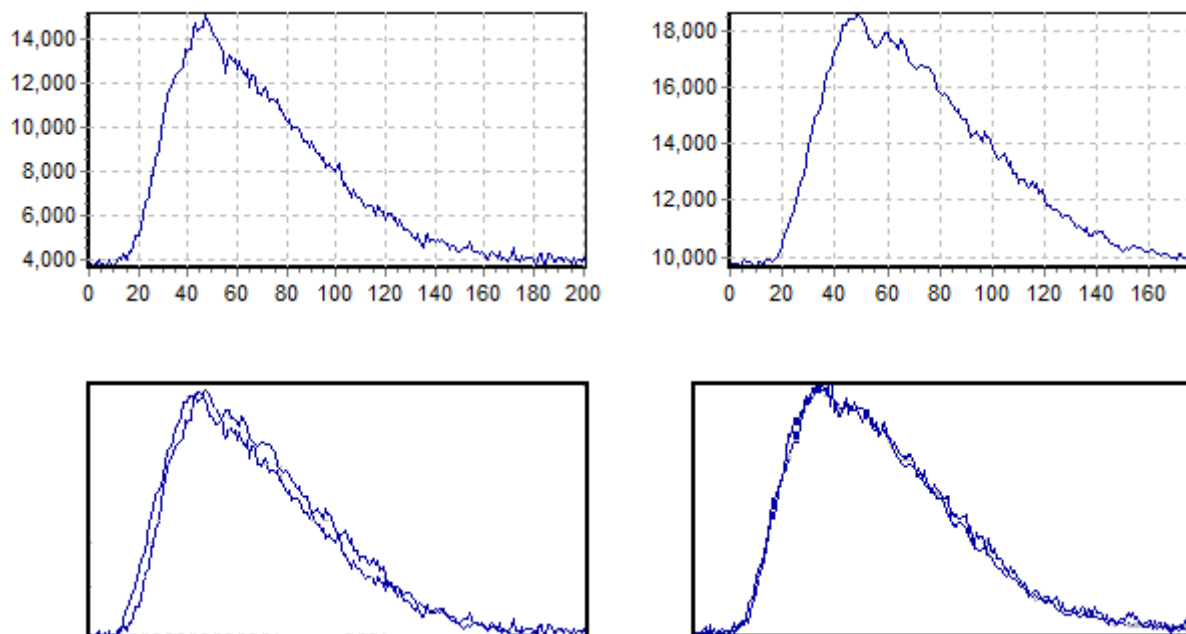


Figura 9. Perfiles espectrales de la estrella 17 en su mínimo (arriba a la izquierda) y el máximo (arriba a la derecha); en la parte inferior los espectros de dos mínimos distintos superpuestos a los de dos noches sin eclipses.

3 Referencia en la web de la AAVSO: <http://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=232663>

Estrella 18 (BD +36 3321). La podemos localizar en la parte más oriental del cúmulo al sureste de BD +36 3317. Es de magnitud 10.78 V (Bronkalla) y 10.95 V (GSC II) apareciendo una discrepancia de 0.17 magnitudes entre ambos valores; en VizieR podemos encontrarla con magnitud 10.927 V (catálogo NOMAD, 2005), 10.770 V (TASS, 2007)⁴, 10.902 V (Astrophysical supplements to ASCC-2.5, Kharchenko et al., 2004), 10.60 V (TYCHO, 1992), 10.95 V (TYCHO-2 Catalogue, 2006) y 10.72 V (Harding y Candy, 1971) siendo todos ellos o similares a los de Bronkalla o a los del GSC II. El análisis de siete imágenes CCD capturadas por uno de nosotros (F. Violat) el 31 de julio de 2010 con el reflector RCOS de 51 cm de abertura, desde el Observatorio Astronómico de Forcarei (fotometría sin publicar), la encuentra de magnitud $10.71 \pm 0.01 V$: en total concordancia con el valor de Bronkalla y el obtenido por Harding y Candy. El índice de color $B - V$ obtenido por Bronkalla es igual a 0.29 y el tipo espectral que deduce para la estrella principal es el F1 V; nuestros perfiles espectrales (Figura 10) muestran un astro con su máximo desplazado a la izquierda lo que indica que es caliente, pero no tanto como el de una estrella A, lo que apunta a un tipo espectral F inicial (F1 a F3).

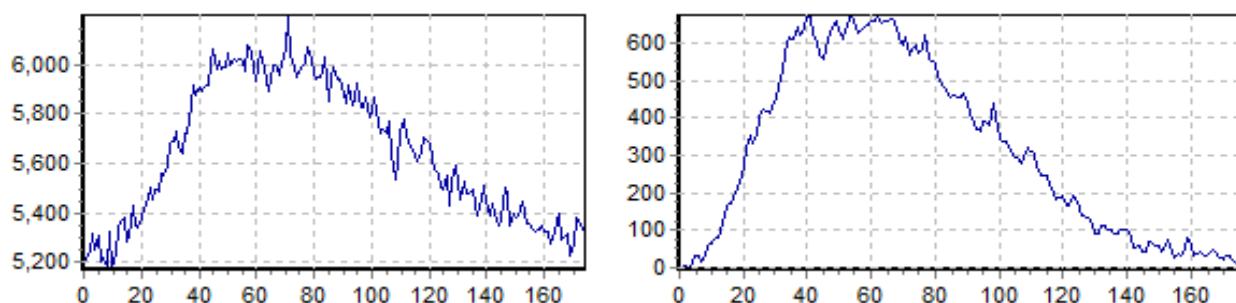


Figura 10. Perfiles espectrales de la estrella 18 el 23 de junio (izquierda) y el 16 de octubre (derecha): en ambos el máximo está desplazado a la izquierda lo que indica que es una estrella bastante caliente.

Para confirmar los distintos tipos espectrales obtenidos con nuestro sencillo espectrógrafo, y comprobar los resultados deducidos de los índices de color $B - V$ de Bronkalla, hemos capturado una fotografía CCD en color de cúmulo cuya parte central (la misma estudiada en este trabajo) mostramos en la Figura 11. Ha sido conseguida desde el Observatorio Astronómico de Forcarei (Pontevedra) con un telescopio RCOS (Ritchey Cretien Optical System) de 51 cm de diámetro, 4072 mm de focal y una cámara CCD modelo SBIG STL-11000, con un chip KAI-11002M, formado por una matriz de 4008 x 2672 píxeles cuadrados (de 9 micras de lado) y una electrónica de 16 bits. El gran tamaño del chip (similar al de un film fotográfico de 24 x 36 mm), unido a la focal del telescopio, permite que se capture un campo de visión igual a 30.5' x 20.3' con una resolución teórica de 0.46"/píxel, aunque el equipo obtiene habitualmente un *seeing* de entre 1.3" y 1.5" según el estado de la noche y las condiciones atmosféricas locales.

La síntesis de color se ha conseguido adicionando (con el propio software de la cámara) tres imágenes distintas obtenidas consecutivamente –ya tratadas por el procedimiento habitual de bias, darks y flats– capturadas la noche del 31 de julio de 2010 con los filtros B , V y R con tiempos de exposición de 30 a 35 segundos; el Norte aparece abajo y el Este a la derecha.

⁴ Disponible *on line* en el catálogo TASS en la dirección:
<http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-5?-out.add=&-source=II/271A/patch2&TASS4=1671471>

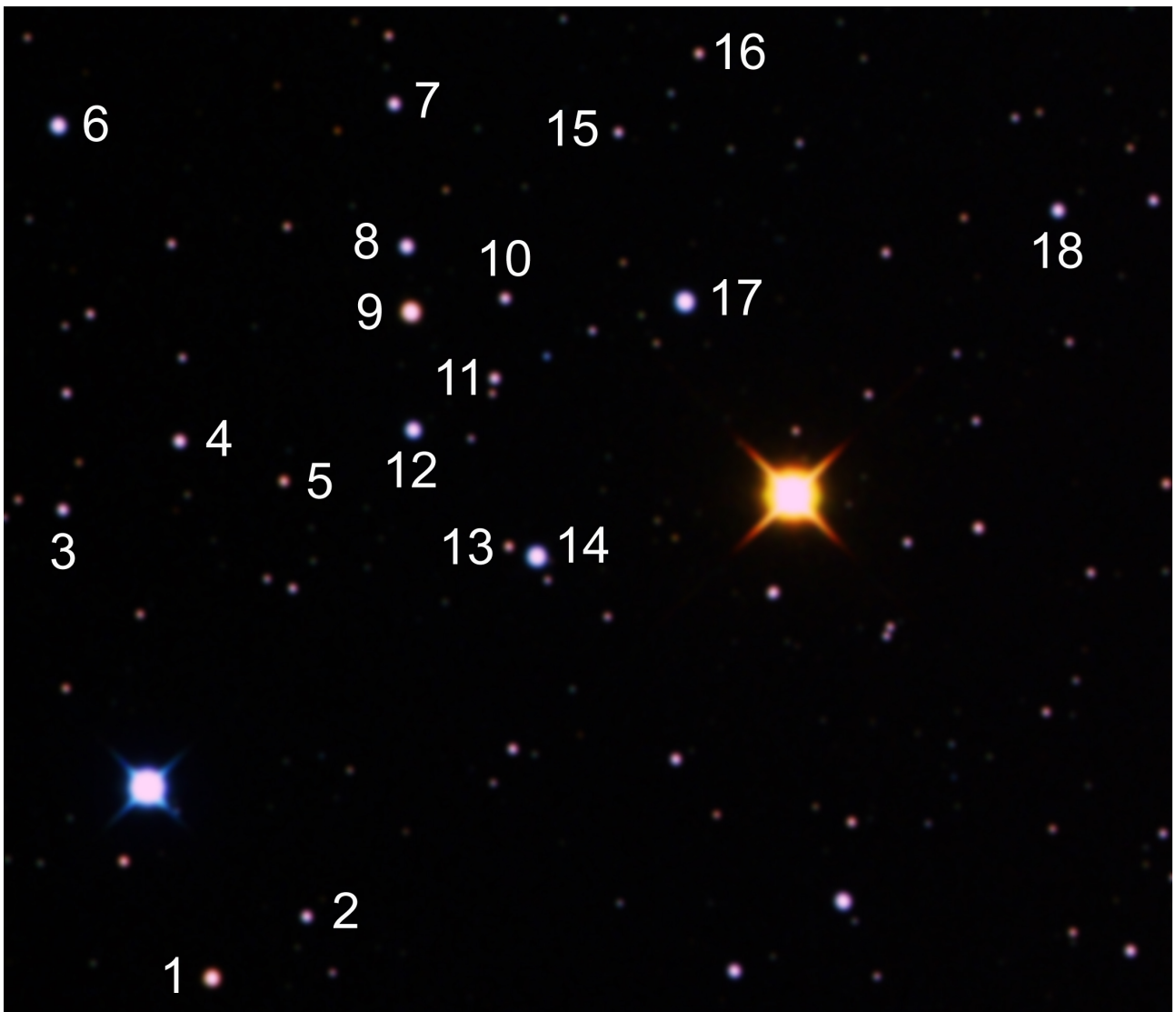


Figura 11. Imagen en color de la zona central del cúmulo obtenida por F. Violat la noche del 21 de julio de 2010 desde el Observatorio Astronómico de Forcarei: síntesis de color realizada con los filtros *B*, *V* y *R*.

Sobre nuestra fotografía hemos marcado los números que corresponden a cada una de las estrellas de este estudio: 11 es la estrella más brillante de la binaria (la componente sur) y 13 es el astro anaranjado situado inmediatamente al oeste de 14. Para distinguir mejor los colores propios se ha procedido a difuminar levemente las imágenes estelares por medio de un filtro gaussiano.

Si observamos los colores de las estrellas veremos que la número 1 es levemente anaranjada tal como se deduce de nuestro perfil espectral y del tipo obtenido por Bronkalla, la 2 aparece blanco-amarillenta en concordancia con los datos expuestos, la 3 y 4 son blanco-amarillentas no así la 5 que claramente la vemos anaranjada (de tipo K); la 6 es blanco-azulada, la 7 blanco-amarillenta, la 8 es blanca siendo la 9 un astro anaranjado de tipo K mientras que 10 y 11 aparecen nuevamente blanco-amarillentas. La 13 es también un astro anaranjado en contraste con la 14, que aparece brillante blanco-azulada de tipo A, la 15 es blanco-amarillenta mientras que la 16 aparece levemente anaranjada; finalmente la 17 es blanco-azulado de tipo A inicial mientras que la 18 es blanco-amarillenta de tipo espectral F inicial.

Curiosamente inmediatamente al sudeste de la número 11 aparece un astro muy azul (situado en α : 18h 54m 12.23s y δ : +36° 51' 56.6"), probablemente de tipo espectral A inicial, que no aparece en ninguno de los estudios fotométricos ya citados; en NOMAD la encontramos con la denominación 1268-0333794 de magnitud 13.45 B y 13.93 V de donde su índice de color $B - V$ sería igual a -0.48 mientras que en el GSC 2.3.2 está registrada con magnitud 14.14 V , en el USNO-A2.0 aparece con magnitud 14.7 B y 15.2 R (índice de color $B - R$ igual a -0.5). Al medir seis imágenes tomadas con el filtro B y siete con filtro V la noche del 31 de julio de 2010 obtenemos unas magnitudes iguales a la 14.35 ± 0.02 en banda B y 14.15 ± 0.02 en banda V de donde el índice de color $B - V$ es igual a 0.20 ± 0.02 . Notemos, finalmente, que nuestra magnitud V es idéntica a la listada en el catálogo GSC 2.3.2 mientras que nuestro valor en banda B es idéntico al de NOMAD para esta banda pero con los números "bailados", lo que puede explicar el índice de color tan extraño que se obtiene de sus magnitudes. La diferencia de brillo con respecto a la estrella BD +36 3314 (también de tipo A) es igual a 5.49 magnitudes: demasiado poco para ser una enana blanca, por lo cual si perteneciese al cúmulo sería de tipo espectral A y luminosidad VI (subenanas).

Con la fotometría B y V recién obtenida desde Forcarei publicaremos un artículo, en el futuro, que completará y ampliará este trabajo.

Agradecimientos. Esta investigación ha sido realizada utilizando los catálogos y bancos de datos de VizieR y SIMBAD (Centro de Datos Estelares CDS, Strasbourg, France) y NASA's Astrophysics Data System, el catadióptrico de 203 mm de abertura de Cáceres, el de 254 mm de La Sagra (Granada) y el reflector RCOS de 51 cm del Observatorio Astronómico de Forcarei (Pontevedra) perteneciente a la Fundación "Ceo, Ciencia e Cultura" FC³.

Referencias

- Bronkalla, W., 1963, AN, 287, 249: <http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/1963AN...287..249B>
- Fundación "Ceo, Ciencia e Cultura" (FC³): www.fc3.es
- Harding, G. A., Candy, M. P., 1971, Royal Obs. Bull., Greenwich-Cape, No. 164, p. 251: <http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/1971RGOB..164..249H>
- Kharchenko et al., 2004, AN, 325, 9, 740: [2004AN...325..740K](http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2004AN...325..740K)
- SIMBAD Astronomical Database: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- Skiff, B. A., 2010, Lowell Observatory (March 2010): [2009yCat...102023S](http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2009yCat...102023S)
- Stephenson, C. B., 1959, PASP, 71, 145, <http://simbad3.u-strasbg.fr/cgi-bin/cdsbib4?1959PASP..71..145S>
- Violat Bordonau, F., Violat Martín, D., web Casanchi (mayo de 2009), disponible *on line* en la dirección web: <http://personales.ya.com/casanchi/ast/bd363317.htm>
- Violat Bordonau, F., Violat Martín, D., web Casanchi (febrero de 2010), disponible *on line* en la dirección web: http://casanchi.com/ast/fotostephenson1_01.pdf
- Violat Bordonau, F., Violat Martín, D., web Casanchi (agosto de 2010), disponible *on line* en la dirección web: <http://casanchi.com/ast/espectroscopia2010a02.htm>
- VizieR Catalogue Service: <http://vizier.u-strasbg.fr/>
- Zacharias et al., 2005, AAS (2004), 205, 4815: [2005yCat.1297....0Z](http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2005yCat.1297....0Z)