

VARIABLES EN M29

Francisco A. Violat Bordonau

Víctor Violat Martín

Asociación de Variabilistas de España
Asesores Astronómicos Cacereños

fviolat@yahoo.es

Con la idea de aprovechar el tiempo mientras el cúmulo globular M13 se pone de nuevo a tiro, hemos practicado el manejo del programa *AstroArt* haciendo fotometría del cúmulo abierto M29; estos son los resultados obtenidos.

El cúmulo abierto M29 (NGC 6913) se encuentra situado en la constelación de Cisne (A.R.: 20h 23m 57s Dec.:+38° 30' 30") a 1° 40' al sur de Gamma Cyg que nos puede servir para localizarlo: de magnitud conjunta V igual a 6.6 y en torno a 7' de arco de diámetro contiene cerca de 50 estrellas de brillos dispares.

Descubierto por Charles Messier en julio de 1764 y situado en torno a los 1.148 pc (poco más de 3.700 años luz), está formado por estrellas jóvenes de los tipos espectrales O y B, aunque también hay algunas de tipos más avanzados; su cuerpo principal (una especie de cuadradito de unas 15-20 estrellas que nos recuerdan, vagamente, a las *Pléyades*: figura 2) cabe perfectamente dentro del campo aparente cubierto por nuestro chip a foco primario (8' x 6'), de modo que decidimos capturar los astros más brillante e intentar hacer fotometría de sus componentes: todas son estrellas gigantes de tipos espectrales poco avanzados, muy calientes, entre la cuales podríamos encontrar variables de muy distintos tipos. En esta campaña nos hemos centrado sólo en dos bastante fáciles, que han sido las siguientes:

V1322 Cyg: (HD 229221) variable de tipo espectral B0pe perteneciente a la clase Gamma Cas, cuya magnitud máxima sube a la 8.77 y mínima baja a la 9.70; habitualmente suele aparecer en torno al mínimo pero no siempre.

V2031 Cyg: (HD 194378) estrella variable binaria eclipsante del tipo EA (Algólida, prototipo: Beta Persei) descubierta por Kim y Lee (1996), cuyo rango oscila entre las magnitudes 8.53 y 8.67 en un período de 2.70465 días (Boeche *et al.*, 2002). Su eclipse primario tiene una profundidad de 0.1 magnitudes mientras que el secundario se reduce a 0.05 magnitudes: el principal podría ser capturados por nuestro equipo sin mucho problema mientras que el secundario podría apreciarse, aunque ya no con tanta facilidad.

Para comprobar la bondad de los resultados ob-

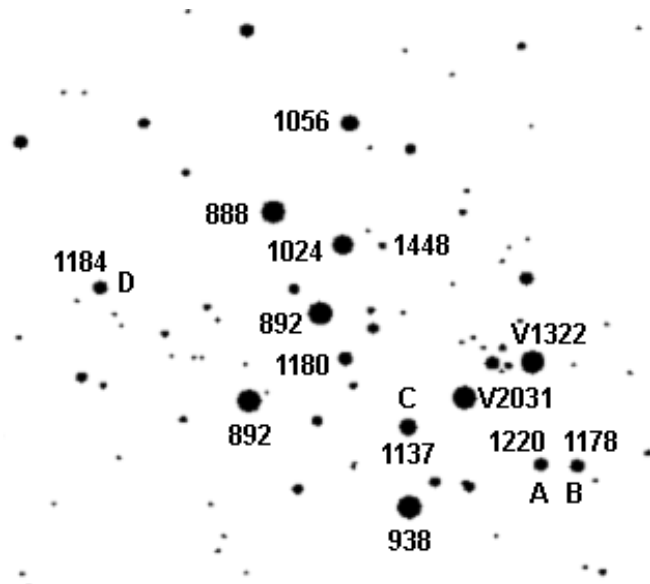


Figura 1. Fotometría CCD de M29 mostrando las dos variables (V1322 y V2031), los cuatro astros estudiados (letras A a D) y las estrellas de referencia usadas; en todas las imágenes el norte está abajo y el este a la derecha.

tenidos (dispersión debida al error aleatorio en las mediciones) y buscar posibles nuevas estrellas variables en el mismo campo, hemos seguido también cuatro estrellas llamadas por nosotros **A**, **B**, **C** y **D** (ver figura 1); como ya es habitual en nuestros trabajos todas las imágenes se han corregido de cuadro oscuro y campo plano midiéndose posteriormente con *AstroArt*, un programa que permite hacer astrometría y fotometría de gran precisión; para la calibración de las imágenes (una de ellas aparece en la figura 2) hemos utilizado 5 estrellas de referencia -todas identificadas en la figura 1- cuyas magnitudes **V*** son las siguientes: 8.88, 10.24, 8.92, 8.92 y 9.38. Hemos marcado el brillo estándar de las estrellas **A** (12.20), **B** (11.78), **C** (11.37) y **D** (11.84) para poder comparar éstos con nuestros resultados y las curvas de luz que de ellos hemos obtenido.

Una vez calibrada la imagen con estos cinco astros de referencia, y comprobada la correcta identificación de cada uno de ellos en la toma,



Figura 2. Imagen CCD de M29 capturada con el filtro V Johnson con nuestro equipo (F. A. Violat, 2003).

*Magnitudes V tomadas del WEBDA, disponible en:

<http://obswww.unige.ch/webda/navigation.html>

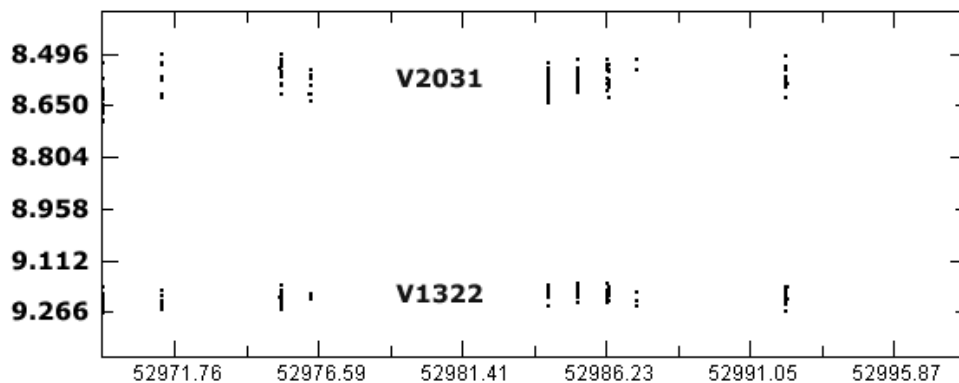


Figura 3. Curva de brillo de V2031 comparada con la de V1322 para apreciar la dispersión en ambos casos y la diferencia de magnitud entre ellas; podemos ver que V1322 ha presentado una dispersión muy reducida (apenas 0.086 magnitudes) frente a poco más de 0.20 magnitudes de V2031.

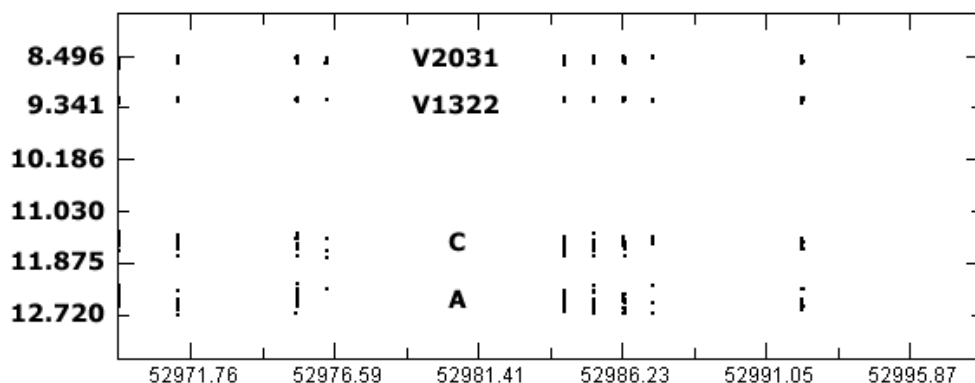


Figura 4. Curvas de luz de V2031, V1322 y las dos estrellas de comparación C y A, que nos permite ver la baja dispersión de las variables frente a los astros de chequeo; la mayor dispersión de éstos se debe a su brillo más reducido.

procedimos a obtener la fotometría de las 6 estrellas bajo estudio: dependiendo de la calidad de las imágenes (enfoque, seguimiento o relación señal/ruido) el programa podía identificar entre 30 y 50 estrellas por fotografía, de modo que hubiese sido posible haber ampliado el número de astros bajo seguimiento fotométrico aunque, por ser un simple experimento de reducida importancia, no lo consideramos oportuno en esta ocasión: el próximo año tenemos intención de emplear el reductor de focal con lo que seguiremos de 5 a 10 astros más en el mismo campo.

La ubicación del observatorio (orientado preferentemente en dirección sur-suroeste-oeste) y la baja altura de la constelación sobre el horizonte nos ha impedido trabajar más allá de 70 minutos por sesión; la proximidad del cúmulo al crepúsculo y la propia meteorología de los meses invernales no ha permitido alargar la campaña más allá de 30 días (hemos medido del **D.J. 52969.3528** al **D.J. 52998.2854**): al final hemos podido trabajar durante 10 noches distintas efectuando mediciones medianamente discontinuadas en el tiempo (hubiese sido deseable haber contado con otra media docena más de noches de observación, sobre todo para haber cubierto mejor la curva de luz de la binaria eclipsante).

En la figura 3 mostramos las observaciones de V2031 y V1322 en un mismo gráfico: esto pone de manifiesto no sólo la diferencia de brillo entre ellas (unas 0.7 magnitudes en este período de tiempo), sino las magnitudes instrumentales y amplitudes de cada estrella; vemos que en el caso de V1322 no se aprecia oscilación alguna de brillo, fuera de una levísima dispersión de 0.086 magni-

tudes probablemente debida al error aleatorio en el proceso de medición; por su parte V2031 presenta una amplitud levemente superior a las 0.20 magnitudes originada por su oscilación de brillo real (0.1 magnitudes) a la que hemos de sumar los errores cometidos al medir las imágenes.

La figura 4, por su parte, permite comparar el comportamiento fotométrico de las variables V2031 y V1322 enfrentadas a dos de las cuatro estrellas de comparación (C y A): además de apreciar la diferencia de brillo entre ellas (de 3 a 4 magnitudes) notamos enseguida que la dispersión en las mediciones crece a medida que es más reducido el brillo de las estrellas estudiadas, fenómeno ya comprobado y analizado en profundidad en nuestro último trabajo sobre el cúmulo M13 titulado "*Astros no variables*"*.

Analicemos despacio las observaciones realizadas y veamos los resultados que hemos obtenido en este primer trabajo; comenzaremos primero por las dos variables dejando para el final los astros de chequeo también estudiados.

V2031 Cyg. Esta interesante variable fue estudiada y descubierta por Kim y Lee en 1994; en la figura 5 podemos ver la curva de luz obtenida a lo largo de 5 noches de observación trabajando con el telescopio de 61 cm de abertura (del tipo Ritchey-Chrétien) instalado en el *Seoul National University Observatory*. Aunque presenta una dispersión máxima de 0.05 magnitudes durante la primera noche de observación las mediciones son muy buenas, lo que nos permiten apreciar bastan-

*Disponible en la dirección electrónica:
<http://personales.ya.com/casanchi/ast/varm1301.htm>

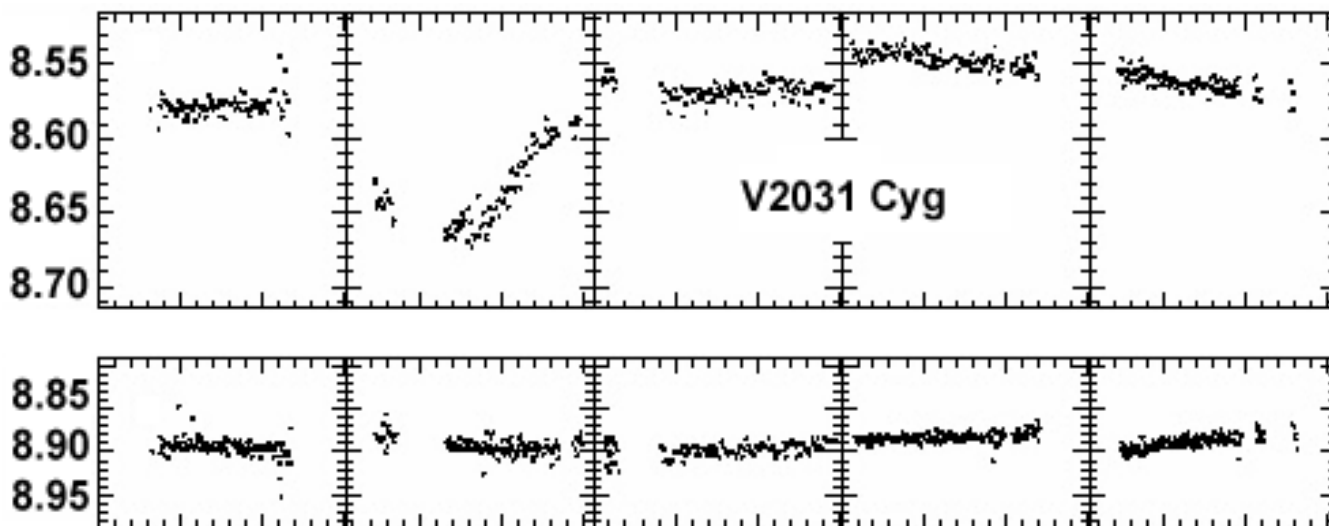


Figura 5. Curvas de luz de la binaria eclipsante V2031 Cyg y de una de las estrellas de chequeo, tomadas del estudio fotométrico de Kim y Lee (1996).

te bien no sólo la forma del eclipse primario sino el resto de su curva de luz; la gráfica inferior muestra el comportamiento fotométrico de la estrella de comparación y su baja dispersión (excepto en la primera noche, cuando las mediciones llegan a dispersarse en torno a 0.1 magnitudes). La falta de un mayor número de mediciones impidió determinar el período del sistema eclipsante. Según estas observaciones la estrella se mantiene dentro del rango V 8.55 a 8.67: la profundidad del eclipse primario (no bien registrado por los autores) es próxima a 0.1 magnitudes, no se ve ni rastro del eclipse secundario (lo que parece indicar que es de reducida amplitud) y hay un extraño *escalado* o falta de coincidencia en las observaciones de la tercera, cuarta y quinta noches de observación, pero el conjunto da una idea bastante

buena de su brillo a lo largo de todo su ciclo.

En el año 2002 apareció en el IBVS el trabajo "*Spectroscopic orbit of the eclipsing binary V2031 Cyg in the field of the open cluster NGC 6913=M 29*", de Boeche *et al.*, en el que estos observadores italianos presentaban los distintos parámetros del sistema orbital, entre ellos el período que cifran en 2.70465 días: aprovechan las observaciones fotométricas de Kim y Lee para, utilizando sus propios datos espectroscópicos y las mediciones fotométricas de HIPPARCOS, elaborar una curva de luz plenamente consistente con el período que proponen (figura 6).

Tanto las observaciones del satélite como la de los astrónomos coreanos muestran de manera bastante completa la curva del luz del sistema orbital, aunque en el primer caso la dispersión es elevada

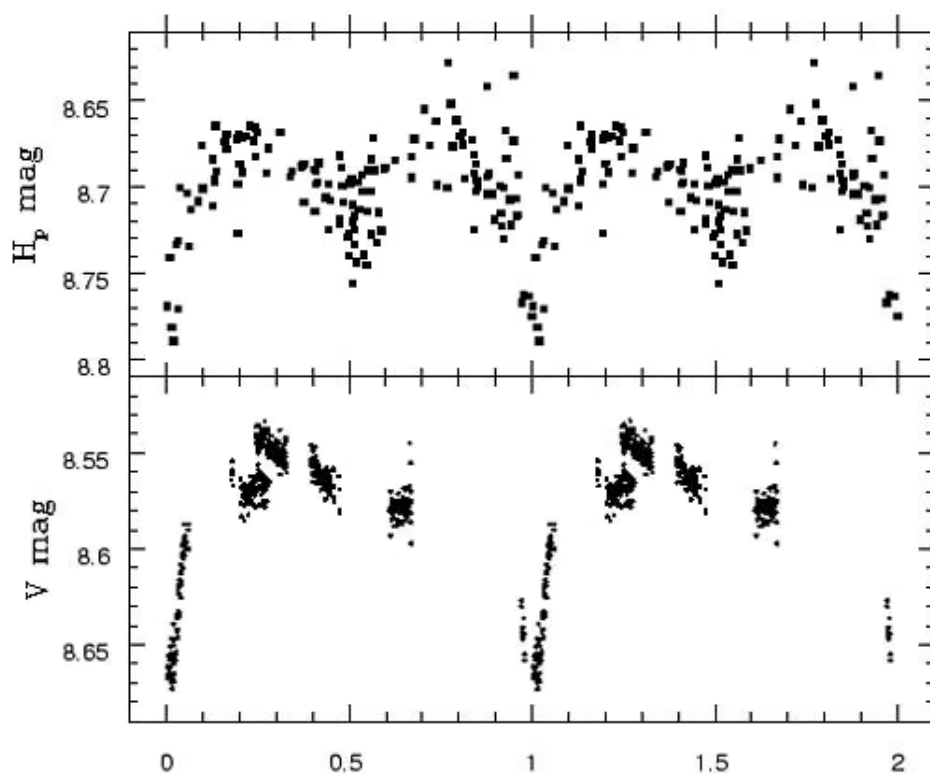


Figura 6: curvas de luz de V2031 Cyg basadas en las observaciones de HIPPARCOS (arriba) y las mediciones fotométricas de Kim y Lee (abajo), utilizando el período de 2.70465 días obtenido por el equipo de Boeche (esquemas tomados del trabajo de Boeche *et al.*)

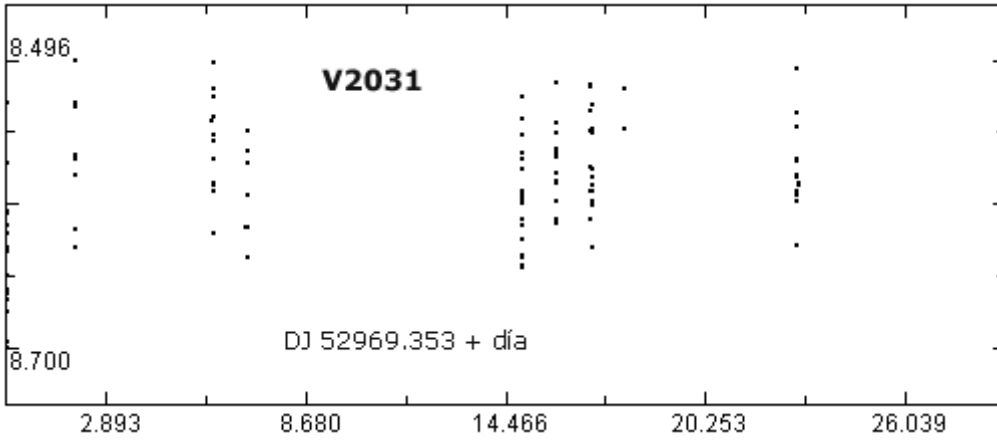


Figura 7. Curva de luz, en bruto, de la binaria eclipsante V2031 Cyg a lo largo del período estudiado: la primera noche de observación hemos capturado parte del eclipse primario.

y en el segundo faltan más observaciones que completasen su ciclo de oscilación de brillo y cubriese el eclipse secundario de modo satisfactorio; ambos conjuntos de datos parecen ser totalmente consistentes con el período obtenido.

Debido al breve espacio de tiempo que hemos podido observar cada noche, y al reducido número de noches distintas (sólo 10 en un intervalo de 30 días), con 120 mediciones hemos obtenido una curva de luz bastante incompleta (figura 7) aunque hemos logrado registrar parte de un eclipse primario: con este conjunto de datos tan pequeño nos es imposible calcular sus efemérides futuras, su amplitud real o el período actual; una campaña más completa durante el año 2004, que comience bastante antes, quizá nos lo permita.

La hemos medido en el rango de magnitud instrumental V 8.496 a la 8.700, lo que nos daría una amplitud máxima de 0.204 magnitudes de las cuales 0.1 corresponden a su verdadera amplitud. Observando la curva de luz en bruto obtenida podemos ver que salvo en la primera noche, en la cual tuvo un eclipse y baja por tanto a la magnitud 8.700, el resto del tiempo le hemos medido entre la magnitud instrumental 8.50 y 8.62.

Empleando el período oficial (figura 8) las observaciones parecen dibujar de modo bastante aproximado la curva de luz: de este modo vemos la caída de brillo del eclipse primario, la recuperación de su brillo, una muy leve bajada en torno a

la fase 0.5 (¿el eclipse secundario?) y otro ascenso de brillo (en el rango 8.50-8.62) el resto del tiempo hasta el siguiente mínimo primario.

Se necesitan abundantes mediciones de calidad y reducida dispersión, al menos durante dos o tres semanas seguidas, para obtener una completa curva de luz, determinar mejor su amplitud y período así como poder elaborar unas efemérides que nos permitan contrastar los valores oficiales; contando con la ayuda del Dr. Florentino Sánchez Bajo (especialista en binarias eclipsantes de la Universidad de Extremadura) sería posible atrevernos a determinar de un modo aproximado sus elementos orbitales: esta será una tarea que nos propondremos durante el presente año 2004 en cuanto el cúmulo vuelva a verse.

V1322 Cyg. De esta variable hay mucho que decir: en los últimos 5 años (DJ 51225-53055) se ha mantenido dentro del rango visual 9.1-9.8 con oscilaciones de brillo no periódicas, típicas de esta clase de estrellas, aunque la mayor parte del tiempo se ha mantenido en el rango 9.2-9.7 (figura 9); desde el D.J. 50020 ha ido ascendiendo de brillo de tal modo que en la actualidad las observaciones la sitúan en el rango 9.1-9.3.

Las 108 mediciones fotométricas obtenidas por nosotros la han mostrado estable entre las magnitudes instrumentales 9.180 y 9.266 (magnitud instrumental media: 9.222) con una dispersión máxi-

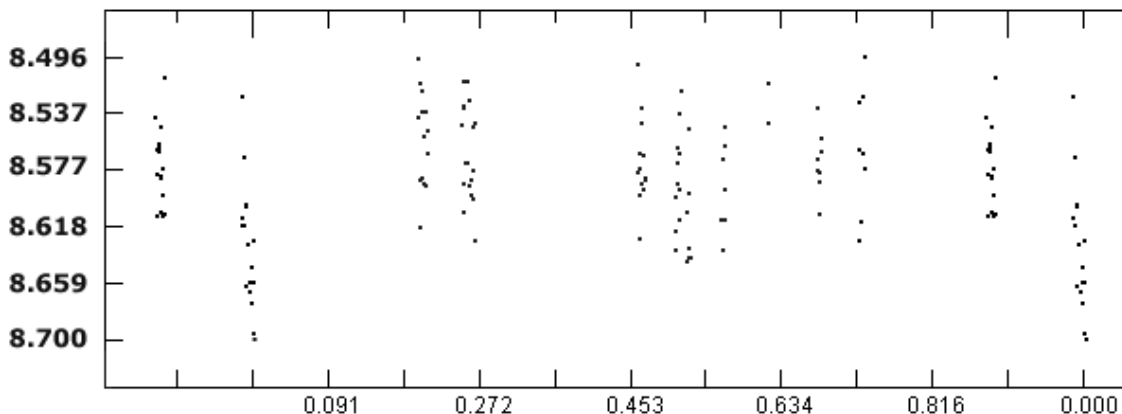


Figura 8. Curva de luz de la binaria eclipsante empleando el período oficial; podemos apreciar parte del mínimo primario, el mantenimiento durante el resto de la fase y un tímido atisbo de bajada de brillo cerca del mínimo (fase 0.5).

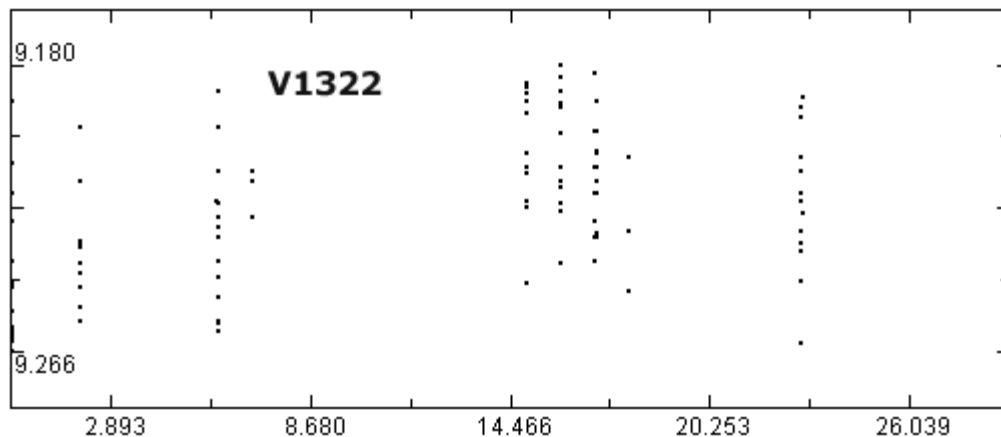


Figura 9. Curva de luz de V1322 Cyg a lo largo del tiempo estudiado; podemos ver que se mantiene estable en su brillo, aunque presenta una dispersión de 0.08 magnitudes debido al error aleatorio que afecta las medidas.

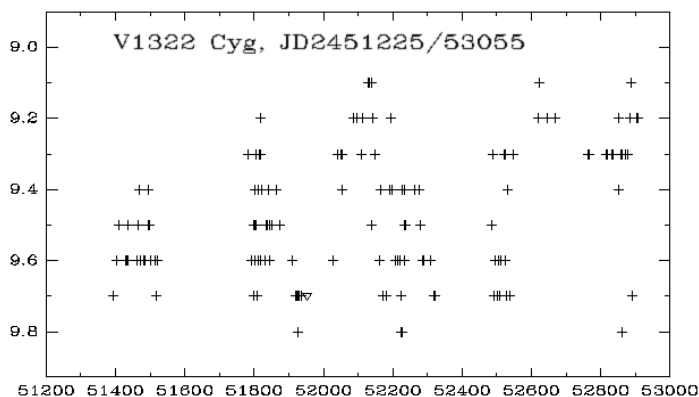


Figura 10. Curva de luz en banda V de V1322 Cyg en el período DJ 51200 al 53000, según datos de la AFOEV: nuestras mediciones -tomadas dentro del último tramo recogido en la gráfica- la muestran en la magnitud 9.22 en total concordancia con las últimas medidas aquí representadas.

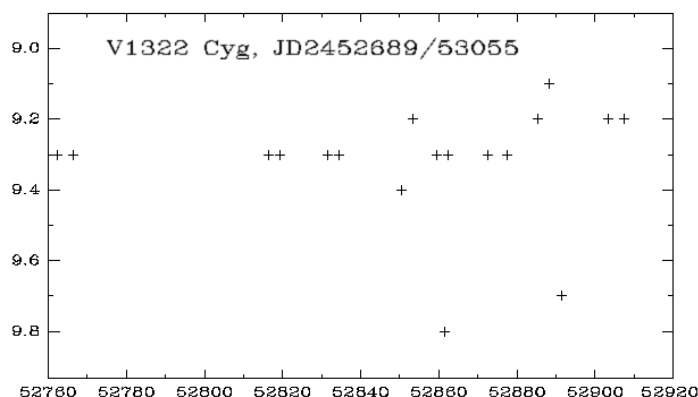


Figura 11. Curva de luz de V1322 Cyg entre el DJ 52760 y el 52920, según los datos de la AFOEV: nuestras observaciones -realizadas entre el DJ 52969 y el DJ 52998- la han mostrado en la magnitud 9.22 que es donde aparecen las dos últimas mediciones de este gráfico.

ma de hasta 0.086 magnitudes; no se aprecian indicios de variabilidad durante las noches estudiadas, fuera de las típicas oscilaciones de brillo aleatorias probablemente debidas a los cirros o a la excesiva turbulencia durante las sesiones en las que hemos trabajado y medido.

Hemos acudido a los archivos de la AFOEV para comprobar su comportamiento en los últimos años: la figura 10 nos permite ver sus oscilaciones de brillo durante los últimos 5 años en tanto que la figura 11 nos muestra el comportamiento el pasado año 2003; los dos últimos puntos de la gráfica (magnitud próxima a la 9.2) son muy similares a los que obtenemos en nuestro estudio y mostramos en la figura 9.

Estas observaciones se han remitido vía correo electrónico al conocido aficionado sueco Hans Goran Lindberg, especialista en fotometría de variables con webcam, quien las ha añadido a su ya larga serie temporal.

Estrellas A, B, C y D. Nos encontramos ante cuatro estrellas de brillo medianamente reducido que pertenecen al cúmulo; sus tipos espectrales son: A= B3V, B= B2V, C= B2IV y D= G6III. Las mediciones obtenidas presentan dispersiones bastante apreciables (figuras 4 y 12) debido tanto a la debilidad de las mismas (de 2.8 a 3.6 magnitudes

más altas) como a los reducidos tiempos de integración empleados (30 segundos), pero la tónica general de las cuatro es dibujar una línea recta, indicio seguro de una no variabilidad a corto plazo; la Tabla 1 muestra algunos datos estadísticos en donde **V** es la magnitud estándar, **Vi*** es la magnitud instrumental media obtenida, Δ es la diferencia entre ambas, **Pts** es el número de mediciones tomadas y **Rango** corresponde al rango instrumental medido por nosotros.

Tabla 1

Nombre	V	Vi	Δ	Pts	Rango
A	12.20	12.51	0.31	114	12.217-12.720
B	11.78	12.00	0.22	118	11.692-12.294
C	11.37	11.56	0.19	123	11.380-11.797
D	11.84	12.03	0.19	110	11.807-12.233

Notamos enseguida que la magnitud instrumental media **Vi** es de 0.19 a 0.31 magnitudes superior a la estándar, fenómeno ya comprobado y

*Valores determinados por medio de las funciones estadísticas del programa *AppleWorks* 6.

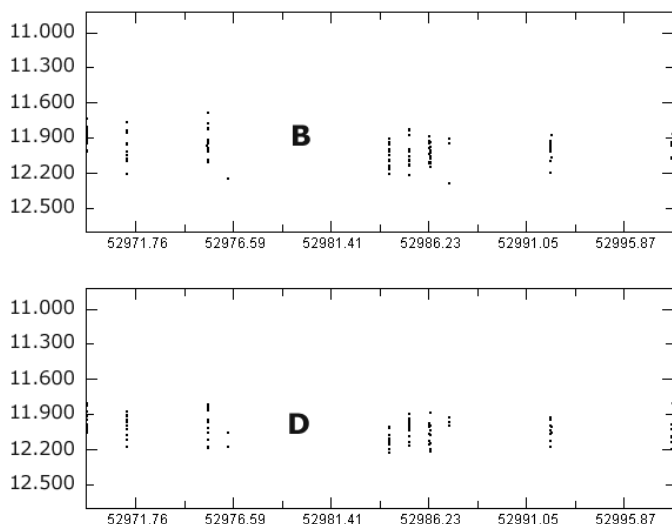


Figura 12. Curvas de luz de las estrellas B y D: destacan en ellas la gran dispersión de los puntos que las forman.

analizado en profundidad en nuestro último trabajo fotométrico de M13. Un modo aproximado y muy sencillo para convertir nuestras magnitudes instrumentales en magnitudes estándar es utilizando la fórmula empírica $V = V_i - 0.19$ ya que por este método la diferencia entre ambas magnitudes sería igual a 0 para las estrellas C y D, subiría a 0.03 magnitudes en el caso de la estrella B y alcanzaría el valor 0.12 para la estrella A que es, precisamente, la más débil de las estudiadas: el error medio sería igual a 0.0375 magnitudes.

Sin embargo podemos intentar transformar las magnitudes instrumentales V_i al sistema estándar empleando una fórmula que contenga los *coeficientes de transformación*, como puede ser:

$$V = V_i - 0.023 (B-V) - 0.03$$

en donde V es la magnitud estándar, V_i la magnitud instrumental, $0.023 (B-V)$ es el *coeficiente de color* y el último término el coeficiente de *punto cero*. Por medio de esta fórmula determinamos las magnitudes estándar V_0 que nos quedan así:

Nombre	V_0	V	Δ
A	12.31	12.20	0.11
B	11.79	11.78	0.01
C	11.33	11.37	-0.04
D	11.76	11.84	-0.08

al comparar las magnitudes V_0 así calculadas con las magnitudes estándar V vemos que la diferencia Δ entre ellas es mucho menor, a la vez que el error medio es igual a 0.00 magnitudes (σ : 0.08).

Las amplitudes *ficticias* (rango instrumental medido) son los siguientes: A= 0.503 magnitudes, B= 0.602, C= 0.417 y D= 0.426 magnitudes; com-

probamos de nuevo que la dispersión de las mediciones aumenta a medida que las estrellas son más débiles excepto en el caso de la estrella B que, siendo sin embargo la segunda más brillante de las cuatro, presenta la mayor dispersión.

En la Tabla 2 ofrecemos los datos estadísticos obtenidos que hemos denominado V (magnitud estándar para las estrellas A-D o nuestra magnitud instrumental media para las dos variables), Δ (dispersión de las mediciones o amplitud medida, en magnitudes) y σ (desviación estándar):

Tabla 2

Nombre	V	Δ	σ
A	12.20	0.503	0.119
B	11.78	0.602	0.115
C	11.37	0.417	0.090
D	11.84	0.426	0.103
V1322	(9.22)	0.086	0.022
V2031	(8.58)	0.204	0.042

La desviación estándar σ se puede utilizar para comprobar si una estrella es realmente variable, ya que mientras los astros de brillo fijo presentan valores muy reducidos las variables muestran valores mayores: en este caso cabría pensar que las estrellas C y D no son variables (por presentar ambas valores pequeños), que la estrella A tampoco lo es (ya que su mayor desviación normal se debe a su debilidad) mientras que la estrella B sí podría ser levemente variable por mostrar una desviación estándar algo superior a la de las demás estrellas del conjunto; el análisis de las mediciones con el programa A.V.E. no encuentra período alguno en el intervalo 0.01-30 días de modo que tenemos que descartar variabilidad alguna.

Curiosamente la variable V2031 Cyg presenta una dispersión muy reducida, en tanto que V1322 Cyg (cuya magnitud se ha mantenido estable en este período y, por tanto, parece un astro de brillo fijo) presenta la desviación normal más pequeña al haber mantenido su magnitud en este período.

CONCLUSIÓN

Hemos medido **6 estrellas** (2 variables conocidas y 4 astros de chequeo) durante **10 noches** distintas en el intervalo **D.J. 52969.3528 al D.J. 52998.2854**, empleando para ello un telescopio catadrióptrico MEADE de 203 mm de abertura y 2.000 mm de focal, una cámara CCD *Starlight Xpress MX516* (con electrónica de 16 bits) dotada de filtro fotométrico V Johnson; posteriormente se han analizado las 124 imágenes obtenidas con el software *AstroArt*.

La variable **V1322 Cyg** se ha mantenido esta-

ble en la magnitud media 9.222 con una dispersión máxima de 0.086 magnitudes, sin mostrar indicios de variabilidad. De **V2031 Cyg** sólo se ha capturado parte de un eclipse primario (la caída de brillo), de modo que no es factible comprobar su período, amplitud ni determinar efemérides aunque sí hemos verificado que la profundidad de su eclipse primario está en torno a 0.11-0.15 magnitudes. Las cuatro **estrellas de chequeo A, B, C y D** se han mantenido estables durante todo el tiempo en que han estado bajo estudio, mostrando oscilaciones aleatorias de 0.42 a 0.60 magnitudes: ninguna de ellas muestra indicios de variabilidad segura, al menos no con este conjunto de datos tan reducido, de calidad tan baja y con el corto período de tiempo que han sido estudiadas. Deseamos dedicar una segunda campaña, durante el presente año 2004, para verificar la no variabilidad de las estrellas de chequeo, comprobar el comportamiento de V1322 Cyg e intentar determinar los parámetros orbitales de la binaria eclipsante V2031 Cyg.

Observatorio Astronómico de Cáceres, 27 de febrero de 2004.

REFERENCIAS

Fotometría de M29 disponible en el WEBDA:

<http://obswww.unige.ch/webda/navigation.html>

Variables en M13. Astros no variables. Violat Bordonau, F. A., Bennasar Andreu, T.:

<http://personales.ya.com/casanchi/ast/varm1301.htm>

HD 194378. A new eclipsing binary in the open cluster M 29 (NGC 6913), Kim, S. L., Lee, S. W. 1996. **IBVS n° 4331**.

Spectroscopic orbit of the eclipsing binary V2031 Cyg in the field of the open cluster NGC 6913=M 29. Boeche, C.; Munari, U.; Tomasella, L.; Barbon, R. 2002. **IBVS n° 5237**.

V1322 Cyg en las páginas de Hans G. Lindberg:

<http://w1.217.telia.com/~u21702599/v1322cyg.htm>

V2031 Cyg en las páginas de Hans G. Lindberg:

<http://w1.217.telia.com/~u21702585/v2031cyg.htm>

EN INTERNET

Fotometría CCD:

http://fisica.usac.edu.gt/public/tesis_lic/eduardo_e/node30.html

<http://www.astro-digital.com/5/fotometria.html>

Dispersión y error:

<http://vppx134.vp.ehu.es/fisica/agustin/errores/node13.html>

Desviación estándar:

<http://vppx134.vp.ehu.es/fisica/agustin/errores/node14.html>

Errores en las medidas:

http://www.edu.aytolacoruna.es/aula/fisica/teoria/A_Franco/unidades/medidas/medidas.htm

Teoría de errores:

<http://temo.icmuv.uv.es/Pages/msup/Errores2.htm>

Detección de variabilidad:

http://fisica.usac.edu.gt/public/tesis_lic/eduardo_e/node33.html

<http://www.astrogea.org/instrumental/patrol.htm>

Transformación al sistema estándar:

http://fisica.usac.edu.gt/public/tesis_lic/eduardo_e/node39.html