



## Análisis de sistemas binarios con período variable

G. Ferrero<sup>1,2</sup>, R. Gamen<sup>1,2</sup>, G. Baume<sup>1,2</sup>, A. Blain<sup>3</sup>, C. Cebral<sup>3</sup>, C. Coronel<sup>1</sup>, B. De Bórtoli<sup>1</sup>, A. Ennis<sup>1</sup>, E. Fernández Lajús<sup>1,2</sup>, A. Filócomo<sup>2</sup>, E. Godoy<sup>3</sup>, R. Higa<sup>1</sup>, M. Konishi<sup>3</sup>, C. Magliano<sup>3</sup>, S. Masolini<sup>3</sup>, Y. Olivera Cuello<sup>3</sup>, P. Pessi<sup>1</sup>, C. Putkuri<sup>1,2</sup>, C. Rodriguez<sup>1</sup>, A. Unamuno<sup>1</sup> & O. Benvenuto<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET-UNLP, Argentina

<sup>3</sup> Asociación Argentina Amigos de la Astronomía, Buenos Aires, Argentina

Contacto / gferrero@fcaglp.unlp.edu.ar

**Resumen** / Estamos llevando a cabo un monitoreo fotométrico de una muestra de sistemas binarios eclipsantes con período variable, considerados preliminarmente como semiseparados o en contacto, a fin de determinar sus parámetros astrofísicos fundamentales y caracterizar la interacción entre sus componentes. En este trabajo presentamos las curvas de luz de cuatro sistemas y el modelado de dos de ellas. Verificamos que la fotometría obtenida es adecuada para los objetivos del proyecto. Conjuntamente presentamos la primera clasificación espectral de siete de estos sistemas.

**Abstract** / We are conducting a photometric monitoring of a sample of eclipsing binary systems with variable periods, preliminarily considered as semidetached or in contact. We aim at determining the fundamental astrophysical parameters of these objects and at characterizing the interactions between their components. In this work we present the light curves of four systems and the modeling of two of them. The photometry has revealed to be adequate for the project purposes. We also report the first spectral classification of seven systems from the sample.

**Keywords** / binaries: close — stars: fundamental parameters — stars: variables: general

### 1. Introducción

Los sistemas binarios permiten determinar varios parámetros fundamentales de las estrellas con gran precisión. En particular, el análisis de los cambios del período orbital ( $P$ ) en las binarias de corto período permite estudiar la evolución de las componentes así como los fenómenos de interacción mutua entre ellas, tales como la pérdida y/o transferencia de masa, la etapa de envoltura común, presencia de discos interestelares, efectos de los campos magnéticos, frenado por emisión de ondas gravitacionales, presencia de otras componentes alrededor del sistema, etc.

Pilecki et al. (2007) identificaron una muestra de 31 sistemas binarios eclipsantes con  $P < 1$  d que presentan período variable, considerados preliminarmente semiseparados o en contacto (Paczynski et al. 2006). Planeamos utilizar esta muestra para abordar los estudios ya mencionados y contrastar los resultados observacionales con modelos teóricos. El brillo aparente de estos sistemas ( $V < 12.5$  mag), favorece su observación con telescopios pequeños ubicados en zonas urbanas.

Nuestro interés, en esta primera etapa, consiste en caracterizar con precisión la órbita de dichos sistemas binarios, confirmar o descartar que el período es variable (y si lo es, cuáles son las características de las variaciones), y establecer los parámetros orbitales y estelares de ambas componentes.

La determinación de estos parámetros requiere de datos precisos para construir sus curvas de luz, de tipos

espectrales y eventualmente de sus curvas de velocidad radial. El estudio de las posibles variaciones del período orbital debe ser realizado con observaciones fotométricas sistemáticas que abarquen largos períodos de tiempo. El análisis conjunto de los tiempos de mínimo de los eclipses en estas observaciones, y en los datos del relevamiento ASAS (Pojmanski et al., 2005), permitirá confirmar y estudiar la variabilidad de los períodos.

En este trabajo presentamos las primeras curvas de luz obtenidas para cuatro de los sistemas y la caracterización espectral de diez de ellos. Mostramos además los modelos teóricos preliminares generados para dos binarias. De este modo comprobamos que la calidad de nuestra fotometría y espectroscopía es suficiente para alcanzar los objetivos propuestos.

### 2. Observaciones

Las observaciones fotométricas se realizaron desde el Observatorio de la Asoc. Arg. “Amigos de la Astronomía” en Parque Centenario, Buenos Aires, en las noches indicadas en la Tabla 1. Se utilizó una cámara CCD SBIG ST9e ( $512 \times 512$  px<sup>2</sup>) instalada en un telescopio Meade LX200 de 10”, con lo que se obtienen imágenes de  $22 \times 22$  arcmin y una escala de  $\sim 2.5$  arcsec px<sup>-1</sup>. Los tiempos de exposición variaron entre 20 y 60 s. Se observó sin filtros fotométricos.

Las observaciones espectroscópicas fueron realizadas durante el viaje de campaña 2015 de la cátedra de Astronomía Observacional (FCAG, UNLP) en la noche del

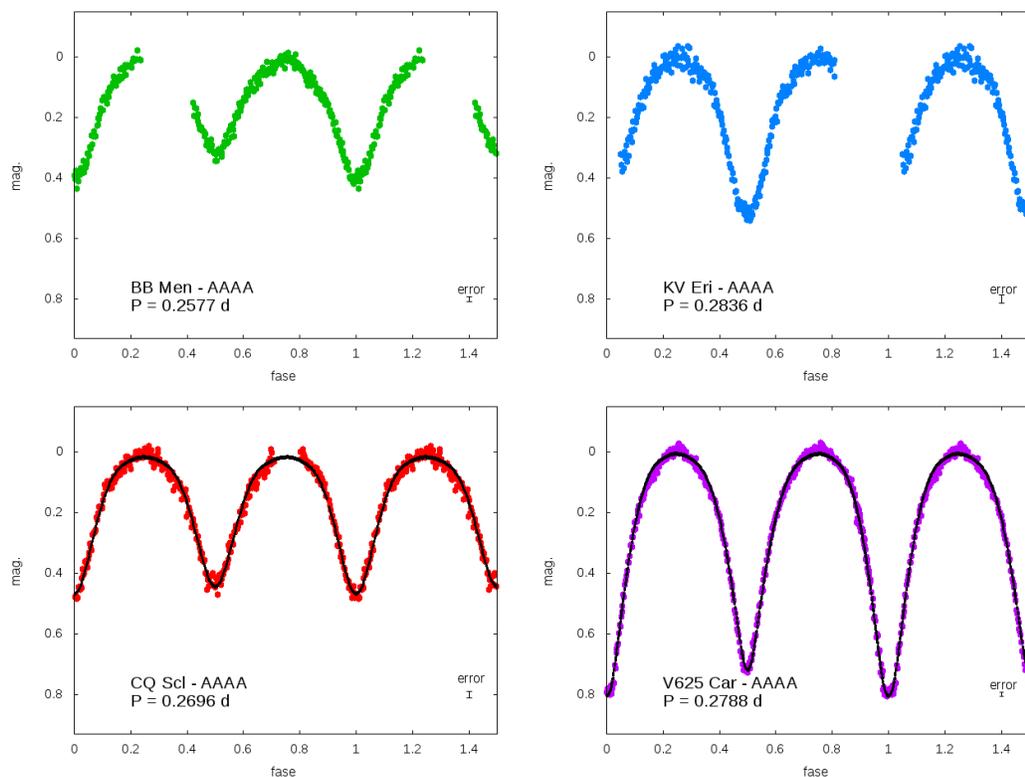


Figura 1: Curvas de luz en escala de magnitudes (0 fijado en el máximo de brillo; observaciones sin filtro). Se indica el error interno típico de la fotometría calculado por AIP4WIN. Puntos negros: modelos teóricos ajustados con FOTEL.

1/12/2015. Se utilizó el espectrógrafo REOSC en su modo de dispersión simple, en el telescopio de 2.15 m del CASLEO\*. Se empleó la red de 600 l/mm y una ranura de 250  $\mu\text{m}$  de ancho, obteniéndose espectros de diez estrellas con un rango espectral 3850–5500  $\text{\AA}$  y una dispersión recíproca de 1.8  $\text{\AA px}^{-1}$ . La relación señal a ruido (S/N) típica resultó entre 25 y 50.

### 3. Análisis y conclusiones

En la Fig. 1 mostramos cuatro ejemplos de las curvas de luz obtenidas. Se presentan los valores de fotometría diferencial preliminar medidos con el código AIP4WIN (Berry & Burnell, 2005) usando las estrellas de comparación detalladas en la Tabla 1. Estas medidas serán verificadas más adelante con las tareas habituales de IRAF.

Se muestran también los modelos teóricos ajustados, utilizando el código FOTEL (Hadrava, 2004), a las curvas mejor muestreadas. Los parámetros del ajuste se detallan en la Tabla 2. Se consideraron órbitas circulares. El valor inicial para el ajuste de la temperatura efectiva de la componente primaria de CQ Scl se tomó de Cox (2000) para su tipo espectral; para V625 Car se usó la misma calibración pero para su índice de color

$(B - V) = 1.0$ , tomado del catálogo Tycho-2 (Høg et al., 2000).

Realizamos la clasificación espectral comparando nuestros espectros con los estándares provistos en el Atlas digital de Gray & Corbally (2009). La presencia prominente del doblete H y K de Ca II indica un rango espectral F–G para todas las estrellas. Solo tres estrellas tenían clasificación reportada: CR Scl (K1/2+(G) Houk, 1982), HD 219462 (G0 Houk & Smith-Moore, 1988) y GR Cet (F0 Slettebak & Brundage, 1971). Presentamos los espectros en la Fig. 2 y las clasificaciones espectrales determinadas en la Tabla 3. Consideramos que las clasificaciones puede tener un error de hasta un subtipo espectral. Pensamos que las curvas de luz y la clasificación espectral obtenidas presentan la calidad suficiente como para permitir el ajuste de modelos teóricos confiables para los sistemas y, en consecuencia, la derivación de parámetros orbitales y estelares con buena precisión. En particular, planeamos la determinación de nuevos instantes de mínimo con futuras observaciones para extraer conclusiones sobre el comportamiento de los periodos orbitales de estos sistemas. Se estudiarán de la misma manera otros sistemas de la muestra.

*Agradecimientos:* Agradecemos a las autoridades y personal del CASLEO por permitir el uso de las instalaciones del observatorio a la cátedra “Astronomía Observacional” y por la hospitalidad brindada; y a las autoridades de la FCAG por la financiación del viaje de campaña y por permitir el uso de las facilidades computacionales de la institución. Agradecemos al árbitro por sus valiosos comentarios.

\* Complejo Astronómico El Leoncito operado bajo acuerdo entre el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina y las Universidades Nacionales de La Plata, Córdoba y San Juan.

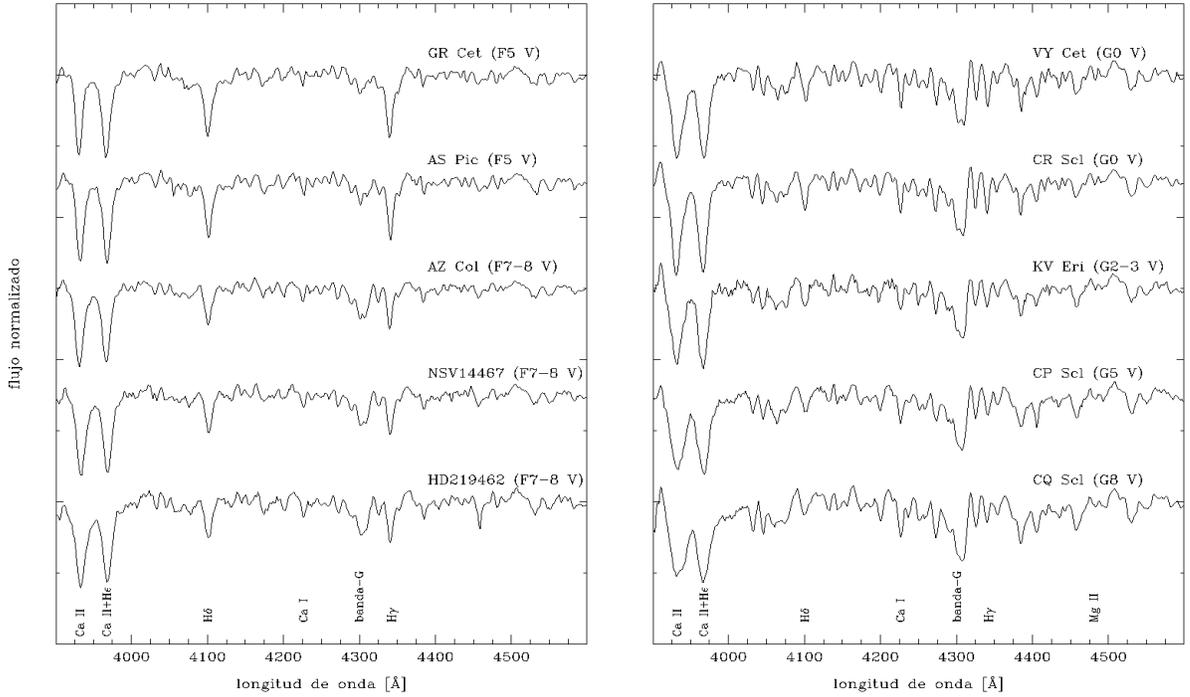


Figura 2: Espectros observados y su clasificación.

Tabla 1: Observaciones fotométricas.

Objeto	Noche de observación	Estrella de comparación
BB Men	08/01/2016	GSC 09176 00767
KV Eri	11/12/2015	GSC 08051 00798
CQ Scl	20/11/2015	GSC 06420 00260
V625 Car	18/12/2015	HD 309817

Tabla 2: Solución para las curvas de luz de las binarias CQ Scl y V625 Car, donde:  $T_1$  mínimo del eclipse principal,  $e$  excentricidad,  $i$  inclinación,  $r_{A,B}$  radios equivalentes de las componentes en unidades del semieje mayor  $a$ ,  $r_{Ax,Bx}$  semieje mayor del elipsoide sobre la recta baricentral y entre paréntesis se indican los errores internos en los últimos decimales.

	CQ Scl	V625 Car
$P$ (d)	0.2696 (4)	0.2788 (1)
$T_1 - 2450000$ (HJD)	57347.54578 (2)	57375.41979 (4)
$e$ (fija)	0	0
$i$ ( $^\circ$ )	69.4 (1)	83.7 (1)
$r_A/a$	0.472 (25)	0.503 (3)
$r_B/a$	0.398 (9)	0.375 (3)
$r_{Ax}/a$	0.564	0.654
$r_{Bx}/a$	0.445	0.407
$T_{ef,A}$ (K)	5168 (17)	4900 (48)
$T_{ef,B}$ (K)	5062 (16)	4680 (8)
r.m.s.(O-C) (mag)	0.017	0.015

Tabla 3: Tipos espectrales.

Objeto	ASAS Id.	T.E.
HD 219462	J231603-1553.5	F7-8 V
NSV 14467	J231524-5018.4	F7-8 V
AZ Col	J052851-3010.2	F7-8 V
AS Pic	J060557-5342.9	F5 V
GR Cet	J004717-1941.6	F4 V
VY Cet	J014933-1937.6	G0 V
CR Scl	J004430-3606.5	G0 V
KV Eri	J025016-4649.2	G2-3 V
CP Scl	J002449-2744.3	G5 V
CQ Scl	J002821-2904.1	G8 V

## Referencias

- Berry R., Burnell J., 2005, The handbook of astronomical image processing
- Cox A. N., 2000, Allen's astrophysical quantities
- Gray R. O., Corbally J. C., 2009, Stellar Spectral Classification
- Hadrava P., 2004, Publications of the Astronomical Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences, 92, 1
- Høg E., et al., 2000, A&A, 355, L27
- Houk N., Smith-Moore M., 1988, Michigan Catalogue of Two-dimensional Spectral Types for the HD Stars. Volume 4, Declinations  $-26\text{deg}.0$  to  $-12\text{deg}.0$ .
- Houk N., 1982, Michigan Catalogue of Two-dimensional Spectral Types for the HD stars. Volume 3. Declinations  $-40.0$  to  $-26.0$ .
- Paczyński B., et al., 2006, MNRAS, 368, 1311
- Pilecki B., Fabrycky D., Poleski R., 2007, MNRAS, 378, 757
- Pojmanski G., Pilecki B., Szczygiel D., 2005, Acta Astronomica, 55, 275
- Slettebak A., Brundage R. K., 1971, AJ, 76, 338