

ANÁLISIS DE CURVAS DE LUZ DE BINARIAS DE CONTACTO

M. Gómez, E. Lapasset, J. Ahumada
Observatorio Astronómico de Córdoba, Argentina

y R. Fariñas
Instituto de Geofísica y Astronomía, Cuba

RESUMEN. Se presentan aplicaciones de la técnica de grilla utilizando el modelo de Wilson-Devinney para el análisis de curvas de luz de sistemas binarios cerrados. En particular, se discuten los resultados obtenidos en los sistemas de contacto V676 Centauri, FM Velorum, V508 Ophiuchi y otros, de los cuales se extraen las siguientes conclusiones: a) la determinación fotométrica del parámetro "q" (relación de masas) es aceptable dentro de rangos razonables de precisión; b) no siempre los resultados fotométricos coinciden con los espectroscópicos; c) en algunos casos (como V508 Oph), el valor de q puede corresponder a una configuración de tipo (A ó W) inversa a la determinada espectroscópicamente. En consecuencia se plantean algunas dudas sobre la confiabilidad de las soluciones "puramente" fotométricas en los sistemas de contacto.

ABSTRACT. The grid-technique along with the Wilson-Devinney model is applied to the analysis of light curves of close binaries. The results derived for the contact systems V676 Centauri, FM Velorum, V508 Ophiuchi, and some others are discussed and the following conclusions obtained: a) the photometric determination of the "q" (mass-ratio) parameter is acceptable within a reasonable accuracy range; b) not always is there coincidence between light and velocity curve results; c) in some cases (such as V508 Oph) the q photometric might even correspond to a different configuration (A or W) from that determined by the spectroscopy. Therefore some doubts about the reliability on the "pure" photometric solutions for contact systems are remarked.

Key words: LIGHT CURVES — STARS-BINARIES

I. INTRODUCCION

El análisis de curvas de luz y de curvas de velocidades radiales de estrellas binarias es ya un tema clásico de la Astrofísica. Numerosos avances se han producido en los últimos años, a partir del desarrollo de técnicas de generación sintética de curvas de luz y de velocidades. Una de las principales de estas técnicas es el modelo de Wilson y Devinney (1971) que ha ido incorporando mejoras y nuevas posibilidades como el tratamiento de órbitas excéntricas, la inclusión de manchas oscuras o brillantes en las superficies estelares, el análisis simultáneo de datos fotométricos y espectroscópicos, etc (Wilson 1979, Van Hamme y Wilson 1984).

El modelo de Wilson y Devinney al considerar superficies equipotenciales ha resultado una herramienta importante para el análisis de sistemas muy cerrados, en los cuales los efectos de distorsión tidal, de oscurecimiento gravitatorio y de reflexión son muy marcados. En particular los sistemas d

contacto de tipo W UMA han podido ser investigados en detalle con mayor confiabilidad.

Sin embargo, algunos puntos permanecen oscuros con respecto al análisis de este tipo de sistemas. Uno de ellos es la determinación de la relación de masas $q = m_2 / m_1$ donde el subíndice 1 se refiere a la componente más caliente. Este es un parámetro fundamental cuya determinación es importante para conocer el origen y la evolución de estos sistemas. Clásicamente, q se obtiene en forma directa de las curvas de velocidades radiales cuando dos espectros son visibles. El q espectroscópico, q_{sp} , para el caso de estrellas de contacto presenta sin embargo algunos problemas (blending de las componentes, no coincidencia del centro fotométrico con el centro de masas de las estrellas, etc.) que le restan precisión. Las curvas de luz, por su parte, mucho más precisas desde el punto de vista observacional, solamente en algunos casos pueden definir el valor de q . En particular, en el caso de binarias de contacto con eclipses totales la unicidad de la solución fotométrica ha sido probada (Lapasset 1980, Lapasset y Sisteró 1984). Cuando los eclipses son parciales y no se dispone de datos espectroscópicos de alta calidad, se suele utilizar la "Técnica de Grilla" para determinar el q fotométrico (q_{ph}). Esto consiste en obtener diferentes soluciones de las curvas de luz a partir de diferentes valores de q , cotejando la bondad de cada una de ellas mediante el parámetro $D = \sum w r^2$ siendo w el peso y r el residuo ($O-C$) de cada punto fotométrico analizado. Esta técnica, en general, permitiría definir las soluciones mejores y en consecuencia, el rango más probable de valores de q_{ph} . ¿Cuán eficiente es este procedimiento? ¿Cuán acertado es el valor determinado? ¿Qué relación guarda con el valor del q_{sp} en el caso de que éste exista?. Estas son algunas preguntas que trataremos de responder mediante algunos ejemplos de estrellas analizadas por medio de la técnica mencionada.

II. V676 CENTAURI

V676 Cen es un sistema de muy corto período orbital ($P = 0.29$ días), tipo espectral K2 y curvas de luz típicas de los sistemas W UMA con diferencia de profundidad entre los mínimos de 0.2 magnitudes en el Visual. Estas características indicarían "a priori" que se trata de un sistema de tipo W (la componente más masiva es la más fría); no existen en la literatura binarias de tipo A (la componente más masiva es la más caliente) con períodos menores de 0.32 días y tipos espectrales más tardíos que G2.

Sin embargo, algunos espectros obtenidos con el espectrógrafo Boller & Chivens y tubo intensificador de imágenes con una dispersión de 29 Å/mm en el telescopio de 2.15m del CASLEO (Argentina), mostraron en forma imprecisa la órbita de escasa amplitud de una de las componentes del sistema. Si esta órbita correspondiera efectivamente a la componente más masiva, la clasificación de V676 Centauri correspondería inequívocamente a un sistema de tipo A. Sería interesante corroborar este resultado que representaría un caso único entre los sistemas de contacto de tipo espectral K.

Dado que nuestros datos espectroscópicos carecieron de precisión se procedió a analizar únicamente las curvas de luz BV obtenidas en el telescopio de 2.15 m del CASLEO y en el de 0.76 m de la Estación de Altura del Observatorio Félix Aguilar, Argentina.

El análisis se desarrolló por medio del método de Wilson y Devinney de curvas de luz sintéticas, utilizando la técnica de grillas antes mencionada. Se tomaron diversos valores iniciales de la relación de masas q entre 0.5 y 2.25. Se ajustaron mediante correcciones diferenciales los parámetros q , i , L_1 , T_2 y Q hasta lograr que las correcciones fueran menores que los errores probables de cada uno de ellos. De esta forma se obtuvieron 8 soluciones factibles cuyos valores finales de los parámetros q y D se observan en la Tabla 1. La variación de éste último valor, graficado en la Figura 1, permite deducir que: a) las soluciones de tipo A ($q < 1.0$) no presentan un buen ajuste de las observaciones; b) las mejores soluciones se hallan para q entre 1.50 y 1.87. En $q = 1.67$ se encuentra el mínimo valor de $D(q)$. Esta solución corresponde a la línea entera en la Figura 2 y a los valores de la Tabla 2.

En este caso, la solución fotométrica aparece bien definida dentro de un rango aceptable de valores de q .

TABLA 1. Relación de masas inicial y final y valores de D para las distintas soluciones fotométricas de V676 Centauri

q_0	q	$D=\Sigma wr^2$
0.50	0.55	0.6517
0.75	0.75	0.4625
1.00	1.11	0.3551
1.25	1.46	0.3032
1.50	1.57	0.2861
1.75	1.67	0.2826
2.00	1.87	0.2829
2.25	1.89	0.3179

TABLA 2. Parámetros de la solución fotométrica adoptada para V676 Centauri

i	83.66°	$X_1=X_2$	B	0.90
T_1	4780°K		V	0.76
T_2	4458°K	L_1	B	0.489
$A_1=A_2$	0.50	L_1+L_2	V	0.515
q	1.670			
$\varpi_1=\varpi_2$	4.701	r_1 (pole)		0.321
		(side)		0.336
		(back)		0.373
$f = (\varpi_i - \varpi) / (\varpi_i - \varpi_0)$	0.1304	r_2 (pole)		0.406
		(side)		0.431
		(back)		0.463
$\Sigma w(O-C)^2$	0.2826			

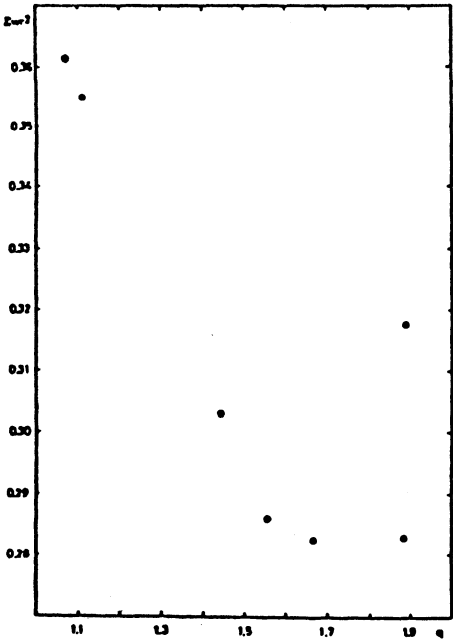


Figura 1. Parámetro de calidad de la solución fotométrica de V676 Centauri.

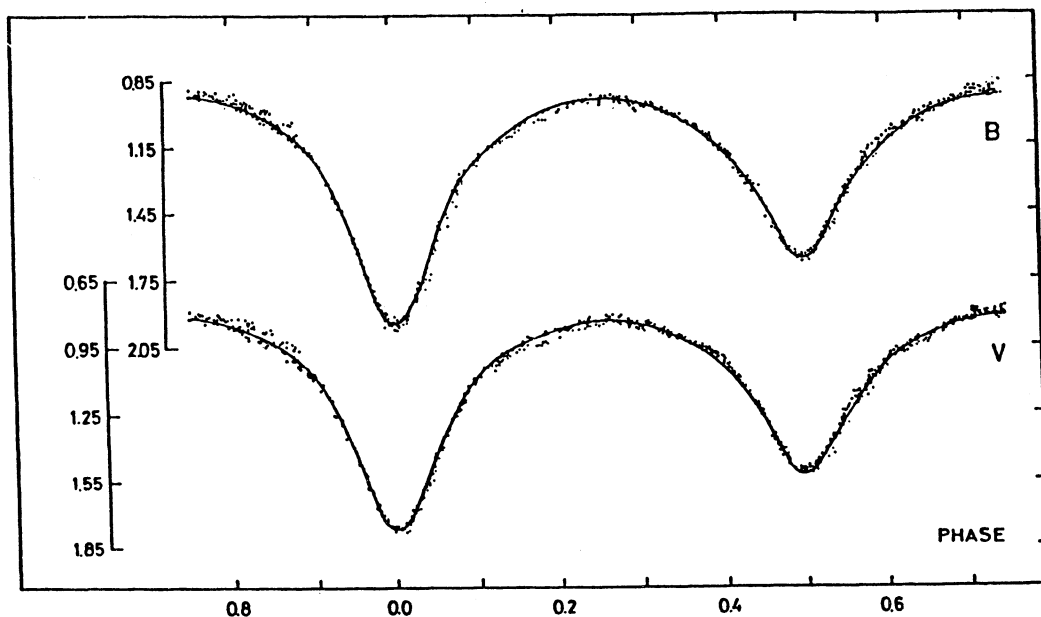


Figura 2. Curvas de luz teóricas y observadas de V676 Centauri.

III. FM VELORUM

FM Velorum es una estrella de tipo espectral F8 y período orbital de 0.39 días. Sus curvas de luz presentan características similares a V676 Cen. El análisis mediante la técnica de grilla desarrollado por Gómez, Lapasset y Clariá (1987) da por resultado un mínimo alrededor de $q = 2.0$ (Figura 3).

Al igual que en el caso anterior las soluciones de tipo A aparecen poco favorecidas. Fotométricamente, FM Velorum es pues un sistema de tipo W con relación de masas bien definida. Algunos espectros en 29 Å/mm confirman esta clasificación.

IV. V508 OPHIUCHI

Este es un sistema de tipo W UMA de tipo espectral G0 y corto período ($P = 0.34$ días). El análisis simultáneo de las curvas de luz BV y de curvas de velocidades radiales de las componentes fue realizado recientemente (Lapasset y Gómez 1989). En la obtención de este tipo de soluciones conjuntas el valor del parámetro q queda determinado principalmente por los datos espectroscópicos ($q_{sp} = 0.53$). Sin embargo una grilla de soluciones fotométricas produjo el resultado que se observa en la Figura 4. El mínimo del parámetro $D(q)$ se observa para $q = 2.0$!. No solamente el q_{ph} es completamente distinto del q_{sp} sino que la configuración es la opuesta: la espectroscopía indica que se trata de un sistema de tipo A, de la fotometría se obtendría una configuración de tipo W. Este es un resultado desafortunado. Salvo que se tratara de una excepción, estaría señalando que las soluciones puramente fotométricas pueden estar viciadas. Pero veamos otros ejemplos.

V. OTROS EJEMPLOS

Maceroni (1986) encontró, mediante técnicas de grilla aplicadas a la estrella V523 Cas, un valor del $q_{ph} = 1.65$ mientras que el q_{sp} era de 2.38 ± 0.16 .

Kaluzny & Pojmanski (1984) obtuvieron para la binaria de contacto SS Ari dos soluciones, una de tipo A y otra de tipo W. El parámetro D indicó una preferencia marcada para esta última solución sin que ello haya sido corroborado espectroscópicamente.

Un resultado similar fue obtenido para el sistema CT Eri por Lapasset, Gómez y Clariá (1987) aunque en este caso la diferencia entre la calidad de ambas soluciones era mínima. Algunos espectros obtenidos por los autores en 29 Å/mm corroboran la clasificación de tipo A.

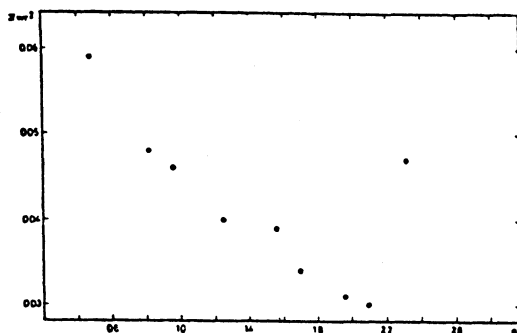


Figura 3. Parámetro de calidad de las soluciones fotométricas de FM Velorum.

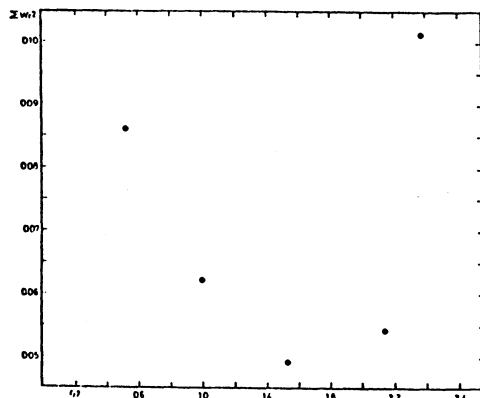


Figura 4. Parámetro de calidad de las soluciones fotométricas de V508 Ophiuchi.

VI. DISCUSION

Si bien en muchos casos la coincidencia de los valores de q_{ph} y q_{ser} ha sido comprobada o al menos las discrepancias no han sido muy grandes (Maceroni, Milano y Russo 1985) existen lamentablemente algunos ejemplos abiertamente contradictorios. Esto abre algunas dudas sobre la confiabilidad de todas las soluciones puramente fotométricas. Por su parte, los datos de velocidades radiales de alta calidad han sido obtenidos solamente para muy pocos sistemas de contacto. Pero indudablemente, este tipo de espectros son los que en definitiva permitirán esclarecer sin ambigüedades el rango de valores más confiables de la relación de masas, el cual a su vez es un parámetro fundamental para establecer la base observacional de las teorías evolutivas.

Mientras estos datos espectroscópicos no sean obtenidos, los resultados de las soluciones de curvas de luz, aún los más elaborados deben ser manejados con cierta precaución.

REFERENCIAS

- Gómez, M., Lapasset, E., y Clariá, J.J. 1987, Boletín Asoc. Argentina de Astron., Nº 33,308.
 Lapasset, E. 1980, Astron. J., 85,1098.
 Lapasset, E., y Gómez, M. 1989, Astron. Astrophys., (en prensa).
 Lapasset, E., y Sisteró, R.F. 1984, Astron. Astrophys., 130,97.
 Lapasset, E., Gómez, M., y Clariá, J.J. 1987, Boletín Asoc. Argentina de Astron., Nº 32,89.
 Kaluzni, K., y Pojmanski, G. 1984, Acta Astron., 34,445.
 Maceroni, C., Milano, L., y Russo, G. 1985, M.N.R.A.S., 217,843.
 Maceroni, C. 1986, Astron. Astrophys., 170,43.
 Van Hamme, H., y Wilson, R.E. 1984, Astron. Astrophys., 141,1.
 Wilson, R.E., y Devinney, E.J. 1971, Astrophys. J., 166,605.
 Wilson, R.E. 1979, Astrophys. J., 234,1054.

M.Gómez, E.Lapasset, J. Ahumada y R. Fariñas: Observatorio Astronómico de Córdoba, Laprida 854, 5000 Córdoba, Argentina.