

COMUNICACIÓN DE TRABAJO – CONTRIBUTED PAPER

Estudio de los parámetros característicos de variables cataclísmicas mediante modelos de evolución binaria

C. Rodríguez¹, M.A. De Vito^{1,2}, O.G. Benvenuto^{1,3}

(1) *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata*

(2) *Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET, Argentina*

(3) *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*

Resumen. Las variables cataclísmicas constituyen una familia de binarias en las que una estrella normal de baja masa le transfiere material a su compañera, una enana blanca. Estos eventos de transferencia de masa ocurren debido al desborde del lóbulo de Roche de la estrella normal, y el material fluye a través del punto L_1 de Lagrange. Una de las características principales de este grupo es el salto (*gap*) que presentan en la distribución de períodos orbitales. En este trabajo nos proponemos modelar un grupo de sistemas binarios con transferencia de masa que puedan reproducir algunas de las características principales de esta familia. Compararemos nuestros resultados con objetos en los que las masas de las componentes y el período orbital se encuentren disponibles desde las observaciones.

Abstract. Cataclysmic variables constitute a family of binary stars in which a normal, low mass star transfers material to its companion, a white dwarf. These events of mass transfer occur due to Roche lobe overflow, from the normal star through L_1 Lagrangian point. One of the main characteristics of this group is the presence of a period gap that they show on their orbital period distribution. The aim of this work is to model a group of binary systems with mass transfer that can reproduce some of the main characteristics of this family. We will compare our results with objects in which current masses of the components and orbital period are available from observations.

1. Introducción

Las variables cataclísmicas (VC) suelen tener períodos orbitales (P_{orb}) entre 80 minutos y 8 horas, aunque con una marcada escasez de sistemas con períodos entre 2 y 3 horas; a esto se lo conoce como *gap* de períodos orbitales (Howell *et al.* 2001). El llamado modelo estándar de evolución de variables cataclísmicas conduce a la explicación de este comportamiento. Según Knigge *et al.* (2011), en este modelo se asume que el mecanismo dominante de pérdida de momento angular en sistemas de largo período (mayor a 3 h) es el frenado magnético (*magnetic braking*). Por otro lado, en sistemas de corto período (menor a 2 h), el mecanismo dominante de pérdida de momento angular está asociado a emisión de radiación gravitatoria (Gänsicke *et al.* 2009). Además asume que, cuando la

estrella donante es completamente convectiva (lo cual ocurre para $P_{\text{orb}} \approx 3$ h), el frenado magnético termina abruptamente. En este punto, la estrella donante está ligeramente fuera del equilibrio termodinámico. Cuando esto ocurre, se reduce la tasa de pérdida de masa y pierde contacto con su lóbulo de Roche. El sistema evoluciona, entonces, hacia períodos más cortos (domina la radiación gravitatoria). Eventualmente, la estrella donante se encuentra nuevamente con su lóbulo de Roche cuando $P_{\text{orb}} \approx 2$ hs. Así, la transferencia de masa se reinicia nuevamente y el sistema emerge como una VC activa en la parte más baja del salto del período (Knigge *et al.* 2011).

2. Descripción del Trabajo/Proyecto/Metodología

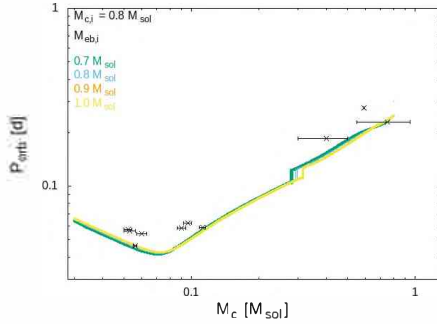
En el marco de la evolución de sistemas binarios en los que ocurre transferencia de masa, buscamos posibles progenitores para variables cataclísmicas en las que las masas de las componentes y el período orbital están determinados (ver Tabla 1).

Tabla 1: Datos obtenidos de la literatura para los sistemas binarios seleccionados. En la primera columna se encuentra el nombre del objeto y la referencia a la que se acudió. Luego, se listan el período orbital (P_{orb}), la masa de la enana blanca (M_{eb}) y la masa de su compañera (M_c). Finalmente, los posibles progenitores encontrados (ver el texto principal para más detalles).

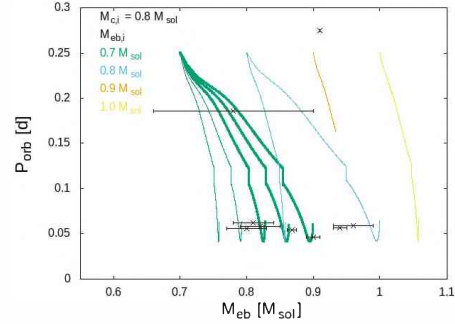
Objeto y referencia	$P_{\text{orb}}[d]$	$M_{\text{eb}}[M_{\odot}]$	$M_c[M_{\odot}]$	Progenitores
$J100658.40 + 233724.4$ [4], [5]	0,1859	$0,78 \pm 0,12$	$0,4 \pm 0,10$	100070340_015
$J150722.30 + 523039.8$ [6]	0,0463	$0,9 \pm 0,01$	$0,056 \pm 0,001$	100070300_023
$J090350.73 + 330036.1$ [7]	0,059	$0,96 \pm 0,03$	$0,112 \pm 0,004$	100070300_030 125070400_025
$J103533.03 + 055158.4$ [7]	0,057	$0,94 \pm 0,01$	$0,052 \pm 0,002$	—
$J122740.83 + 513925.0$ [7]	0,062	$0,81 \pm 0,03$	$0,096 \pm 0,004$	—
$J143317.78 + 101123.3$ [7]	0,054	$0,868 \pm 0,007$	$0,06 \pm 0,003$	—
$J150137.22 + 550123.3$ [7]	0,056	$0,8 \pm 0,03$	$0,053 \pm 0,003$	080070250_020
$J150240.98 + 333423.9$ [7]	0,058	$0,82 \pm 0,03$	$0,09 \pm 0,004$	100060350_025 125060400_020
$J08055 + 0720$ [8], [9]	0,2287	—	$0,75 \pm 0,2$	080070250_020 100070300_020 125070400_020
SSCyg [10]	0,2751	0,91	0,59	100080375_025

Para ello, diagramamos una serie de cálculos evolutivos utilizando nuestro código de evolución binaria (Benvenuto & De Vito 2003).

Consideramos enanas blancas acretoras con masas iniciales ($M_{\text{eb},i}$) de 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 $M_{\odot}$, acompañadas por estrellas normales, donantes de material, con masas iniciales ($M_{c,i}$) de 0.60, 0.70, 0.80, 1.00, 1.25, 1.50 y 1.75 $M_{\odot}$. Los períodos orbitales iniciales ($P_{\text{orb},i}$) fueron seleccionados entre 0.15 y 1.00 d, ya que buscamos sistemas binarios que evolucionen a configuraciones convergentes. Además, estudiamos el caso de evolución orbital *no conservativa*, esto es, no toda la masa que pierde la estrella donante cae sobre la acretora o queda en el sistema. Esto se modela a través de un parámetro (β).

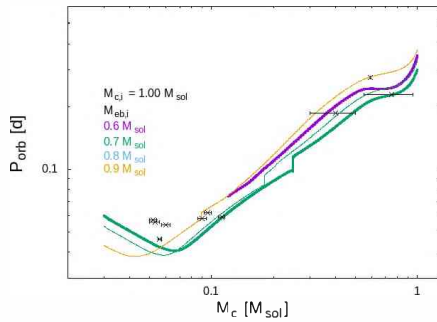


(a) Período orbital en función de la masa de la estrella donante, para un valor inicial de la masa de esta componente de $0.8 M_{\odot}$ y diferentes valores de la masa inicial de la enana blanca ($0.7, 0.8, 0.9$ y $1.0 M_{\odot}$), y diferentes valores del período orbital inicial.

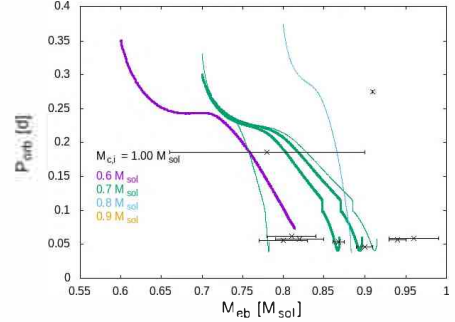


(b) Período orbital en función de la masa de la enana blanca, para un valor inicial de la masa de la estrella donante de $0.8 M_{\odot}$ y diferentes valores de la masa inicial de la enana blanca ($0.7, 0.8, 0.9$ y $1.0 M_{\odot}$) y diferentes valores del período orbital inicial.

Figura 1: Evolución del período orbital del sistema en función de las masas de las componentes para un valor inicial de la masa de la estrella donante de $0.8 M_{\odot}$.

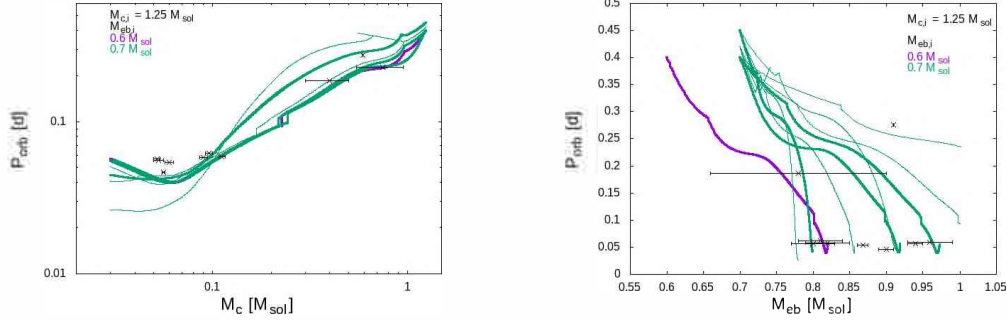


(a) Similar a la Figura 1, pero para un valor inicial de la masa de la estrella donante de $1.0 M_{\odot}$.



(b) Similar a la Figura 2, pero para un valor inicial de la masa de la estrella donante de $1.0 M_{\odot}$.

Figura 2: Similar a la Figura 1, con masas iniciales de las enanas blancas de $0.6, 0.7, 0.8$ y $0.9 M_{\odot}$.



(a) Similar a la Figura 1, pero para un para valor inicial de la masa de la estrella donante de $1.25 M_{\odot}$.

(b) Similar a la Figura 2, pero para un para valor inicial de la masa de la estrella donante de $1.25 M_{\odot}$.

Figura 3: Similar a la Figura 1, con masas iniciales de las enanas blancas de 0.6 y $0.7 M_{\odot}$.

3. Resultados

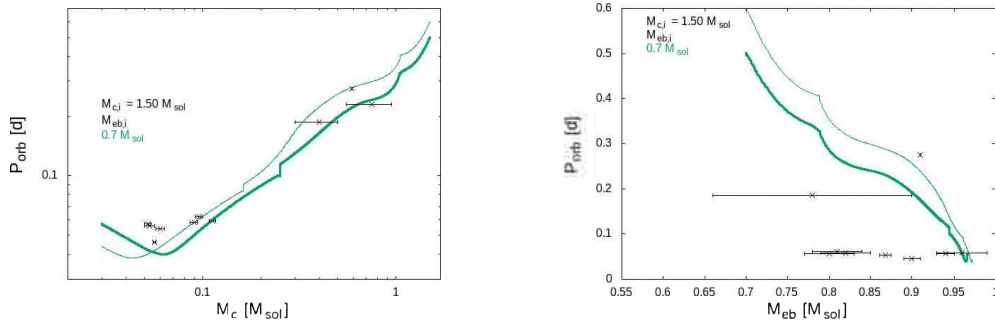
Para los sistemas presentados en la Tabla 1, buscamos posibles sistemas binarios progenitores. Para ello, estimamos valores iniciales de las masas individuales, el período orbital, y un valor adecuado de β , tal que reproduzcan los valores observados en la actualidad para dichos sistemas.

En la quinta columna de la Tabla 1 presentamos los progenitores que mejor ajustan a cada sistema (en los casos en que hemos tenido éxito en la búsqueda). Los nombres de cada progenitor siguen el siguiente patrón $M_{c,i}, M_{eb,i}, P_{orb,i}-\beta$. Por ejemplo, el modelo 100070300_030 corresponde a $M_{c,i} = 1.00 M_{\odot}$, $M_{eb,i} = 0.7 M_{\odot}$, $P_{orb,i} = 0.300$ d y $\beta = 0.30$.

En las Figuras 1 a 4 presentamos la evolución del período orbital en función de la masa de la estrella donante (izquierda), y de masa de la enana blanca (derecha). Se indican en diferentes colores los valores iniciales de las masas de las enanas blancas consideradas en cada caso. Se han explorado diferentes valores de períodos orbitales iniciales. Con línea gruesa se destacan los candidatos a progenitores que se encuentran en la Tabla 1. Podemos observar que algunos objetos presentan más de un posible progenitor. Esto se debe a que contamos con una amplia variedad de valores iniciales para la masa de la enana blanca que pueden ser combinados con distintos valores de β .

4. Conclusiones y Trabajo a Futuro

En este trabajo, hemos hallado posibles progenitores para siete de los diez sistemas pertenecientes a la familia de las variables cataclísmicas cuyas masas y períodos orbitales son conocidos (excepto en un objeto que no tiene aún estimaciones para la masa de la enana blanca).



(a) Similar a la Figura 1, pero para un para valor inicial de la masa de la estrella donante de $1.50 M_{\odot}$.

(b) Similar a la Figura 2, pero para un para valor inicial de la masa de la estrella donante de $1.50 M_{\odot}$.

Figura 4: Similar a la Figura 1, con masas iniciales de las enanas blancas de $0.7 M_{\odot}$.

En algunos casos, la variedad de masas iniciales que pueden considerarse para las enanas blancas, combinadas con diferentes valores de β , hace que para un mismo sistema podamos presentar diferentes progenitores.

Esperamos, como continuación de este trabajo, realizar una grilla más detallada que nos permita hallar progenitores para todos los sistemas.

Referencias

- Baraffe I., Kolb U., 2000, MNRAS, 318, 354
 Benvenuto O.G., De Vito M.A., 2003, MNRAS, 342, 50
 Gänsicke, B. T., Dillon, M., Southworth, J., et al. 2009, MNRAS, 397, 2170
 Hill C. A., Smith R. C., Hebb L., Szkody P., 2017, MNRAS, 472, 2937
 Howell S.B., Nelson L.A., Rappaport S., 2001, ApJ, 550
 Knigge C., Baraffe I., Patterson J., 2011, ApJS, 194, 28
 Littlefair S. P., Dhillon V. S., Marsh T. R., Gänsicke B. T., Baraffe I., Watson C. A., 2007, MNRAS, 381, 827
 Littlefair S. P., Dhillon V. S., Marsh T. R., Gänsicke B. T., Southworth J., Baraffe I., Watson C. A., et al., 2008, MNRAS, 388, 1582
 Southworth J., Tappert C., Gänsicke B. T., Copperwheat C. M., 2015, A & A, 573, A61
 Southworth J., Hickman R. D. G., Marsh T. R., Rebassa-Mansergas A., Gänsicke B. T., Copperwheat C. M., Rodríguez-Gil P., 2009, A&A, 507, 929
 Thorstensen J. R., Taylor C. J., Peters C. S., Skinner J. N., Southworth J., Gänsicke B. T., 2015, AJ, 149, 128