

BÚSQUEDA DE ESTADOS DE PEQUEÑO RITMO DE TRANSFERENCIA DE MASA EN VARIABLES CATACLÍSMICAS DE TIPO *SW SEXTANTIS*.

Pablo Rodríguez Gil

1. INTRODUCCIÓN.

En las variables cataclísmicas (VCs) una estrella de tipo espectral tardío (cuasi-secuencia principal) que llena su lóbulo de Roche, transfiere masa hacia una enana blanca (EB) de mayor masa (componente primaria). La forma en la que el gas realiza este viaje desde la estrella donante (componente secundaria) depende de la intensidad del campo magnético de la EB. En el caso de EBs débilmente magnéticas, el material forma un disco alrededor de la EB en el que el plasma cae en espiral hacia la superficie de la misma. Por el contrario, si el campo magnético es muy intenso, el material se ve forzado a seguir las líneas de campo magnético, siendo imposible la formación de un disco de acrecimiento. Existe, por último, un caso intermedio en el que el gas es transportado a través de un disco truncado por el campo magnético en sus regiones más interiores (i.e. más cercanas a la EB).

Si analizamos la distribución de las VCs en función de su periodo orbital, se observa una gran acumulación de sistemas en el intervalo de periodos comprendidos entre 3 y 4 horas. La tercera parte de las VCs dentro de este intervalo muestra unas características espectroscópicas peculiares con respecto al resto y se denominan sistemas *SW Sextantis* (ver e.g. Rodríguez-Gil & Martínez-Pais 2002 para más detalles). En estas cataclísmicas el ritmo de transferencia de masa desde la estrella donante es inusualmente grande, y la temperatura de las EBs es atípicamente alta, hechos ambos sin explicación en el marco de la teoría estándar de evolución de VCs. Contrariamente a lo que se pensaba a finales de los años 1990, existen a su vez evidencias observacionales que apoyan la presencia de EBs magnéticas en los sistemas *SW Sextantis* (Rodríguez-Gil et al. 2001; Hameury & Lasota 2002). Todas estas características hacen que estos sistemas hayan pasado de ser considerados una excepción para convertirse en la regla en el intervalo de periodos orbitales entre 3 y 4 horas.

Desafortunadamente, el gran ritmo de transferencia de masa da lugar a una luminosidad de las estructuras de acrecimiento tan grande que vela cualquier otra estructura del sistema binario (EB, estrella donante, etc.). Desde el punto de vista evolutivo, la caracterización dinámica de los sistemas *SW Sextantis* es fundamental para comprobar si las masas de las componentes estelares involucradas son compatibles o no con las del resto de VCs en el mismo rango de periodos orbitales. Para ello, es necesario detectar el espectro de la estrella donante, lo cual es imposible a causa del brillo de las otras estructuras. Por fortuna, los sistemas *SW Sextantis* pasan por fases de pequeño ritmo de transferencia de gas (también sin explicación hasta el momento) en las que el brillo del disco disminuye hasta tal punto que la débil estrella donante es visible. Es en esos momentos cuando se puede realizar observaciones espectroscópicas y fotométricas dedicadas al estudio de la estrella secundaria y de la EB por separado. Como muestra la Fig. 1, la caída de brillo puede ser de hasta 3-4 magnitudes, lo que fuerza la utilización de telescopios de gran diámetro.

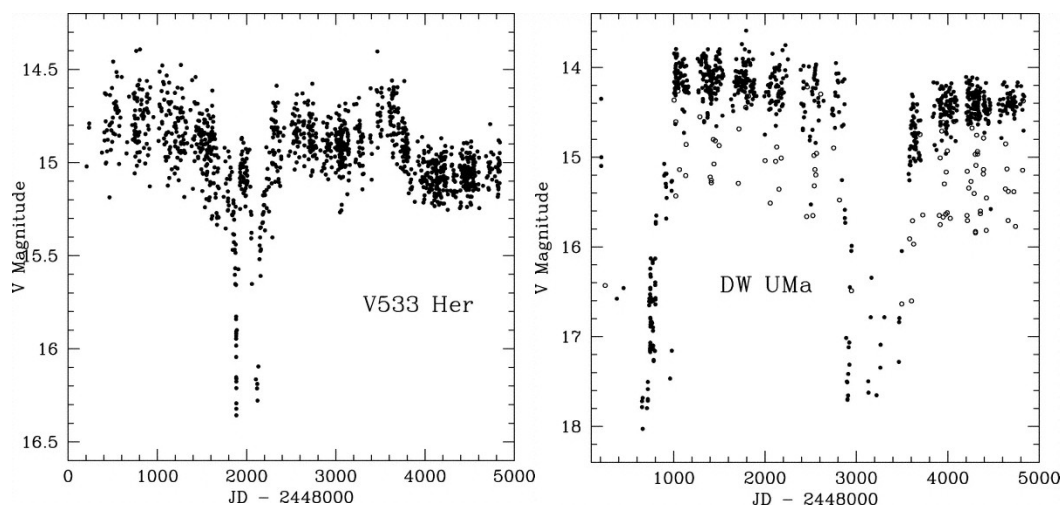


Figura 1. Curvas de luz en filtro V de los sistemas V533 Herculis (*izquierda*) y DW Ursae Majoris (*derecha*), donde quedan patentes las caídas de brillo que ocurren de forma cuasi-periódica en ambos sistemas SW Sextantis. En el caso de DW UMa, se aprecia dos caídas separadas por ~6-7 años. Figura adaptada de Honeycutt & Kafka (2004).

2. LA LABOR DEL “GRUPO M1” .

Aunque estos estados de pequeño brillo no ocurren de forma frecuente (suelen tener lugar cada 5-10 años en un mismo sistema), el creciente número de nuevos sistemas SW Sextantis que estamos descubriendo hace que pueda detectarse 1 ó 2 eventos cada año. Por otra parte, la vigilancia fotométrica de un gran número de estrellas es una tarea imposible de realizar desde los observatorios profesionales. Por esta razón, en abril de 2004 se puso en marcha la colaboración con astrónomos del Grupo con el principal objetivo de realizar medidas fotométricas rutinarias de un gran número de sistemas SW Sextantis para detectar estados de pequeño brillo. En la actualidad, se está realizando medidas fotométricas de unos 30 sistemas, habiendo detectado desde abril de 2004 cuatro sistemas (HS 0220+0603 en octubre de 2004; V442 Oph, marzo de 2005; KUV 03580+0614, septiembre de 2005; y HS 0455+8315, enero de 2006) con un brillo entre 2 y 4 magnitudes más débil que su brillo normal (ver Fig. 2), lo que demuestra la gran eficiencia del programa de vigilancia.

3. EL CASO DEL SISTEMA ECLIPSANTE HS 0220+0603.

El sistema SW Sextantis HS 0220+0603, descubierto a partir de los datos del *Hamburg Quasar Survey* (Rodríguez-Gil 2005), fue observado en un estado de pequeño ritmo de transferencia de masa por Julio Castellano el 17 de octubre de 2004, lo que fue confirmado por Ramón Naves tres días más tarde. Su brillo cayó unas 4 magnitudes, permaneciendo con $V \sim 19.3$ durante 11 meses. Este descubrimiento dio inmediatamente pie a observaciones en los telescopios VLT (8.2 m, Cerro Paranal), Magellan (6.5 m, Las Campanas), WHT (4.2 m, La Palma), y NOT (2.56 m, La Palma). También se llevó a cabo observaciones en rayos X con el satélite *XMM-Newton*.

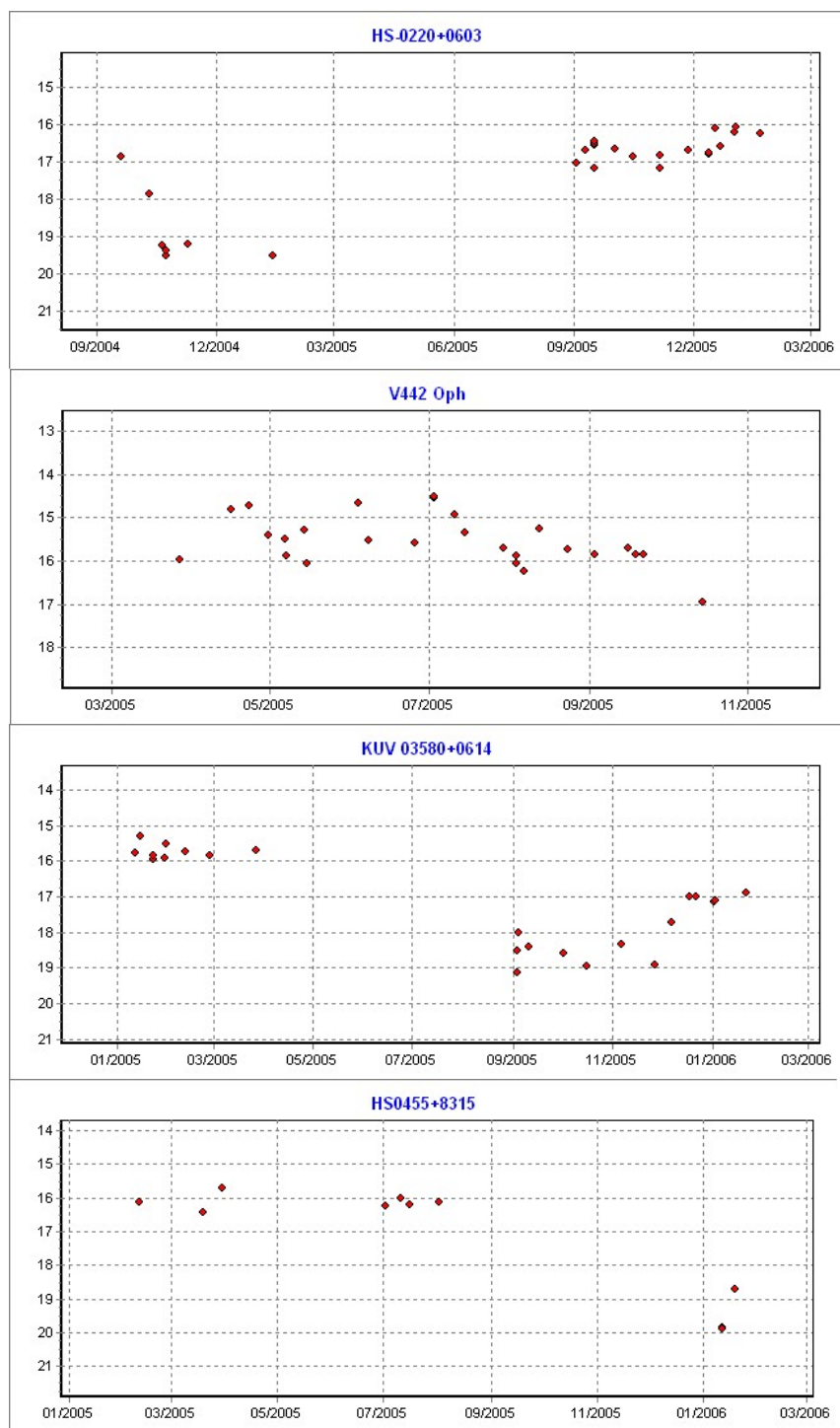


Figura 2. Curvas de luz de los sistemas SW Sextantis detectados en estado de pequeño ritmo de transferencia de masa por los observadores del Grupo M1. De *arriba a abajo*: HS 0220+0603, V442 Oph, KUV 03580+0614 y HS 0455+8315. En el eje de abscisas se representa la fecha, mientras que el de ordenadas indica la magnitud en la banda V. El brillo normal de V442 Oph es de $V \sim 13.5$, lo que indica que las observaciones fueron echas en estado de bajo brillo.

Las primeras observaciones realizadas con el telescopio VLT un mes después de la caída mostraron el espectro de la estrella donante, así como el de la enana blanca, lo que se convierte en **la primera detección directa del espectro visible de las componentes estelares en un sistema SW Sextantis**. El análisis de estos espectros (ver Fig. 3) indica la presencia de una estrella secundaria de tipo espectral M3-4 V y una enana blanca inusualmente caliente, con $T_{\text{eff}} > 25000$ K, estimándose una distancia a la binaria de $d \sim 700 - 1000$ pc.

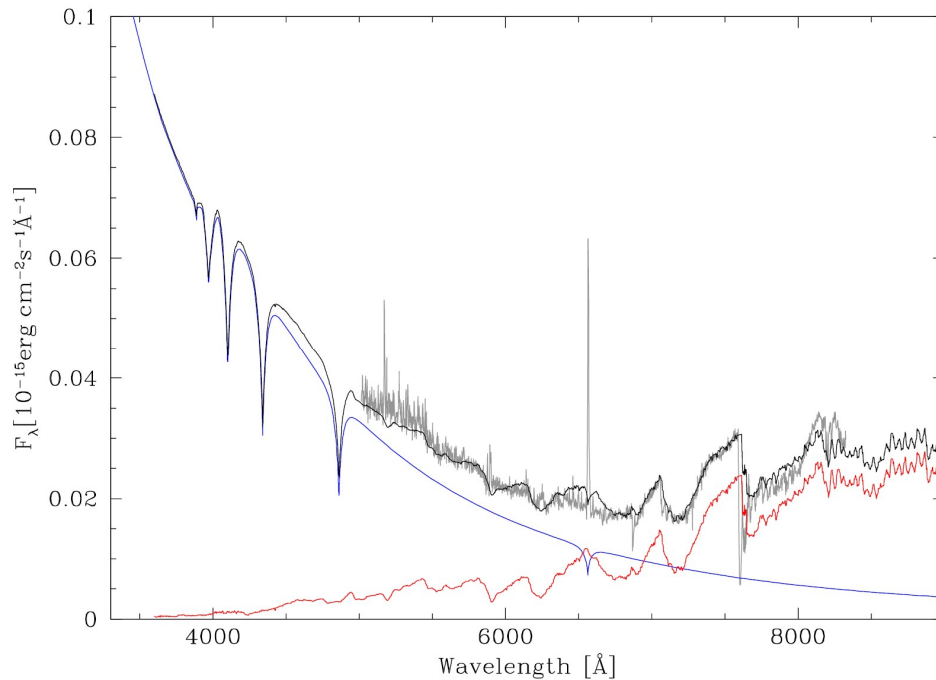


Figura 3. Espectro de HS 0220+0603 en estado de pequeño brillo tomado con VLT/FORS2 el 21 de noviembre de 2004 (gris). Se ve claramente el espectro de la estrella donante en la parte roja y un continuo ascendente en el azul originado por la fotosfera de la enana blanca. La descomposición del espectro indica la presencia de una estrella donante de tipo espectral M3-4 V (rojo), una enana blanca con $T_{\text{eff}} > 25000$ K (azul), y una distancia $d \sim 700-1000$ pc. La suma de ambas componentes se presenta en negro.

Los datos espectroscópicos con resolución temporal obtenidos en el WHT han proporcionado la amplitud de la curva de velocidad radial de la estrella compañera, es decir, la velocidad a la que orbita alrededor del centro de masas del sistema tal y como lo vemos desde la Tierra. En el mismo telescopio se realizaron observaciones fotométricas de altísima resolución temporal en agosto de 2005 con la cámara *ULTRACAM* (ver Fig. 4), las cuales han permitido por vez primera resolver la rápida ocultación de la enana blanca por la estrella donante. Estos datos, junto con los espectroscópicos y los ya obtenidos cuando el sistema se encontraba en su estado normal, permitirán calcular con precisión las masas del sistema y otros parámetros orbitales, así como la temperatura de la enana blanca. En la actualidad, estamos trabajando para tal fin.

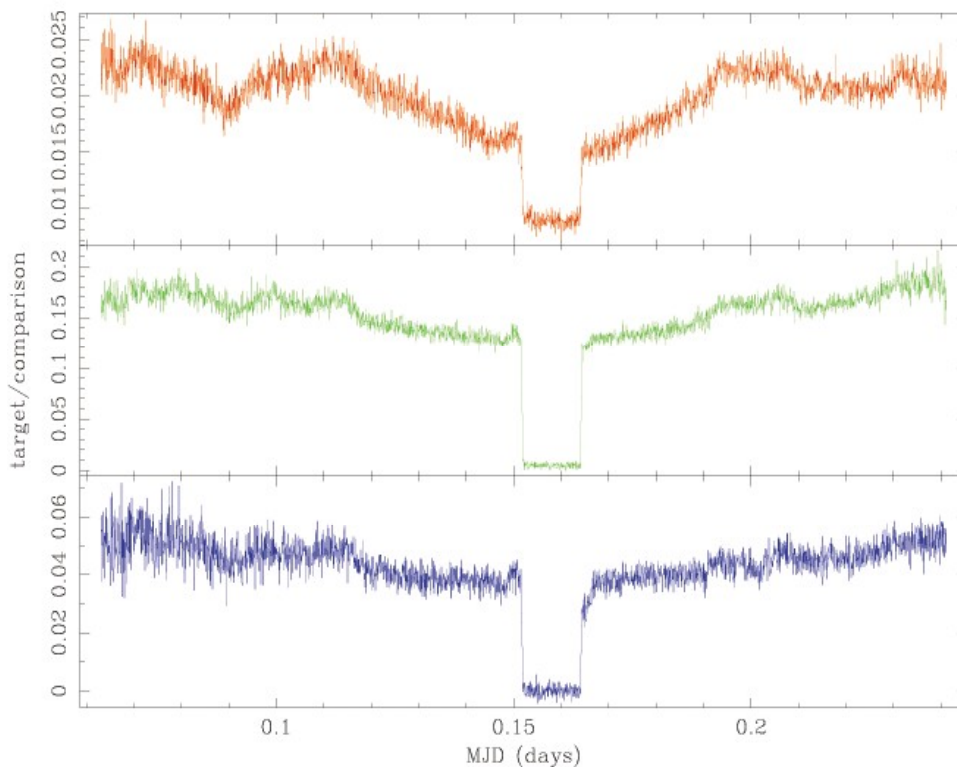


Figura 4. Curvas de luz de HS 0220+0603 obtenidas con WHT/ULTRACAM el 9 de agosto de 2005. De arriba a abajo se representan los filtros i' , g' y u' . La abrupta bajada de brillo corresponde a la ocultación de la enana blanca por la estrella donante, que dura unos 15 min.

4. UNA COLABORACIÓN A LARGO PLAZO.

La única manera de medir los parámetros orbitales de los sistemas SW Sextantis de forma directa y, por tanto, de obtener con el tiempo una muestra estadísticamente significativa de ellos, es realizar observaciones como las descritas en el apartado anterior durante los estados de pequeño brillo. Por consiguiente, la vigilancia a largo plazo que lleva a cabo el Grupo M1 es esencial para el éxito del proyecto.

El trabajo de M1 es también muy importante a la hora de solicitar tiempo de observación en telescopios de gran apertura, ya que no sería posible obtenerlo sin contar con un programa fiable de monitorización de los sistemas. En este sentido, ya se nos ha concedido tiempo de observación garantizado en régimen de *Target of opportunity* en los telescopios VLT, WHT y NOT, en los que se activará las observaciones justo después de recibir la alerta por parte de M1 y la posterior confirmación en el telescopio IAC80 del Observatorio del Teide en Tenerife.

El éxito de esta colaboración nos ha animado a extenderla al hemisferio sur, donde ya hay algunos telescopios buscando estados de pequeño brillo en sistemas SW Sextantis que sólo son visibles en esas latitudes.

5. REFERENCIAS

- Hameury J.-M., Lasota J.-P., 2002, *Astronomy & Astrophysics*, 394, 231.
- Honeycutt R. K., Kafka S., 2004, *The Astronomical Journal*, 128, 1279.
- Rodríguez-Gil P., Casares J., Martínez-Pais I. G., Hakala P., Steeghs D., 2001, *The Astrophysical Journal*, 548, L49.
- Rodríguez-Gil P., Martínez-Pais I. G., 2002, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 337, 209.
- Rodríguez-Gil P., 2005, en *The Astrophysics of Cataclysmic Variables and Related Objects*, ASP Conference Vol. 330, eds. J.-M. Hameury y J.-P. Lasota. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, p. 335

AGRADECIMIENTOS.

Desde estas páginas quiero expresar mi agradecimiento y felicitación a todos los astrónomos que colaboran o han colaborado activamente en este proyecto conjunto, especialmente a Diego Rodríguez. Quede aquí reflejada mi gratitud por su trabajo y esfuerzo junto al de Julio Castellano, Ramón Naves, Esteban Reina, Sensi y José Antonio de Observamurcia, Tomás Luis Gómez, Teófilo Arranz, José Ripero, Alfredo González Herrera, Miguel Rodríguez Marco, Juan Lacruz, Joaquín Sánchez, y José Castillo. También quiero dar las gracias a Álex Oscoz (Jefe de Operaciones Telescópicas) y a los grupos de Operadores de Telescopio y de Astrónomos de Soporte del Observatorio del Teide por su rápida respuesta ante la confirmación de las alertas del Grupo M1.

Pablo Rodríguez Gil es doctor en astrofísica por la Universidad de La Laguna (Tenerife). Su trabajo se centra en el estudio de la evolución de las variables cataclísmicas.

Los datos actualizados se pueden encontrar en:

<http://astrosurf.com/blazar/variable/UG04/Observations%20of%20some%20VY%20Scl-type%20stars.html>