

# RESPUESTA DE DIFERENTES LÍNEAS DE EMISIÓN DEL RANGO ÓPTICO A VARIAS FULGURACIONES OBSERVADAS EN LAS ESTRELLAS AD LEO Y V1054 OPH

I. Crespo-Chacón<sup>1</sup>, D. Montes<sup>1</sup>, M.J. Fernández-Figueroa<sup>1</sup> y J. López-Santiago<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Astrofísica y C.C. de la Atmósfera, Fac. de C.C. Físicas, Univ. Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

## I. INTRODUCCIÓN

Se cree que las fulguraciones que se producen en las estrellas de tipo UV Cet se deben, como en el Sol, a reconexiones del campo magnético existente en la corona, en las que se libera una gran cantidad de energía en un intervalo de tiempo muy breve. Esta energía se invierte en diferentes procesos, dando lugar a una variación (apreciable en todos los rangos espectrales) del flujo emitido por la estrella. Parte de la misma se emplea en acelerar, incluso hasta velocidades relativistas, los electrones presentes en los alrededores de la zona de reconexión. Estos electrones se dirigen hacia abajo siguiendo las líneas de campo magnético, produciendo radiación microondas por emisión giro-sincrotrón. Durante el trayecto se van frenando (emitiendo un continuo de bremsstrahlung en rayos X y  $\gamma$ ) y, al impactar con la materia de la cromosfera, se generan rayos X duros y se evapora parte de dicho material (llenando el bucle coronal de plasma muy caliente que emite en rayos X blandos). Los electrones que no se han frenado totalmente en la cromosfera siguen su camino hacia la fotosfera, donde al impactar producen evaporación de material y plasma caliente que emite en el visible y en el extremo ultravioleta.

Tanto AD Leo<sup>1</sup> como V1054 Oph<sup>2</sup> (Wolf 630AB) son estrellas de la secuencia principal y tipo espectral M3.5e, conocidas por ser muy activas (incluso en sus estados quiescentes) y producir fulguraciones altamente energéticas. Por ser próximas al Sol (AD Leo dista  $\sim 5$  pc y V1054 Oph  $\sim 6.46$  pc), son relativamente brillantes ( $V=9.43$  y  $V=9.04$ , respectivamente), por lo que sus fulguraciones pueden ser captadas con facilidad.

## II. OBSERVACIONES REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Las observaciones espectroscópicas de alta resolución temporal analizadas en este trabajo se efectuaron las noches del 2-5 de Abril de 2001, dentro de la campaña MUlti-Site COntinuous Spectroscopy (MUSICOS) del mismo año. Se realizaron con el Telescopio Isaac Newton (INT) del Observatorio de El Roque de Los Muchachos (La Palma, España), usando el espectrógrafo de dispersión intermedia (IDS) junto con la red de dispersión R1200B y el detector CCD EEV10a. Con R1200B se cubrió el rango entre 3560 y 5170 Å (que incluye las líneas de Balmer desde  $H_{\beta}$  hasta  $H_{\eta}$ , las líneas H y K del CaII, así como la de 4026 Å del HeI). La dispersión recíproca que proporciona dicha red es  $\sim 0.48$  Å/píxel y la resolución espectral que se obtuvo fue  $\sim 1.22$  Å. Durante las cuatro noches se tomaron un total de 459 espectros de AD Leo y 233 de V1054 Oph. Con el fin de obtener la máxima resolución temporal, se asignaron tiempos de exposición tan cortos como fue posible, cuidando que la señal-ruido (S/N) de los espectros resultantes fuese suficientemente aceptable. Los tiempos de exposición oscilaron entre 15 y 30s para AD Leo (S/N  $\sim 30$  y 65 en el continuo adyacente a  $H_{\beta}$ ) y entre 15 y 180s para V1054 Oph (S/N  $\sim 35$  y 110).

La Figura 1 muestra la evolución de la anchura equivalente de la línea  $H_{\beta}$  a lo largo de las noches de observación de AD Leo, mientras que la Figura 2 lo hace para V1054 Oph.

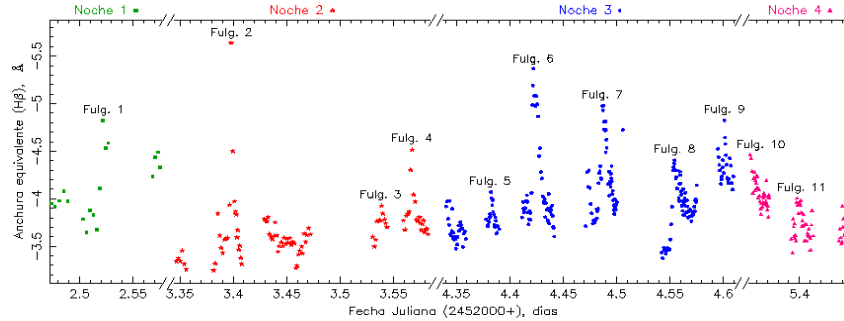


Figura 1. Anchura equivalente de la línea  $H_{\beta}$  en función de la fecha juliana durante las cuatro noches de observación de la estrella AD Leo.

Se distinguen diferentes fulguraciones (Fulg.), que han sido numeradas, en las que están presentes las cuatro fases típicas en el óptico de dicho fenómeno (fase previa, impulsiva, máximo y decaimiento gradual). La duración de las fulguraciones detectadas en AD Leo oscila entre 22 y 43 minutos, haciéndolo entre 25 y 95 minutos las de V1054 Oph.

Las líneas de la serie de Balmer del hidrógeno alcanzan la fase de máximo en el mismo instante de tiempo, mientras que las H y K del CaII lo hacen después. Así mismo, el crecimiento relativo respecto al estado quiescente es menor en las líneas H y K del CaII que en las de Balmer. Según los modelos, esto es debido a que las líneas de la serie de Balmer se forman prácticamente a la misma altura y, sin embargo, las de calcio lo hacen en una zona más baja, de forma que el haz de electrones acelerados en la zona de reconexión alcanza esta capa en un tiempo posterior y con un menor flujo, por haberse reducido éste en el trayecto.

Se ha comprobado que todas las líneas comienzan a ensancharse en la fase impulsiva, alcanzando la mayor amplitud en la fase de máximo y disminuyendo de nuevo en la de decaimiento gradual. El ensanchamiento es más acusado en la serie de Balmer que en las H y K del CaII. El perfil de las líneas es asimétrico en todo momento, aunque la asimetría en las alas varía durante las fulguraciones.

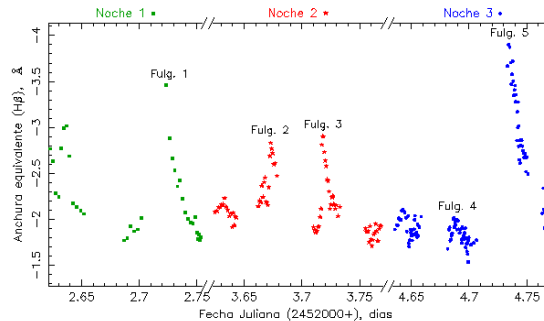


Figura 2. Anchura equivalente de la línea  $H_{\beta}$  en función de la fecha juliana durante las tres noches de observación de la estrella V1054 Oph.

*Agradecimientos:* Este trabajo ha sido realizado con la financiación de la UCM y el PNAyA del Ministerio de Ciencia y Tecnología (AYA 2001-1448). I. Crespo-Chacón agradece al Ministerio de Educación, Cultura y Deporte su beca FPU (AP2001-0475).

## Referencias

- <sup>1</sup> Pettersen, B.R., Coleman, L.A. & Evans, D.S., 1984, ApJS 54, 375.
- <sup>2</sup> Pettersen, B.R., Evans, D.S. & Coleman, L.A., 1984, ApJ 282, 214.