

# 5

## Fotometría de blazares (2001-2008)

**Joan A. Ros, Àlex Alegret, José L. Chica, Josep M. Coloma,  
Ramón Costa, Santiago Esteva, Enric Forné, Pablo Muñoz,  
Hilari Pallarés, Gemma Tello**  
(Agrupación Astronómica de Sabadell)

### Resumen / Abstract

**Objetivos:** Estudiar la variabilidad de distintos blazares y contribuir así en las campañas de seguimiento a nivel internacional.

**Método:** Fotometría CCD con diferentes filtros, pero sobretodo con el filtro R de Bessel y obtención de las correspondientes curvas de luz.

**Resultados:** Se presentan los resultados obtenidos para 6 de los blazares estudiados durante el año 2008, así como una comparación con el comportamiento histórico desde 2001.

***Aim:** To study the variability of several blazars in order to contribute to different international follow-up campaigns.*

***Method:** CCD photometry with different filters, mainly with the Bessel R filter, and the corresponding calculation of light curves.*

***Results:** In this work the results obtained for 6 blazars studied during 2008 are presented. A comparison with the historical behaviour since 2001 is shown as well.*

### Introducción

Desde el año 2001 hasta ahora, los miembros del equipo de fotometría del observatorio de la Agrupación Astronómica de Sabadell han venido realizando fotometría CCD de distintos blazares con diferentes filtros,

pero sobretodo con filtro R, con objeto de contribuir en las campañas de seguimiento a nivel internacional. Aquí se presentan parte de los resultados obtenidos en el año 2008.

Los blazares son un tipo especial de AGN (núcleos activos de galaxias) con unas características propias bien determinadas:

- Presentan una variabilidad muy rápida además de una amplitud de variación muy grande.

- La radiación procedente de los blazares tiene una alta polarización que, además, es variable.

- Muchos de los blazares presentan movimientos superlumínicos. Esto sólo es un efecto óptico producido por el ángulo de visión junto con la altísima energía de las partículas que producen la radiación.

- Los blazares tienen también luminosidades altísimas; son los AGN más energéticos y posiblemente los objetos que emiten más energía de todos cuantos conocemos. Para dar una idea de la energía involucrada, puede considerarse que mientras en una estrella es el 4 % aproximadamente la materia involucrada en su proceso, en un blazar es el 40 %.

- Los blazares contienen un enorme agujero negro central del cual salen dos chorros de materia (*jets*) a muy alta energía. Este hecho los convierte en objetos muy interesantes para el estudio por los astrónomos amateurs dada su alta luminosidad.

La red WEBT (Whole Earth Blazar Telescope) es la más activa y especializada en este tipo de objetos y la Agrupación Astronómica de Sabadell colabora con ella desde el año 2001. Fruto de esa colaboración son los quince artículos publicados en revistas especializadas como *Astrophysical Journal* o *Astronomy and Astrophysics* y en los cuales la Agrupación figura como coautor aportando datos fotométricos.

Desde 2001 hasta 2007 la red WEBT tenía un proyecto al que se denominó WYBT (Whole Year Blazar Telescope) y que consistía en hacer un seguimiento durante todo el año de 22 blazares. Pero durante 2007 el proyecto fue sustituido por otro llamado GASP (Glast-Agile Support Program) que también contempla hacer un seguimiento continuado de un total de 28 blazares de forma sincronizada con observaciones desde satélites en altas energías (rayos  $\gamma$  y X).

2007 fue el año de cambio, notificándose muchas alertas de actividad

**Tabla 1. Algunos de los blazares estudiados desde 2001 por el grupo de fotometría de la Agrupación**

Blazar	Asc. Recta (200,0)	Decl.	z
0716+714	7h 21m 53,5s	+71° 20' 36"	0,3
0851+202	8h 54m 48,9s	+20° 06' 31"	0,306
0954+658	6h 58m 47,2s	+65° 33' 55"	0,368
1101+384	11h 04m 27,2s	+38° 12' 32"	0,031
2200+420 (BL Lac)	22h 02m 43,3s	+42° 16' 40"	0,069
2251+158	22h 53m 57,7s	+16° 08' 54"	0,859

intensa de blazares con el objetivo de que se hicieran seguimientos intensivos (microvariabilidades), es decir, tomar imágenes continuadas durante el máximo tiempo posible y después realizar el tratamiento de todo el lote con los programas Astroart e Iris. Durante esta época todos los resultados también fueron remitidos a WEBT.

El grupo de fotometría de la Agrupación ha colaborado en ambos proyectos. Si bien los integrantes del equipo han ido cambiando, la actividad se ha mantenido con regularidad a lo largo de todos estos años.

## Observaciones

Desde el observatorio de la Agrupación en Sabadell se realiza fotometría de unos veinte blazares a lo largo de todo el año. En la tabla 1 se muestran los blazares de los cuales presentamos resultados en este trabajo. De cada uno se exponen fotometrías realizadas en 2008 así como el histórico desde 2001 hasta 2007.

Las observaciones han sido realizadas con el telescopio de 0,50 metros del observatorio de la Agrupación, en su configuración Newton, con una focal efectiva de 2,01 m. Las cámaras CCDs empleadas a lo largo de todos estos años han sido una SBIG ST6 de 375 x 241 píxeles de 23 x 27 micras, una FLI CM9 con un chip de 512 x 512 píxeles cuadrados de 20 micras de lado y por último una SBIG ST8 equipada con un chip de 1.530 x 1.020 píxeles cuadrados de 9 micras de lado. El filtro empleado para estos resultados es el R de Bessel.

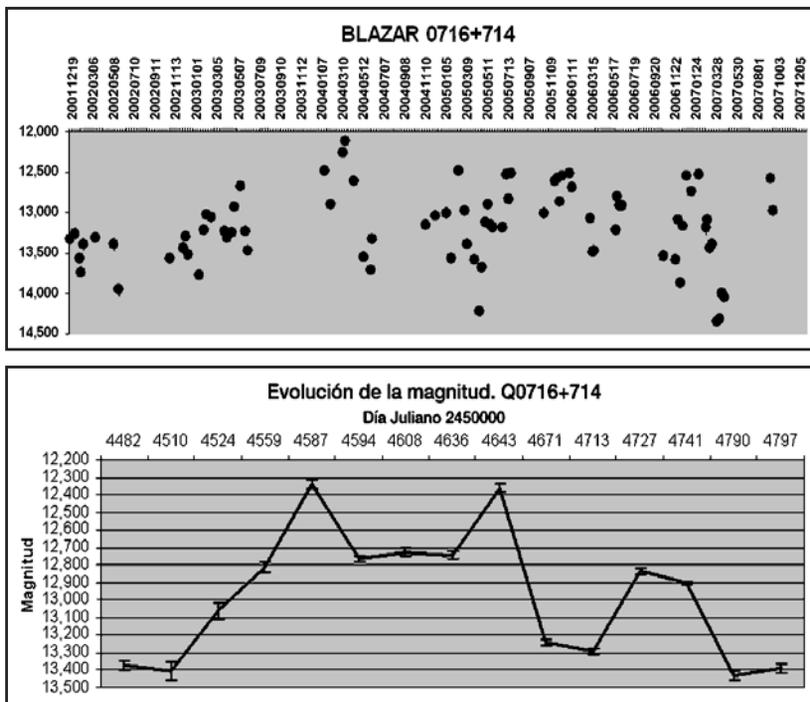


Figura 1. **Arriba:** Evolución de la magnitud durante el periodo 2001-2007. **Abajo:** Durante 2008.

## Análisis

Para cada fotometría se toman diez imágenes de un minuto de exposición cada una y, además, para cada sesión se obtienen diez tomas para corregir la respuesta del detector (*flats*), diez tomas para corregir la corriente de oscuridad (*darks*) con el tiempo de exposición de los *flats* y diez más con el tiempo de exposición utilizado para los blazares. El análisis de las imágenes, una vez corregidas de corriente de oscuridad y de respuesta del detector, se ha realizado mediante el programa Astroart y un conjunto de hojas de cálculo Excel preparadas específicamente para facilitar todos los cálculos fotométricos.

A continuación publicamos las distintas curvas de luz (tanto las acumuladas 2001-2007 como las de 2008) de los seis blazares seleccionados (los más importantes) y algunos comentarios respecto a su comportamiento. (Tabla 1).

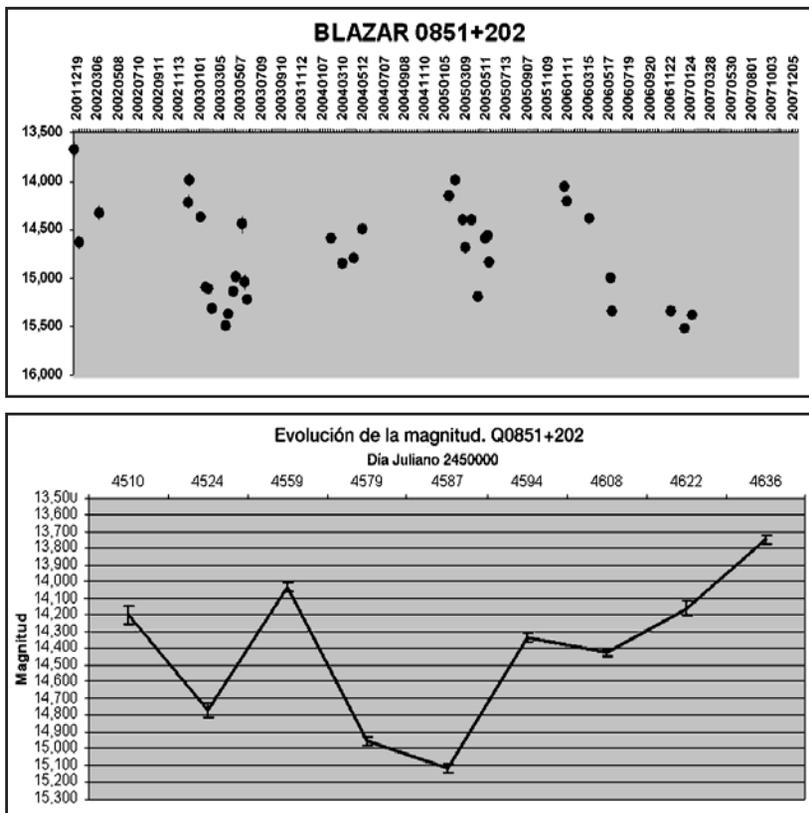


Figura 2. **Arriba:** Evolución de la magnitud durante el periodo 2001-2007. **Abajo:** Durante 2008.

### Blazar 0716+714

Este blazar tiene una declinación muy alta, por lo que es posible seguirlo durante casi todo el año. A lo largo de las temporadas 2001-2007 fue presentando oscilaciones de magnitud desde 14,3 (la más débil) hasta casi 12 (la más brillante) durante 2003. Presentó una variabilidad muy activa, oscilando entre periodos suaves y largos y, a veces, cortos y más intensos. En la figura 1 se muestra la evolución de su magnitud con el tiempo. Este blazar ha tenido bastantes campañas internacionales de seguimiento y se han publicado varios artículos sobre él.

Durante 2008 presentó un suave ascenso en su actividad con dos picos

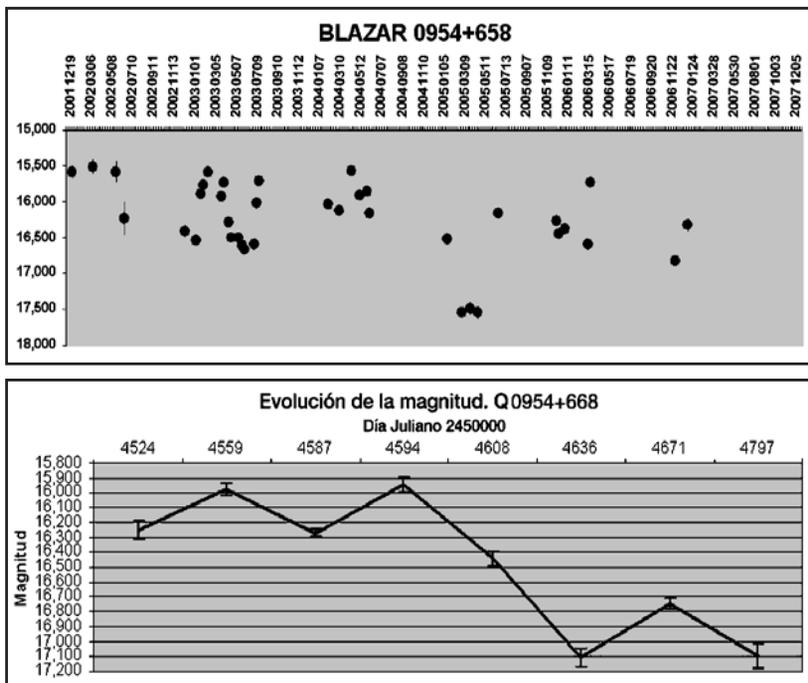


Figura 3. **Arriba:** Evolución de la magnitud durante el periodo 2001-2007. **Abajo:** Durante 2008.

apreciables que lo llevaron hasta una magnitud próxima a 12,3 y después tuvo un descenso, con oscilación incluida, que hizo disminuir su actividad hasta casi la magnitud 13,5. Cuando el blazar alcanzó los valores más brillantes se lanzaron alertas para que fuera seguido con atención.

### Blazar 0851+202

Entre 2001 y 2007 se ha caracterizado por tener subidas bruscas de actividad ganando una magnitud y media en periodos de pocas semanas y, a continuación, descensos que le han devuelto a sus valores más bajos. Su magnitud ha ido oscilando desde 15,5 (la más baja) hasta 13,7 (la más brillante) (figura 2).

Al inicio de 2008 presentó una suave caída de más de media magnitud, después aumentó hasta rozar la magnitud 14 para luego volver a caer por debajo de la 15, y en el período final ha ido subiendo progresivamente hasta 13,7, uno de sus valores más altos. Sin duda este blazar debe ser vigilado en el futuro.

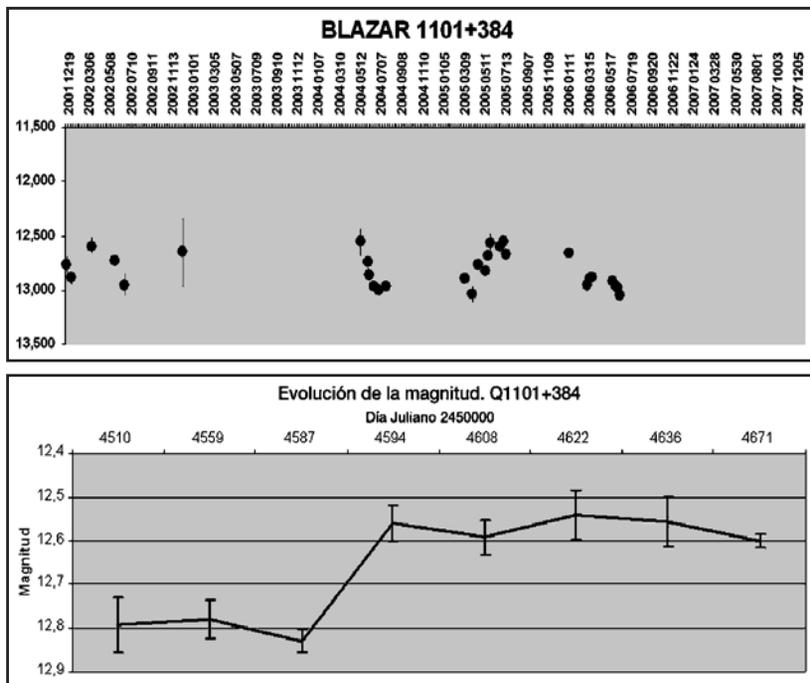


Figura 4. **Arriba:** Evolución de la magnitud durante el periodo 2001-2007. **Abajo:** Durante 2008.

### Blazar 0954+658

Este blazar se mantuvo en las temporadas anteriores entre las magnitudes 15,5 y 16,5, con algún periodo de caída en su actividad que le hizo llegar por debajo de la 17,5, superando el límite de nuestras posibilidades (por debajo de la magnitud 17 aumenta el error considerablemente). Ha presentado frecuentes oscilaciones de más de una magnitud (figura 3).

Inició 2008 con ligeras oscilaciones alrededor de la magnitud 16, para caer a mediados de año progresivamente hasta la magnitud 17. Parecía que iniciaba una recuperación (16,7) para, a continuación, volver a bajar. Y así se mantiene al finalizar 2008, próximo a la magnitud 17.

### Blazar 1101+384

Ha mantenido suaves oscilaciones entre la magnitud 12,5 y la 13,0 en periodos de medio año, aproximadamente.

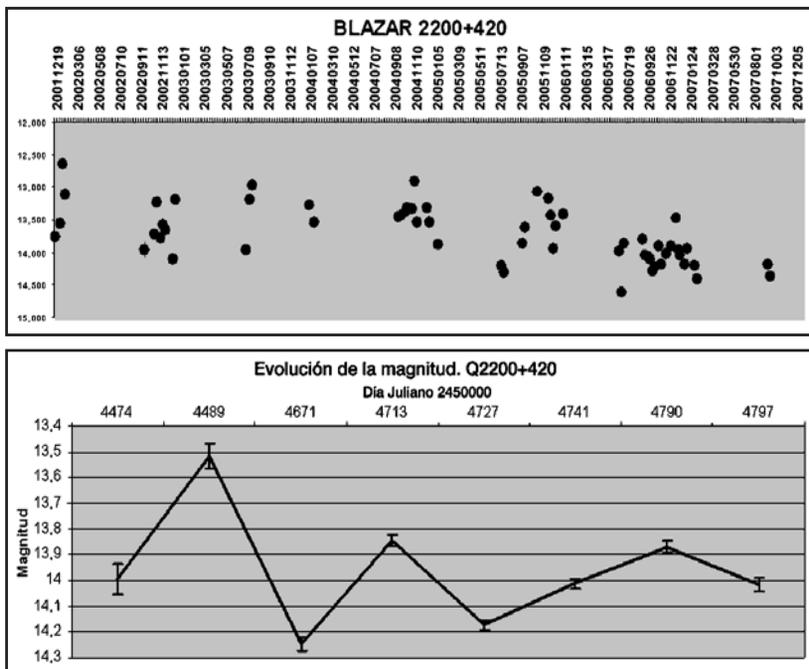


Figura 5. **Arriba:** Evolución de la magnitud durante el periodo 2001-2007. **Abajo:** Durante 2008.

Durante 2008 ha seguido fiel a su pauta, manteniéndose entre la magnitud 12,8 y la 12,5. En la curva de la figura 4 se pueden apreciar dos fases claras, una al inicio más débil, y después de la primavera una subida (moderada) para mantenerse seguidamente más brillante, entre 12,6 y 12,5.

### Blazar 2200+420 (BL Lac)

Se trata, sin duda, del más famoso de los blazares, el que dio nombre al término *blazar* (BL Lac Hazard). A lo largo de las temporadas pasadas ha ido manteniendo una variación importante de su actividad, oscilando desde la magnitud 12,5 hasta más allá de la 14,5 con subidas y bajadas largas y cortas. Sin duda, la suya es una de las curvas más interesantes. Por supuesto, este blazar es el que más artículos ha tenido publicados, y ha protagonizado numerosas campañas internacionales de seguimiento.

A lo largo de 2008 ha presentado tres subidas de magnitud, la más intensa de las cuales alcanzó casi 13,5. Estas subidas tienen intercalados

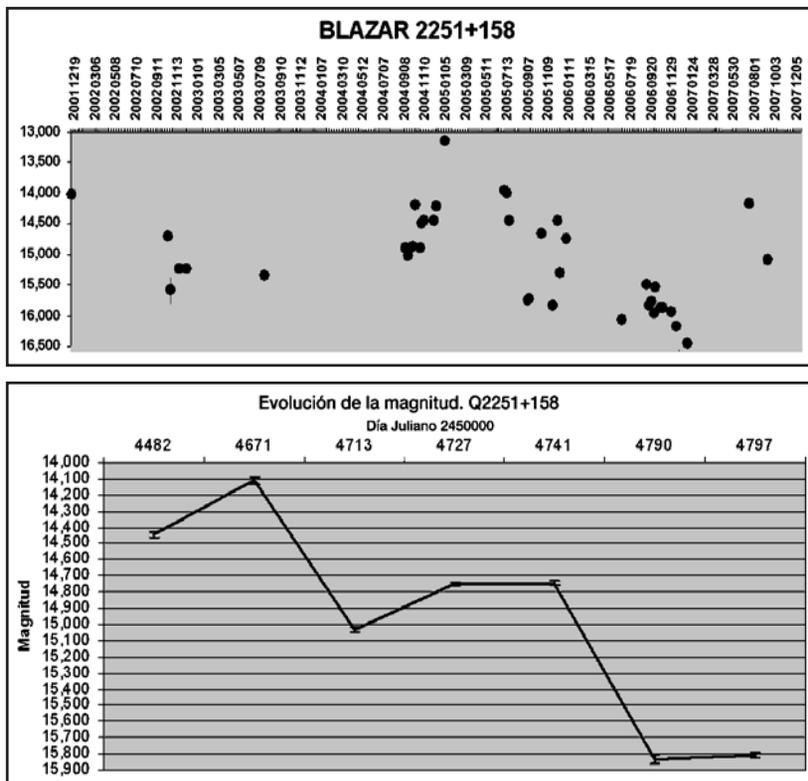


Figura 6. **Arriba:** Evolución de la magnitud durante el periodo 2001-2007. **Abajo:** Durante 2008.

períodos más tranquilos con un mínimo de 14,2, como se puede apreciar en la figura 5.

### Blazar 2251+158

Este blazar mostró gran actividad en el pasado (años 2001-2007), con una subida remarcable llegando casi a la magnitud 13, seguida de una bajada larga y continuada. En todo el período fue intercalando subidas y bajadas cortas (fulguraciones) muy interesantes. El mínimo de actividad estuvo por debajo de la magnitud 16,4. El blazar también ha sido objeto de frecuentes campañas internacionales y sobre él se han publicado varios artículos.

En 2008 inició la temporada con un brillo bastante alto (casi magnitud

14) para ir disminuyendo paulatinamente a lo largo del período hasta situarse cerca de la magnitud 16. (Figura 6).

## **Conclusiones**

En los ocho años que han transcurrido desde 2001, cuando se formó el equipo de fotometría de la Agrupación Astronómica de Sabadell, se ha realizado el seguimiento de la actividad fotométrica de 24 blazares, obteniéndose más de mil mediciones fotométricas, contribuyendo con este trabajo a un mejor conocimiento de estos objetos. Como resultado de todo ello, el equipo de fotometría tiene resultados propios que permiten la elaboración de curvas de variabilidad de muchos de esos 24 blazares.

## **Agradecimientos**

A Massimo Villata, del Observatorio de Torino (Italia), por sus comentarios, sus aportaciones y su paciencia en el desarrollo de todo este trabajo.