

Critical analysis of solar hard X-ray observations

Análisis crítico de observaciones de rayos X duros solares

H. Ghielmetti y M. Rovira

Instituto de Astronomía y Física del Espacio, IAFE-CONICET
CC.67, Suc.28, 1428 Buenos Aires, Argentina.

Abstract

The impulsive phase of a solar flare hard X-rays emission is a rich source of information to understand the physics processes acting during the flare phenomenon. Particularly, in some cases, it shows the superposition of many intensity variations with time scales of tens to tenths of seconds. Looking for an objective method to separate and characterize these possible time scale fluctuations we tried the novel method of the Discrete Wavelet Transform (DWT), applying it to some hard X-rays flares observed with good time resolution (64 ms) by the Large Area Detector (LAD) of BATSE, an instrument on board the CGRO satellite.

Resumen

La fase impulsiva de la emisión de rayos X duros en una fulguración solar muestra la superposición de fluctuaciones en la intensidad con escalas de tiempo de hasta decenas de segundos y otras muy rápidas, en el rango de las décimas de segundo. En la búsqueda de un método objetivo para separar esas variaciones de distinta escala se ensaya el método de la Transformada Discreta en Onditas, aplicándola a algunas fulguraciones observadas con buena resolución temporal (64 mseg) con el detector de gran área (LAD) del instrumento BATSE en el satélite CGRO.

Es objetivo central en la investigación de las fulguraciones solares la identificación del proceso responsable de la impredecible, rápida, enorme liberación de energía que las caracteriza, y la identificación y localización (en el espacio y en el tiempo) de los procesos físicos que rigen las distintas etapas de su desarrollo. Esto requiere, por una parte, la observación simultánea en distintos rangos del espectro electromagnético (radio, visible, UV, X, gamma) y, además, que en cada rango se disponga de la resolución espacial, temporal y espectral compatible con las respectivas escalas de variación de los fenómenos involucrados.

La evidencia observacional más clara de que algunos de esos procesos son abruptos, repetitivos, y de corta duración, está dada por la detección de la emisión impulsiva de rayos X duros (de 10's a 100's de keV) y microondas. En particular los rayos X duros son un elemento de diagnóstico utilizado para comprender los mecanismos de aceleración y transporte de los electrones que en su interacción con la atmósfera solar generan los rayos X. Por ello son muy útiles las observaciones de rayos X duros con buena resolución temporal (64 msec) obtenidas por el detector de gran área (LAD) del instrumento BATSE instalado a bordo del satélite CGRO.

El propósito de este trabajo es encontrar un método de análisis de la serie temporal de contajes provista por el LAD durante una fulguración solar que permita la estimación en forma objetiva de las distintas escalas de tiempo presentes, separando las variaciones comparativamente lentas de las rápidas o muy rápidas, con fluctuaciones de tiempos característicos en el rango de la fracción de segundo. La transformada rápida de Fourier, aunque apta para la búsqueda de componentes de distinta frecuencia en fluctuaciones cuasi-periódicas no proporciona su ubicación temporal en el fenómeno. Además, el filtrado necesario para borrar el ruido de origen estadístico produce indeterminaciones que afectan las componentes rápidas. Por ello ensayamos por primera vez la técnica de la Transformada Discreta en Onditas (wavelets u ondelettes) a los 15 casos de que disponemos. Este análisis, de uso creciente en astronomía, es particularmente apto para aplicar a fenómenos en los que se superponen cambios abruptos de alguna magnitud física, siendo una de sus virtudes la localización en el tiempo de cada componente.

Como ejemplo de los resultados obtenidos presentamos en la Figura 1a el registro de la banda 25-50 keV del LAD en una fulguración solar importante cuya duración total fue de unos 120 segundos. Esta muestra un segmento inicial (≈ 50 seg) dominado por variaciones lentas en las que se superponen fluctuaciones de pequeña amplitud, seguido por un intervalo que incluye fluctuaciones más rápidas, con excursiones en la intensidad mucho más profundas. La descomposición en onditas es ejemplificada, en este caso, mostrando sólo dos componentes, correspondientes a tiempos característicos de 1-2 seg (Fig.1b) y unos 20 seg (Fig.1c). La figura muestra también la diferente localización en el tiempo de las dos escalas temporales. Finalmente, es también un resultado interesante de esta aplicación preliminar de la DWT que ninguno de los 15 casos analizados muestra componentes dominantes en escalas de tiempo de décimas de seg.

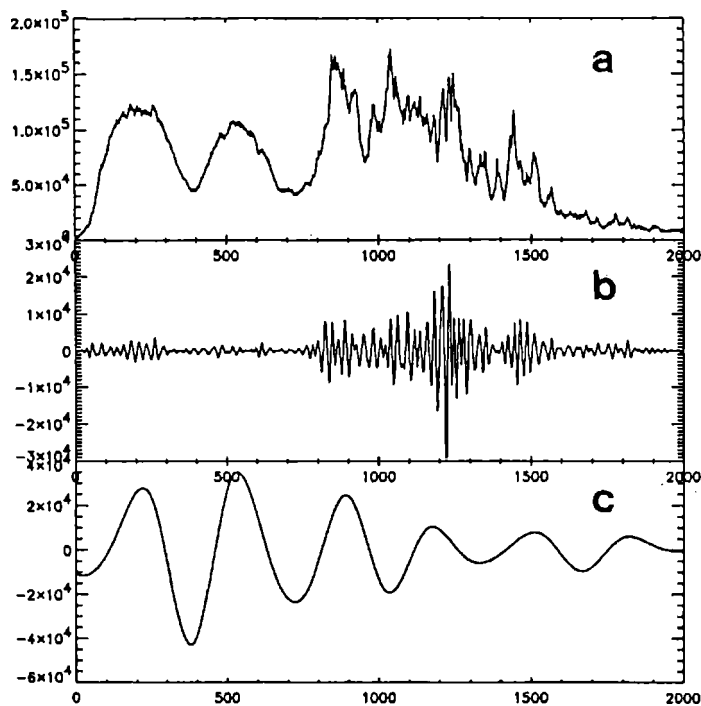


Figura 1. Emisión de rayos X duros de la fulguración solar del 10/6/91. Ctas/seg vs número de intervalos de 64 mseg.