

# DetECCIÓN AMATEUR DE CONTRAPARTIDAS ÓPTICAS DE EXPLOSIONES DE RAYOS GAMMA

**Xavier Bros**



## Resumen

*La detección de estos objetos es difícil porque suelen ser muy débiles y la ventana de observación es de breve duración. Sin embargo, es un reto al alcance del instrumental de un aficionado de nivel medio. En esta comunicación se presenta la metodología a utilizar que hizo posible el pasado mes de abril la primera detección de una contrapartida óptica de GRB desde un observatorio amateur en España.*

---

¿Puede un aficionado con un equipamiento de nivel medio (telescopio de 20 cm o más y una cámara CCD) detectar remanentes de explosiones de rayos gamma? La respuesta es sí, y lo puedo asegurar después de la detección que realicé el 2 de abril de 2011.

Las explosiones de rayos gamma se encuentran entre los fenómenos astronómicos más espectaculares y de explicación aún hoy poco clara. En estos momentos centran gran parte de la investigación por parte de los astrofísicos y un presupuesto considerable en observatorios terrestres y espaciales.

El espectro electromagnético es un continuo mucho más amplio que la radiación visible. Disminuyendo la longitud de onda, más allá de la luz visible violeta aparece la radiación ultravioleta, a continuación los rayos

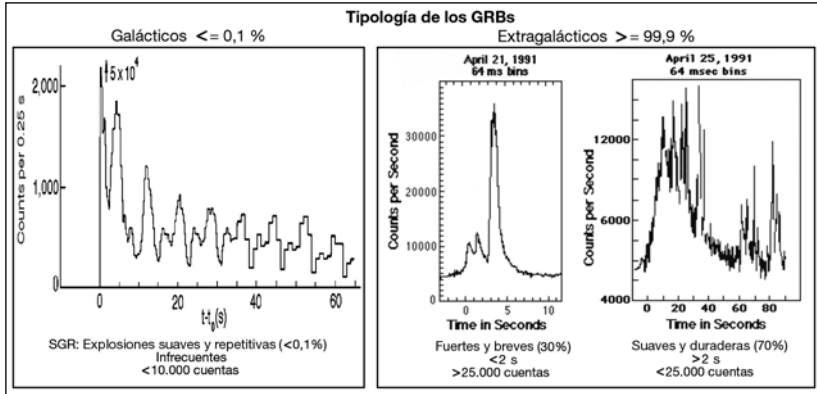


Fig. 1. Tipos de explosiones de rayos gamma (GRB).

X y en el último lugar, los rayos gamma. A menor longitud de onda los fotones son más energéticos y por ello las explosiones de rayos gamma son las más energéticas conocidas del Universo. Afortunadamente para la vida en la Tierra, los cinturones de Van Allen del campo magnético nos protegen de los rayos gamma, de los rayos X y de la capa de ozono de los rayos ultravioleta. Por este motivo no ha sido posible detectar las explosiones de rayos gamma hasta que se han situado detectores en satélites más allá de la atmósfera.

Las explosiones de rayos gamma son muy breves (duran entre 0,1 y 100 segundos), extremadamente intensas y muy heterogéneas en sus características. Aparecen con gran frecuencia (más de una a la semana) y su naturaleza ha sido objeto de gran polémica. A la potente explosión de rayos gamma le puede seguir una emisión de ondas de radio y, frecuentemente, una explosión más duradera y menos intensa de rayos X y, en ocasiones, un remanente en luz visual que suele ser muy débil y de escasa duración en el tiempo. Primero se consideró que no era posible que un fenómeno tan energético tuviera un origen extragaláctico (a mayor distancia, mayores dificultades para explicar la enorme energía invertida). Por ello se consideró que eran galácticos. Sin embargo su distribución homogénea en el cielo lo descartó ya que si fueran galácticos deberían situarse sobre la Vía Láctea. Por otra parte, el desplazamiento al rojo de los remanentes visuales determinó su distancia extragaláctica sin ningún género de dudas en más del 99 % de los estallidos.

## Tipos de explosiones de rayos gamma

Hemos dicho que estas explosiones son muy heterogéneas. Sin embargo existen ciertos patrones que permiten distinguir tres grupos principales que parecen corresponder a tres tipos de explosiones bastante distintos entre sí. Si bien la tipología parece clara, el origen diferencial de cada una de ellas no es seguro. (Figura 1).

a) El primer grupo es anecdótico y de hecho se trata de fenómenos que no son explosiones de rayos gamma propiamente dichos. Son explosiones muy raras (menos del 1% de los casos), repetitivas, claramente menos intensas y de origen galáctico. Se denominan *explosiones suaves y repetitivas o magnestars*. Se considera que son debidas a la fuerte contracción de estrellas de neutrones hasta un nivel en que su rápida rotación y mínimo tamaño genera un enorme campo magnético. La potencia de este campo magnético podría llegar a romper la corteza, hecho que ocasionaría la emisión de rayos gamma en una especie de violento movimiento sísmico que presentaría, posteriormente, réplicas más suaves.

b) Las del segundo grupo se denominan *fuertes y breves*: se trata de explosiones muy breves, cuya duración es inferior o igual a 2 segundos. Su intensidad es extremadamente violenta (superior a 25.000 unidades de medida). Se considera que el origen, extragaláctico, es la colisión o «fusión» de dos estrellas de neutrones. El modelo que explicaría estos estallidos es el de la *coalescencia* y el origen sería un sistema binario compuesto por dos estrellas de neutrones (o quizás dos agujeros negros). La evolución de este sistema pasaría por una pérdida de momento angular y, consecuentemente, por un acercamiento progresivo de ambos componentes. La explosión de rayos gamma acontecería en el momento de la colisión y fusión de los componentes del sistema binario. El resultado final podría ser un agujero negro. La explosión de rayos gamma sería en dos estrechos haces y solo en la línea de estos haces sería posible detectar la explosión. El 30% de las explosiones de rayos gamma serían de este tipo.

c) Las explosiones del tercer grupo se denominan *suaves y duraderas*. Su duración es de más de 2 segundos, pero por lo general, nunca persisten más de unos 100 segundos. Su intensidad es enorme, pero no supera las 25.000 unidades de medida. Su origen también es extragaláctico y el modelo que explicaría estas explosiones es el de las *hipernovas*, un supuesto tipo de supernovas especialmente virulentas. Se trataría de un fenómeno similar al de

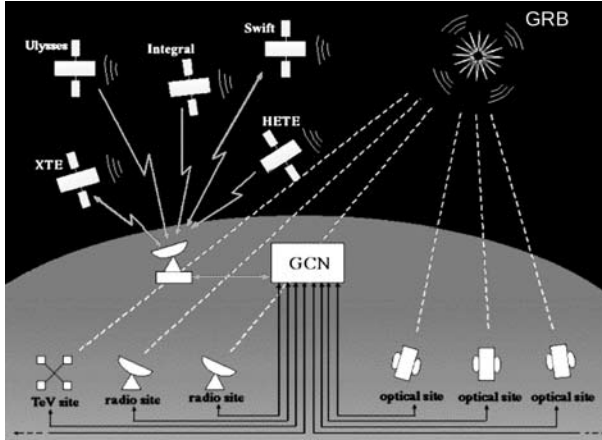


Fig. 2. Esquema del funcionamiento de la red de detección de remanentes de explosiones de rayos gamma Gamma-ray Coordinates Network (GCN).

las supernovas tipo II, pero experimentado por estrellas más masivas. Se estima que serían originadas por estrellas que en la secuencia principal tienen una masa superior a 20 o a 50 soles, aunque no se conocen con precisión las características de este fenómeno. Tras una explosión de hipernova quizás se formaría un agujero negro. Simultánea con la explosión y la formación de este agujero negro se originaría una intensa emisión de rayos gamma *suaves y duraderos* en dos haces estrechos y, simultáneamente, emisiones en otras longitudes de onda. La mayoría de las explosiones de rayos gamma (un 70%) serían de este tipo.

### Red de detección óptica de remanentes de rayos gamma

Detectar el remanente visual de una explosión de rayos gamma es importante porque permite determinar con exactitud su posición, estudiar su evolución en luz visible y calcular su desplazamiento al rojo, y a partir de este dato, conocer su distancia. Este dato permite estimar la intensidad de la explosión al conocer no solo la *intensidad aparente* de la explosión sino también la *absoluta* aislando el factor distancia.

Por el hecho de que las explosiones de rayos gamma son de una duración extraordinariamente breve ha sido necesario establecer un sistema automático de alerta instantánea que funciona del siguiente modo:

Los satélites disponibles con detectores de rayos gamma están en si-

tuación de alerta, pendientes de captar una explosión. En el momento que alguno de ellos advierte una, emite un aviso al centro de control Gamma-ray Coordinates Network (GCN), administrado por la NASA, que alerta a los observatorios incluidos en la red. (Figura 2). Este aviso incluye unas coordenadas aproximadas (hace años eran muy imprecisas, en la actualidad han mejorado mucho) en las que se trata de descubrir un objeto anteriormente no visible. El aviso se remite a numerosos observatorios con telescopios en luz visual (varios de ellos robóticos), radiotelescopios y a la red amateur de la AAVSO. Se trata de uno de los esfuerzos más costosos en recursos materiales y humanos de la astronomía actual. El objetivo es determinar la posición y magnitud del remanente de la explosión de rayos gamma, seguir su curva de luz y establecer el desplazamiento al rojo del objeto y su distancia.

### **La explosión del 2 de abril de 2011**

El pasado 2 de abril a las 0h 12m 57s el satélite de la NASA Swift detectó una explosión de rayos gamma y, de forma automática, envió las coordenadas al GCN que lo transmitió vía email, mediante la circular GCN 11857, a los observatorios de la red. Esta explosión fue detectada también, simultáneamente, por los satélites FERMI y KONUS-WIND y fue denominada GRB 110402A. Al estallido le siguió una fuerte emisión de rayos X detectada también por Swift.

En aquel momento me encontraba en mi observatorio «Anysllum», en los Observatorios de la Agrupación en el Montsec (Àger, Lleida), tomando imágenes de supernovas, cuando Emili Capella, desde su observatorio «Estels», vecino del mío, me advirtió que acababa de recibir un email de la red de AAVSO notificando la posición aproximada de una explosión muy reciente de rayos gamma. Al finalizar la imagen que estaba tomando dirigí mi telescopio Newton de 350 mm,  $f/4,6$ , a las coordenadas, y tomé consecutivamente tres imágenes de 180, 300 y 300 segundos, sin filtro, con mi cámara CCD ST8XME de doble chip. Sin procesarlas intentamos detectar en ellas el remanente visual sin éxito, por lo que reanudé el programa de observación previsto.

A la mañana siguiente, tras el procesado de las imágenes hice un análisis concienzudo y pude ver que el objeto, extremadamente débil, estaba presente en las tres imágenes, aunque ligeramente desplazado de la posición indicada por Swift. (Figura 3). Comprobé con gran alegría que en la circular GCN 11858 se indicaba que el observatorio Robótico de Liverpool (sito

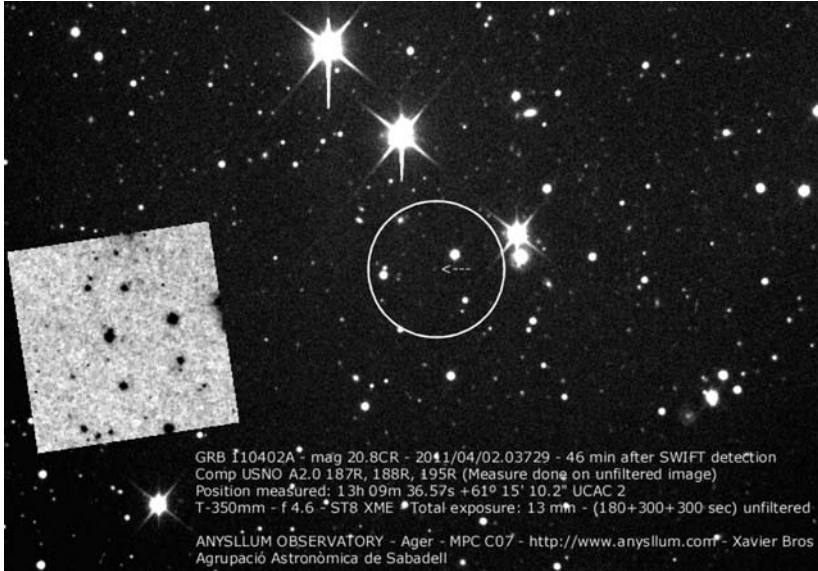


Fig. 3. Imagen del remanente de rayos gamma obtenida por Xavier Bros. A la izquierda, un detalle del mismo campo procedente del Real Sky Survey.

en el la isla de La Palma) había detectado el débil remanente en la misma posición en que aparecía en mis imágenes. Tras recomprobar varias veces los datos, las remití a GCN con un link a la imagen y fue publicada en la circular GCN 11875. A las pocas horas recibí la felicitación de varios observadores, destacando las de de Scott Barthelmy, Administrador del Gamma-ray Coordinates Network, Matheu Templeton, Director Científico de la AAVSO y Alberto Castro-Tirado, investigador del CSIC especializado en esta materia. Se trataba de una de las detecciones de remanente de rayos gamma más débil realizada por un amateur y la primera obtenida por un aficionado desde España. Por otra parte fue la segunda más rápida y la única obtenida por un aficionado y con un telescopio de menor abertura en el caso de este objeto.

Esta observación ha sido publicada, adicionalmente a la GCN 11875, en la International High Energy Circular de la AAVSO, en la web AAVSO: our successes, en la Circular VSNET-GRB, en la web del satélite Swift de la NASA, en el Blog for Gamma Ray Burst, y está registrada en la base de datos de ADS/Simbad de Smithsonian/NASA.

**Tabla 1.** Observatorios que detectaron el GRB 110402A

Observatorio	Ubicación	Abertura	Día (abril 2011)
Ob. Robótico de Liverpool	La Palma	2,00 metros	2,0285
Ob. Anysllum (A.A.Sabadell)	Àger (Lleida)	0,35 metros	2,0361
Nordic Optical Telescope	La Palma	2,56 metros	2,0577
Ob. Konkoly	Hungría	0,90 metros	2,1102
Ob. Monte Lemmon	Arizona (USA)	1,00 metros	2,1792
Ob. Sayan	Rusia	1,50 metros	2,5444
Ob. de Crimea	Ucrania	2,60 metros	3,7785

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

**a)** Primera imagen (180 segundos) a las 0 h 52 m 12 s TU (sólo 39 minutos 15 segundos después de la detección por el satélite SWIFT).

**b)** Segunda imagen (300 segundos) a las 0 h 57 m 26 s TU (44 m 29 s después de SWIFT).

**c)** Tercera imagen (300 segundos) a la 1 h 07 m 48 s TU (54 m 51 s después de SWIFT).

El remanente es visible en las tres imágenes. Sumándolas, pude determinar su magnitud, que resultó ser de 20,8 CR, utilizando como referencia las magnitudes R de tres estrellas de USNO A2.0 (18,7R, 18,8R, 19,5R).

La posición del objeto, utilizando estrellas de referencia del catálogo UCAC2 mediante el programa CCDSoft, resultó ser: AR 13 h 09 m 36,57 s, D +61° 15' 10,2".

Los observatorios que lograron detectar el remanente visual fueron los indicados en la tabla 1, por orden de detección.

Dos observatorios más no detectaron el objeto aunque pudieron reportar la magnitud límite que alcanzaron en las imágenes que tomaron: Observatorio Pairitiel, en Mt Hopkins, Arizona (USA), de 1,3 metros, y Observatorio Ishigakigima, Japón, de 1,0 metros.

Estos observatorios efectuaron mediciones de magnitud con las que se ha podido realizar la curva de luz de la figura 4. En ella se observa una línea de tendencia en la disminución de brillo, habitual en los remanentes que en este caso ha sido de pendiente algo menor a la habitual.

Del análisis de todos los datos recogidos por GCN, Scott Barthelmy

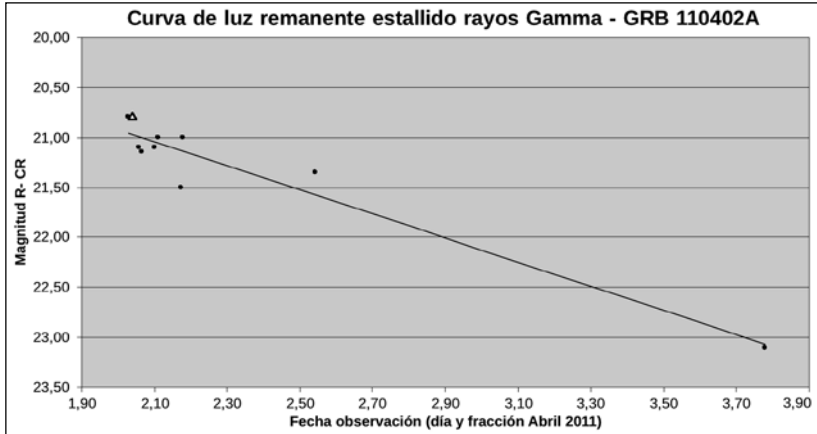


Fig. 4. Curva de luz del objeto GRB 110402A realizada según las mediciones efectuadas por los observatorios indicados en la tabla 1. El triángulo corresponde a la medición efectuada por el autor.

concluye que se trata de una explosión del tipo *fuerte y breve* originada posiblemente por la fusión de dos estrellas de neutrones. Indicar, finalmente, que según el análisis efectuado por Remo Rufinni, el desplazamiento al rojo está entre 0,7 y 1,0, por lo que se puede estimar una distancia orientativa de unos 6.000 millones de años luz.

### **Detección amateur de remanentes de explosiones de rayos gamma**

A pesar de que la mayor parte de remanentes visuales detectados hasta ahora lo han sido utilizando medios profesionales, un promedio de algo más de 2 al año han sido observados por astrónomos aficionados. Desde el año 2006 inclusive, 14 remanentes visuales distintos (17 en total, con tres vistos por más de un observador) han sido detectados por un total de 11 amateurs o grupos de aficionados de siete países. Destacan los finlandeses Oksanen y Nissinen que han observado entre los dos un total de 6 remanentes distintos.

El más débil ha sido de magnitud 21,0 y el más brillante de 16,5. El telescopio de menor abertura utilizado ha sido de 20 cm y el de mayor, de 50 cm. La magnitud media de los objetos detectados desde 2006 por aficionados ha sido de 18,5, sensiblemente más brillantes que los detectados mediante observatorios profesionales.



Para realizar este tipo de observaciones hay que tener en cuenta estas ocho recomendaciones:

1) Inmediatez de la observación. Al tratarse de objetos débiles que disminuyen rápidamente de luminosidad es importante observarlos lo antes posible tras la detección de la explosión por un satélite. Por ello es importante estar suscrito al GCN y estar atento a sus circulares cuando se está observando.

2) Por este motivo, aunque no sea imprescindible, los observatorios remotos o robóticos tienen ventaja ya que se puede organizar la observación del campo estelar de forma inmediata tras la alarma.

3) Una mayor abertura del telescopio, la sensibilidad de la CCD, la oscuridad del cielo, la transparencia y la altura sobre el horizonte son factores que favorecerán las detecciones. Una abertura de 20 cm sería la mínima recomendable para afrontar este reto. No se ha producido hasta hoy ninguna observación visual (sin CCD) de estos objetos.

4) Deben tomarse varias imágenes para evitar que un defecto pueda ser confundido con un falso positivo y se debe usar una exposición que permita detectar estrellas más débiles de la magnitud 18 (de la 20, si es posible).

5) Debe efectuarse una medición astrométrica lo más precisa posible.

6) Las imágenes sin filtro permiten detectar objetos más débiles. Es recomendable tomar varias imágenes para que la suma de ellas permita detectar el objeto con mayor facilidad. Cuantas más mediciones de magnitud se puedan efectuar, a intervalos, por ejemplo, de 15 minutos, más información relevante se podrá obtener para completar entre todos los observatorios una buena curva de luz.

7) La obtención de imágenes con filtros fotométricos (especialmente el R) será muy apreciada.

8) Reportar las observaciones a la Agrupación Astronómica de Sabadell y a la red GCN o a la AAVSO.

Sería muy interesante que en la próxima Convención de Observadores se pudiera relatar la detección de otros remanentes de explosión de rayos gamma. No es un reto fácil, pero está al alcance de todo observador aficionado dotado de un equipo de nivel medio (como mínimo una abertura de 20 cm y con cámara CCD).