



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ

ÓRGANO INFORMATIVO Y DE DIVULGACIÓN

Universitarios potosinos

NUEVA ÉPOCA. AÑO 2. NÚMERO UNO. MAYO DE 2006



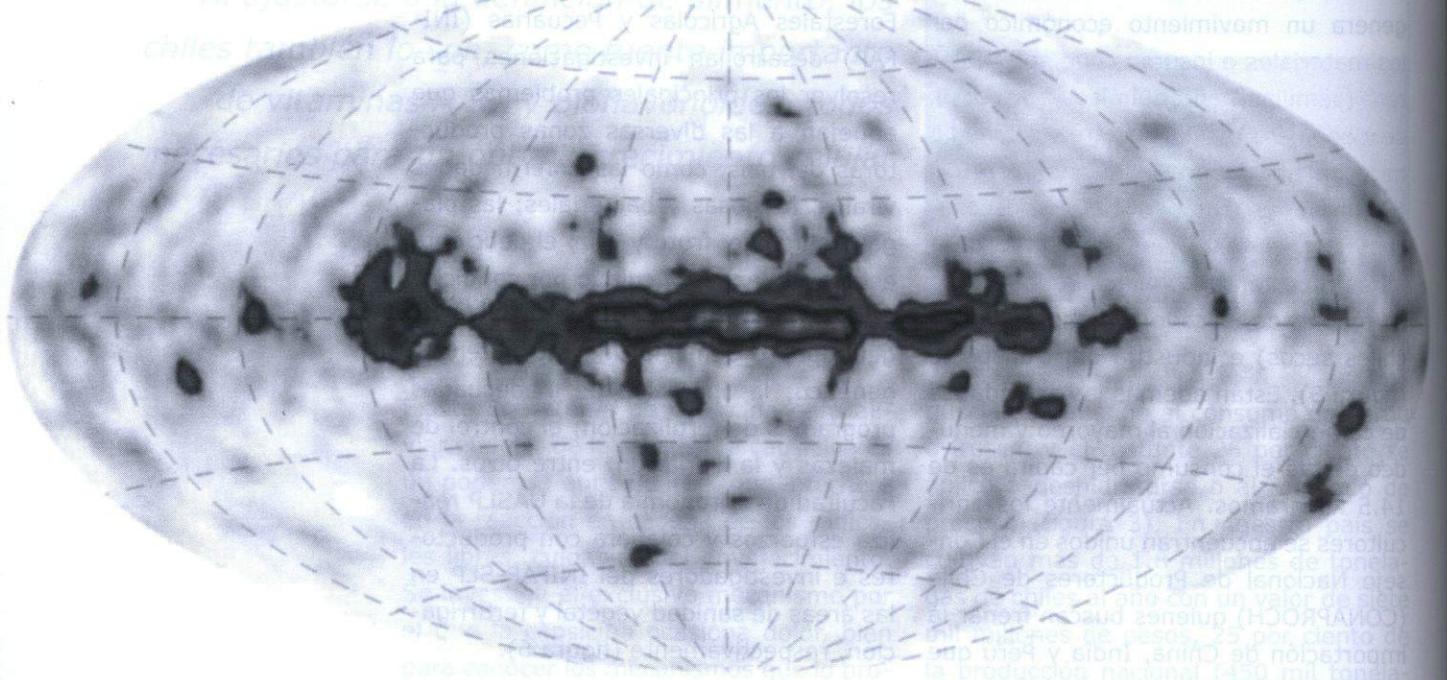
El chile,

producto que nos
identifica como mexicanos

➤ Los rayos gama
y sus misterios

➤ Informe del Rector 2005-2006

ISSN-1870-1698



Los rayos gama y sus misterios

LUIS FELIPE RODRÍGUEZ JORGE*

CENTRO DE RADIOASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA,
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

El enigma de los destellos de rayos gama se conocía desde 1969, cuando accidentalmente se detectó el primero. Por razones militares, como veremos más adelante, el descubrimiento se mantuvo secreto hasta 1976. De cualquier manera, hasta hace poco la mayoría de los astrónomos habíamos prestado poca o nula atención a este fenómeno.

Provenientes de distintos puntos en el cielo, aparentemente sin ton ni son, llegan a la Tierra breves chubascos de ra-

ayos gama; son la forma de radiación más energética que se conoce, más aún que los rayos X. La duración de estos destellos es corta, generalmente entre una décima de segundo y cien segundos.

El descubrimiento de los destellos de rayos gama (en inglés, *gamma ray bursts*) ni siquiera tuvo que ver propiamente con la astronomía, sino con las armas nucleares. En 1963, varios países que poseían estas armas firmaron un tratado que prohibía explosiones nucleares en la atmósfera o en el es-

pacio exterior (las explosiones subterráneas se consideraron aceptables). Para vigilar que este tratado se cumpliera, Estados Unidos puso en órbita la familia de satélites *Vela* (nombre tomado de nuestro idioma castellano, ya que estar en vela significa vigilar), que podía detectar los energéticos rayos gama que se producen durante las explosiones atómicas.

¿Qué son los rayos gama?

El espectro electromagnético se divide en seis "bandas" que en orden de menor a mayor energía son: las ondas de radio, la radiación infrarroja, la luz visible, la radiación ultravioleta, los rayos X y los rayos gama. Uno de los descubrimientos fundamentales de la física del siglo XIX es que estas distintas radiaciones son en realidad el mismo fenómeno: fotones que viajan todos a la velocidad de la luz. El ojo humano sólo puede captar la luz visible, pero las otras radiaciones son ya bien conocidas hasta para la gente común y corriente. Las ondas de radio se usan para transmitir señales de radio y televisión y para calentar comida en los hornos de microondas, la radiación ultravioleta es la que broncea nuestra piel al asolearnos y los rayos X se usan para sacar radiografías y tomografías.

Los rayos gama no se usan aún en aplicaciones cotidianas (aunque sí en ciertos usos médicos) porque son muy difíciles de producir y por ser aún más peligrosos (por su gran energía) que los ya muy peligrosos rayos X. En términos comparativos, un fotón gama contiene millones de veces la energía de un fotón de luz. Afortunadamente, la atmósfera terrestre nos protege de los rayos gama que existen en el espacio, porque los absorbe. Por otra parte, la gran opacidad de la atmósfera a los rayos gama obliga a los astrónomos a colocar sus "telesco-

pios" de rayos gama en órbita, por encima del manto protector y opaco de la atmósfera.

El 2 de julio de 1967 los satélites *Vela* 4a y 4b (funcionaban en parejas, cada uno cubriendo un hemisferio de la Tierra) captaron lo que se considera el primer destello de rayos gama detectado por los humanos. Fue hasta 1969 cuando dos investigadores, analizando los datos, se dieron cuenta de esto. Con el tiempo, comenzaron a encontrarse más y pronto se dedujo que no provenían de la atmósfera terrestre o del espacio inmediatamente exterior a la Tierra, sino de distintos puntos del cielo. Por razones de seguridad militar, el descubrimiento se mantuvo secreto hasta 1976, cuando finalmente los científicos involucrados publicaron un artículo describiendo un nuevo fenómeno astronómico: los destellos de rayos gama.

Los detectores de rayos gama colocados en los satélites *Vela*, y otros, eran entonces bastante limitados para determinar de qué punto exacto del cielo provenía el estallido. O sea, aquellos instrumentos no eran propiamente telescopios en el sentido de poder ser apuntados hacia una dirección, sino

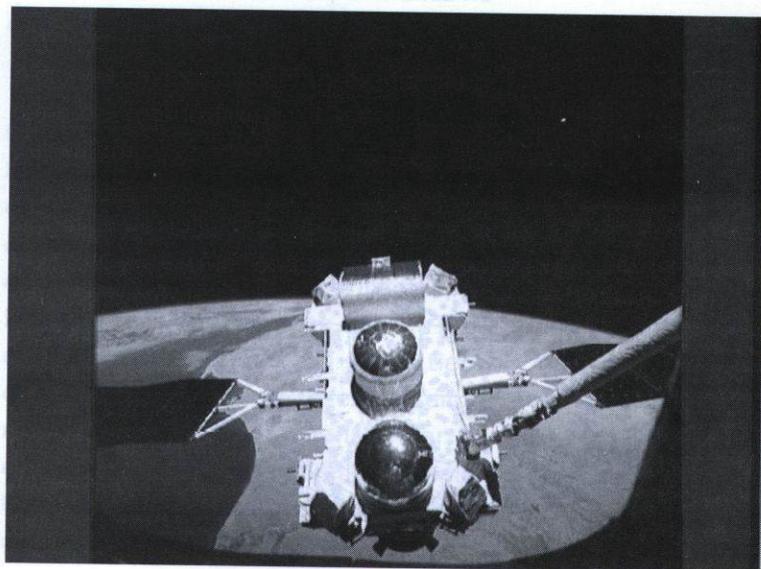


Fig. 1. El observatorio de rayos gama Compton en el momento de ser colocado en su órbita por el transbordador espacial (Imagen cortesía de la NASA).

que detectaban la radiación que les llegaba de cualquier ángulo. La manera de determinar de dónde viene esa radiación requiere de al menos dos y preferentemente de varios satélites. Así, si el satélite "a" comenzaba a detectar el destello una fracción de segundo antes que el satélite "b", se podía concluir que la radiación venía del lado del cielo donde estaba el satélite "a". Combinando los tiempos de llegada de los destellos a varios satélites, se hacía una especie de triangulación para posicionar aproximadamente el origen de la radiación. Sin embargo, estas referencias eran extremadamente inciertas, a veces sólo se podía afirmar que la fuente que producía el destello en cuestión se encontraba dentro de regiones de 45 grados o más de tamaño (algo así como la extensión angular que presenta a nuestros ojos un libro que sostenemos en las manos).

Ofrecemos una comparación: la Luna tiene un diámetro de 0.5 grados (más o menos el diámetro angular del dedo pulgar visto con el brazo extendido). Dentro de las regiones tan grandes donde se proponía que estaba la fuente del destello de rayos gama hay siempre un

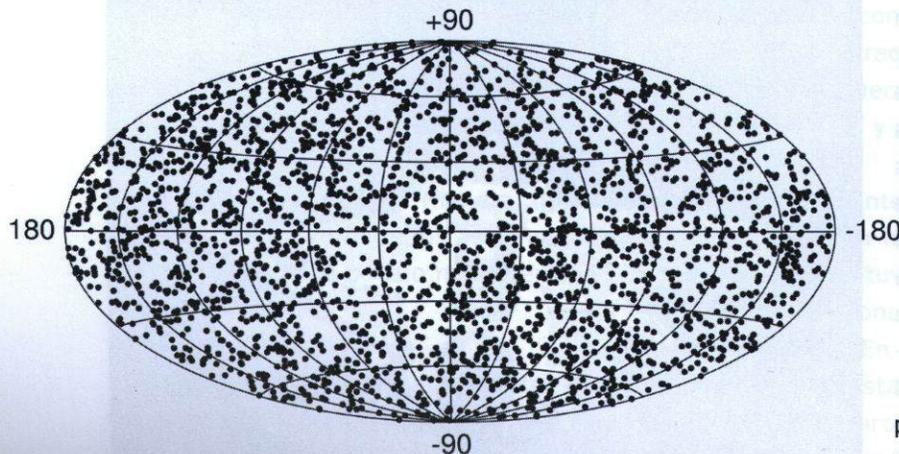
enorme número de estrellas, galaxias y nebulosas. ¿Cuál de ellas la causante? Como preguntarle a un ciego de dónde proviene el ruido de una explosión. "De por allá", contestaría, señalando vagamente una dirección.

En contraste, las ramas más establecidas de la astronomía, como la astronomía óptica o la radioastronomía, ya podían determinar la posición de las fuentes celestes con precisión millones de veces superior a lo que lograba entonces la astronomía de rayos gama.

Para mejorar esto, en abril de 1991, la NASA (*National Aeronautics and Space Agency*) de Estados Unidos puso en órbita un satélite destinado a estudiar los rayos gama provenientes del cosmos. De hecho, se trataba de un verdadero observatorio de rayos gama en órbita y se le conoció como el Observatorio de Rayos Gama *Compton* (en inglés, *Compton Gamma Ray Observatory* o GRO. Figura 1). Arthur H. Compton (1892-1962) fue uno de los físicos más importantes de la primera mitad del siglo XX, de los primeros en trabajar con partículas y fotones de rayos gama en el laboratorio; el satélite llevó su nombre para honrar su memoria.

Fig. 2. Cada punto indica la posición en la bóveda celeste de un destello de rayos gama detectado por el observatorio *Compton* (Imagen cortesía de la NASA).

2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



Observatorio para detectar rayos gama

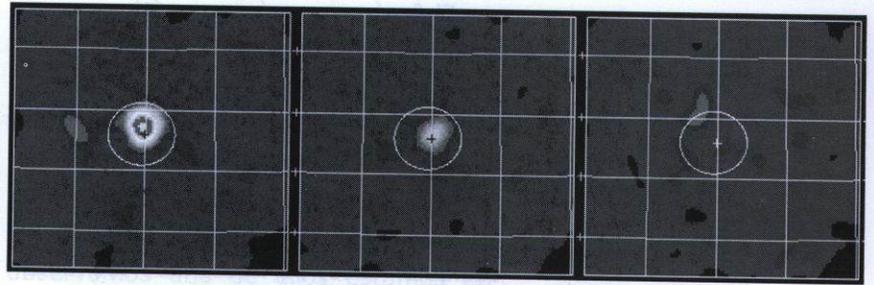
Entre los instrumentos a bordo de este observatorio estuvo de manera prominente uno diseñado para detectar fuentes variables y destellos (en inglés se llamaba *Burst and Transient Source Experiment*, o BATSE), que era una especie de octaedro y cada una de sus caras era un detector de rayos gama. Al conocer los tiempos exactos de impacto en los detectores, era posible dar posiciones con una precisión de unos 6

grados, típicamente (una precisión todavía bastante mala, recordemos que la Luna tiene un diámetro angular de 0.5 grados). Por otra parte, BATSE tenía la ventaja de que podía "ver" casi todo el cielo simultáneamente (excepto el pedazo que le tapaba la Tierra). Los telescopios ópticos y radiotelescopios clásicos pueden captar las cosas con mucha precisión, pero sólo un cachito de cielo a la vez.

BATSE fue mucho más sensitivo que cualquier otro instrumento anterior y desde su puesta en órbita detectó destellos de rayos gama, aproximadamente uno al día. Pronto quedó muy claro que parecía que las ráfagas provenían de cualquier parte del cielo, lo que descalificaba a varios tipos de cuerpos celestes (que no están distribuidos uniformemente por todo el cielo), como los posibles responsables. Después de su honroso desempeño, el 4 de junio del 2000, el satélite *Compton* fue estrellado en el Océano Pacífico; registró 2 mil 704 destellos en los nueve años que estuvo en órbita.

En la figura 2 mostramos la posición en el cielo de los destellos detectados. Como se puede ver, están en todas partes, en lo que se llama una distribución isotrópica, o sea que es igual en todas direcciones.

¿Qué cuerpos celestes podrían ser los responsables de los destellos de rayos gama, si éstos están distribuidos isotrópicamente? Hay al menos tres cosas que se distribuyen isotrópicamente alrededor de nosotros. Por una parte, se podría tratar de algún fenómeno originado en algo cercano a nuestro sistema solar y que nos rodea. Por ejemplo, se cree que a nuestro alrededor puede existir una "nube" de asteroides y cometas (la llamada Nube de Oort en honor



del astrónomo holandés que propuso su existencia; esta nube tendría un radio como de un año-luz). Pero esta explicación es improbable: ¿cómo lograrían estos pedruzcos fríos e inertes producir los energéticos rayos gama?

Otra posible explicación es que los cuerpos responsables de los destellos estén en la corona de nuestra galaxia, una especie de esfera de unos 100 mil años-luz de tamaño en la que hay objetos "viejos", como estrellas que se formaron hace mucho y cúmulos globulares. Quizá en esta corona galáctica haya un gran número de objetos exóticos (¿hoyos negros?) que produzcan los destellos de rayos gama. Pero esta explicación tiene un problema. El Sol no está centrado respecto a la galaxia y a su corona, sino que estamos cerca de la orilla y deberíamos ver más destellos hacia el centro de la galaxia que hacia afuera. Esto no se observa, al menos no con claridad.

La última posibilidad es que los destellos se originen en otras lejanas galaxias, afuera de la nuestra, la llamada explicación extragaláctica. El problema de esta explicación es que para lograr que los destellos sean tan brillantes, es necesario que el fenómeno que los produce, por encontrarse tan lejos, tiene que ser intrínsecamente de extraordinaria energía. Haría falta transformar en energía la materia de estrellas completas para producir los destellos en otras galaxias.

Fig. 3. Postluminiscencia en los rayos X de un destello de rayos gama. La primera imagen a la izquierda se tomó poco después del destello de rayos gama, la segunda seis horas después, y la tercera dos días después. La emisión de rayos X tarda mucho más en apagarse que la de rayos gama. El círculo blanco indica la posición inicial obtenida para el destello de rayos gama. Los rayos X permiten una determinación más precisa (Imagen cortesía del equipo Beppo-SAX).

El fenómeno más energético que se conocía hasta entonces era la explosión de una supernova, realmente extraordinario, pero producía sólo una centésima de la energía que nos llega de un destello de rayos gama, si los cuerpos que los originan estuvieran en otras galaxias. En cualquier caso, se necesitaba identificar de manera precisa las fuentes de los destellos de rayos gama, las llamadas contrapartes. Esto se veía hasta hace unos 10 años como prácticamente imposible porque: a) las posiciones de los destellos que se obtenían de los telescopios de rayos gama eran muy inciertas, y b) duraban muy poco, de modo que para cuando se enteraban los astrónomos que estaban utilizando otros tipos de telescopios, ya sea en la superficie terrestre o en órbita, el destello ya se había apagado. Todo parecía indicar que pasarían muchos años para encontrar la solución al misterio de los destellos de rayos gama.

Pronto quedó clara la necesidad de establecer una nueva manera de hacer astronomía, que permitiera ubicar a las contrapartes de los destellos de rayos gama. Esto se atacó de la siguiente forma. En primer lugar, el 30 de abril de 1996 se puso en órbita un satélite financiado por Italia y Holanda, llamado *Bep-*

po-SAX. Este satélite llevaba un sistema doble de telescopios: uno de rayos gama que detectaría los destellos de éstos y los ubicaría en el cielo de manera aproximada, otro de rayos X que buscaría si la fuente emitía también rayos X y que determinaría la posición del objeto con mucha mejor precisión. A la vez, se estableció una red de colaboradores internacionales de modo que cuando se detectaba un destello, su posición era transmitida en cuestión de segundos a los observatorios que formaban parte de la red y todos volteaban sus telescopios hacia la posición dada.

Este método cooperativo tuvo gran éxito; gracias a él fue posible descubrir que los destellos de rayos gama a veces emiten no sólo rayos X, sino otras ondas electromagnéticas, que estas emisiones en otras bandas generalmente se inician después del destello de rayos gama y duran más que él, por lo que se les conoce como posluminiscencias (en inglés *afterglows*). En la figura 2 mostramos un ejemplo de una posluminiscencia en rayos X observada por el satélite *Beppo-SAX*.

Con este poderoso enfoque se aclaró que los destellos de rayos gama provenían de cuerpos ubicados en remotas

Fig. 4. Imagen artística de la explosión de un colapsar. La radiación sale preferentemente en dos chorros. Si el observador está en la dirección de uno de estos chorros, verá un objeto de enorme luminosidad.

