

LUIS F. RODRÍGUEZ

# EL MISTERIO DE LOS DESTELLOS DE RAYOS GAMA

**E**l problema se conocía desde 1969, cuando se detectó el primer caso; sin embargo, su descubrimiento no se hizo público hasta 1976. De cualquier manera, hasta hace poco la mayoría de los astrónomos habíamos prestado escasa o nula atención al misterio de los destellos de rayos gama.

Provenientes de distintas regiones del cielo, aparentemente sin ton ni son, llegan a la Tierra breves pero energéticos chubascos de rayos gama. La duración de estos destellos es corta, generalmente entre una décima de segundo y 100 segundos. No se sabe qué clase de astro produce las efímeras emisiones pero conforme BATSE, el telescopio de rayos gama en órbita diseñado para detectarlos, detecta más y más destellos a la tasa de aproximadamente uno al día, la profundidad del enigma se ha hecho evidente.

El descubrimiento de los destellos de rayos gama (*gamma ray bursts*) ni siquiera tuvo que ver propiamente con la astronomía sino con las armas nucleares. En 1963 varios países que poseían armas nucleares firmaron un tratado que prohibía explosiones nucleares en la atmósfera o en el espacio exterior (las explosiones subterráneas se consideraron aceptables). Para vigilar que este tratado se cumpliera, los Estados Unidos pusieron en órbita la serie de satélites Vela que podía detectar los energéticos rayos gama que se producirían durante la fusión o fisión atómica de las explosiones. Los rayos gama son la forma de radiación con más energía que conocemos.

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 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 incluso 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 hacer radiografías y tomografías. Los rayos gama no se utilizan en aplicaciones cotidianas porque son muy difíciles de producir y por ser aun más peligrosos (por su gran energía) que los ya muy peligrosos rayos x. En términos comparati-

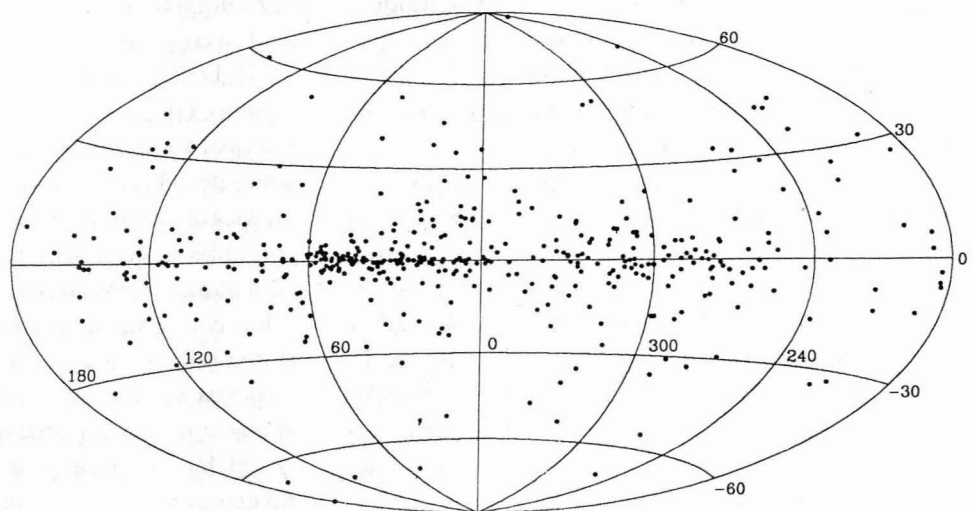


Fig. 1 Distribución en el cielo de los 440 pulsares conocidos en 1988. Las líneas aproximadamente horizontales dan la latitud galáctica, las aproximadamente verticales dan la longitud galáctica. La mayoría de los pulsares aparece cerca de la línea horizontal con latitud cero, la cual marca el plano de nuestra galaxia.

vos, 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 bloquea. Por otra parte, la gran opacidad de la atmósfera a los rayos gama obliga a los astrónomos a colocar sus *telescopios* de rayos gama en órbita, por encima del manto protector de la atmósfera.

Los satélites Vela pronto comenzaron a detectar destellos de rayos gama pero éstos no provenían de la atmósfera terrestre o del espacio inmediatamente exterior a la Tierra sino de distintos puntos en el cielo. Los detectores de rayos gama colocados en éstos y otros satélites eran (y por desgracia siguen siendo) bastante primitivos en cuanto a su capacidad para determinar de qué punto exacto del cielo provenía el estallido. Es decir, no son propiamente telescopios en el sentido de que puedan ser apuntados hacia una dirección sino que detectan la radiación que les llega de cualquier ángulo. La manera de determinar de dónde viene esa radiación requiere de al menos dos o, preferentemente, de varios satélites. Así, si el satélite A comienza a detectar el destello una fracción de segundo antes que el satélite B, podemos concluir que la radiación viene del lado del cielo donde está el satélite A. Combinando los tiempos de llegada de los destellos a varios satélites se podía hacer una *triangulación* que permitía dar una posición celeste del origen de la radiación. Sin embargo, estas posiciones eran extremadamente inciertas, a veces sólo era posible afirmar que la fuente se encontraba dentro de regiones de 45 grados o más de tamaño (algo así como la extensión angular de un libro que sostenemos con las manos). Para establecer 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). Otras ramas de la astronomía, como la astronomía óptica o la radioastronomía, pueden determinar la posición de las fuentes con una precisión millones de veces superior a la que logra la astronomía de rayos gama.

El fenómeno es verdaderamente espectacular y es una lástima que no se pueda ver a simple vista sino sólo con los detectores de rayos gama en órbita. Sin embargo, podemos imaginar cómo sería uno de estos destellos si hubiera un fenómeno equivalente (no lo hay) en la región visible del espectro electromagnético. Supongamos que en una noche oscura y despejada nos encontramos mirando la débil luz de las estrellas. Repentinamente, y en una parte cualquiera del cielo aparece por unos instantes una luz deslumbrante, tan brillante como el Sol, que se apaga de manera igualmente inesperada. Tratamos de averiguar cuál de los muchos astros que existen en esa dirección la produjo pero es inútil, hay demasiados de ellos y todo fue muy breve.

En efecto, 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 era la culpable? Era como preguntarle a un ciego de dónde había provenido el ruido de una explosión. "De por allá", contestaría, señalando vagamente una dirección.

Alrededor de 1976 se habían detectado unos sesenta destellos de rayos gama. Las posiciones se conocían tan deficientemente que no se podía apoyar o descartar siquiera si las fuentes que los producían estaban en nuestra galaxia. Si estas fuentes estuvieran distribuidas en nuestra galaxia aparecerían preferentemente en la dirección de la Vía Láctea. Como se sabe, el Sol es una de las 100 mil millones de estrellas que forman nuestra galaxia, que es un conglomerado de estrellas y nebulosas distribuidas en forma de una tortilla gruesa. Nosotros estamos cerca de la orilla de la galaxia y cuando ponemos en un mapa celeste las posiciones de fuentes que están en ella (por ejemplo, las llamadas nubes moleculares o bien las estrellas muy jóvenes), éstas aparecen en una banda que corresponde a la Vía Láctea. Desde luego, la Vía Láctea no es otra cosa que nuestra propia galaxia vista desde la Tierra.

Por otra parte, las fuentes que produjeron los destellos podrían ser, por ejemplo, otras galaxias lejanas, cada una como la nuestra, que se pueden encontrar en cualquier punto del cielo. Así, con tan sólo saber cómo están distribuidas las fuentes en el cielo, se empieza a entender su naturaleza.

Puesto que la ubicación de las fuentes de los destellos de rayos gama no se conocía bien, los astrónomos que estudiaban el problema favorecieron por muchos años a los pulsares como responsables del fenómeno. Los pulsares son el cadáver de lo que fue una estrella masiva; estrellas hechas de neutrones con radio de tan sólo unos diez kilómetros. Se les descubrió en 1967 y en la actualidad se conocen más de quinientos en nuestra galaxia.

Había buenas razones para favorecer a los pulsares. Primero, éstos son objetos galácticos, relativamente cercanos (astronómicamente hablando), y no era necesario atribuirles a los destellos de rayos gama energías extraordinarias, como sería el caso si colocáramos a las fuentes responsables en las mucho más lejanas galaxias externas, ya no digamos en los cuasares que en general están más alejados. Por ejemplo, un cerillo encendido colocado enfrente de nuestros ojos se ve tan brillante como una lámpara colocada a mucho mayor distancia pero intrínsecamente, el objeto más lejano tiene que ser más brillante.

Había otra razón para favorecer a los pulsares como las fuentes donde se producían los destellos de rayos gama. De los objetos que sabemos que existen sin lugar a dudas, los pulsares son capaces de producir los fenómenos y las radiaciones más violentas. Los hoyos negros, en caso de existir, los superarían pero su existencia no ha sido probada más allá de toda duda. Los pulsares son capaces de producir

emisiones de gran energía, porque aun cuando son pequeños tienen una gran energía rotacional (unos dan del orden de mil vueltas por segundo) y campos magnéticos inmensos, billones de veces los de una estrella normal.

Los pulsares galácticos son objetos que se encuentran distribuidos en el plano de nuestra galaxia. En la figura 1 mostramos la distribución en el cielo de los 440 pulsares conocidos en 1988. Como puede verse, los

pulsares aparecen preferentemente cerca de la línea horizontal en el centro del mapa, la que representa el plano de nuestra galaxia. Si los pulsares fueran los responsables de los destellos de rayos gama, deberíamos de ver que los destellos provienen preferentemente de esa banda en el cielo, la Vía Láctea. Pero hasta hace unos cuantos años los datos disponibles eran tan pobres que esta prueba no se podía realizar.

En abril de 1991, la NASA (National Aeronautics and Space Agency) de los Estados Unidos puso en órbita un satélite destinado a estudiar los rayos gama provenientes del Cosmos. De hecho, se trata de un verdadero observatorio de rayos gama en órbita y se le conoce como el Observatorio de Rayos Gama Compton (Compton Gamma Ray Observatory o GRO). Lleva el nombre de uno de los físicos más importantes de la primera mitad de nuestro siglo, uno de los primeros en trabajar con partículas y fotones de altas energías. Entre los instrumentos a bordo de este observatorio ocupa un lugar prominente el del Experimento para Detectar Fuentes Variables y de Destellos (Burst and Transient Source Experiment o BATSE). BATSE es una especie de octaedro en el que cada una de las caras es un detector de rayos gama. Los rayos gama tienen mucha energía y penetran los detectores, y son detectados por dos de las caras del octaedro. Si se conocen los tiempos exactos de impacto en cada cara, es posible dar posiciones con una precisión de unos seis grados (una precisión todavía bastante mala, si recordamos que la Luna tiene un diámetro angular de 0.5 grados). Por otra parte, BATSE tiene la ventaja de que puede ver casi todo el cielo de golpe (excepto el pedazo que le tapa la Tierra). Los telescopios ópticos y los radiotelescopios clásicos pueden ver las cosas con mucha precisión pero sólo pueden observar un pedazo del cielo a la vez.

BATSE es mucho más sensitivo que cualquier otro instrumento anterior y desde su puesta en órbita ha detecta-

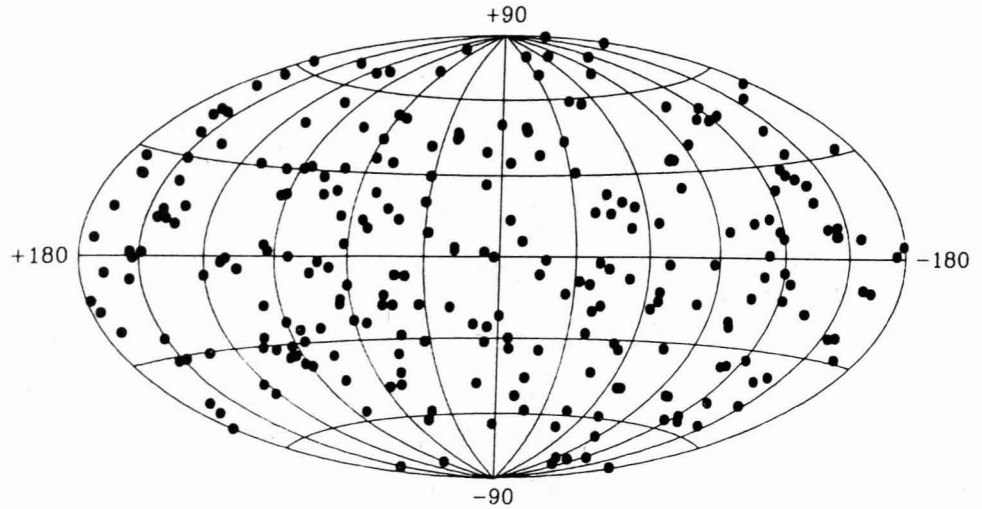


Fig. 2 Distribución en el cielo de los 260 destellos de rayos gama conocidos hasta principios de 1992. A diferencia de los pulsares (ver figura 1), los destellos están distribuidos uniformemente en el cielo, en lo que se conoce como una distribución isotrópica.

do destellos de rayos gama a la tasa de aproximadamente uno al día. Pronto el número de detecciones acumuladas excedió algunos cientos. Para la sorpresa de muchos, quedó muy claro que los destellos parecen venir de cualquier parte del cielo lo que descalifica a los pulsares como los responsables. En la figura 2 mostramos la posición en el cielo de los 260 destellos detectados hasta principios de 1992. Como se puede ver, están en todas partes, en lo que se llama una distribución *isotrópica*. Actualmente (mediados de 1994), el número de detecciones va ya por el millar y el resultado de una distribución isotrópica se ha fortalecido.

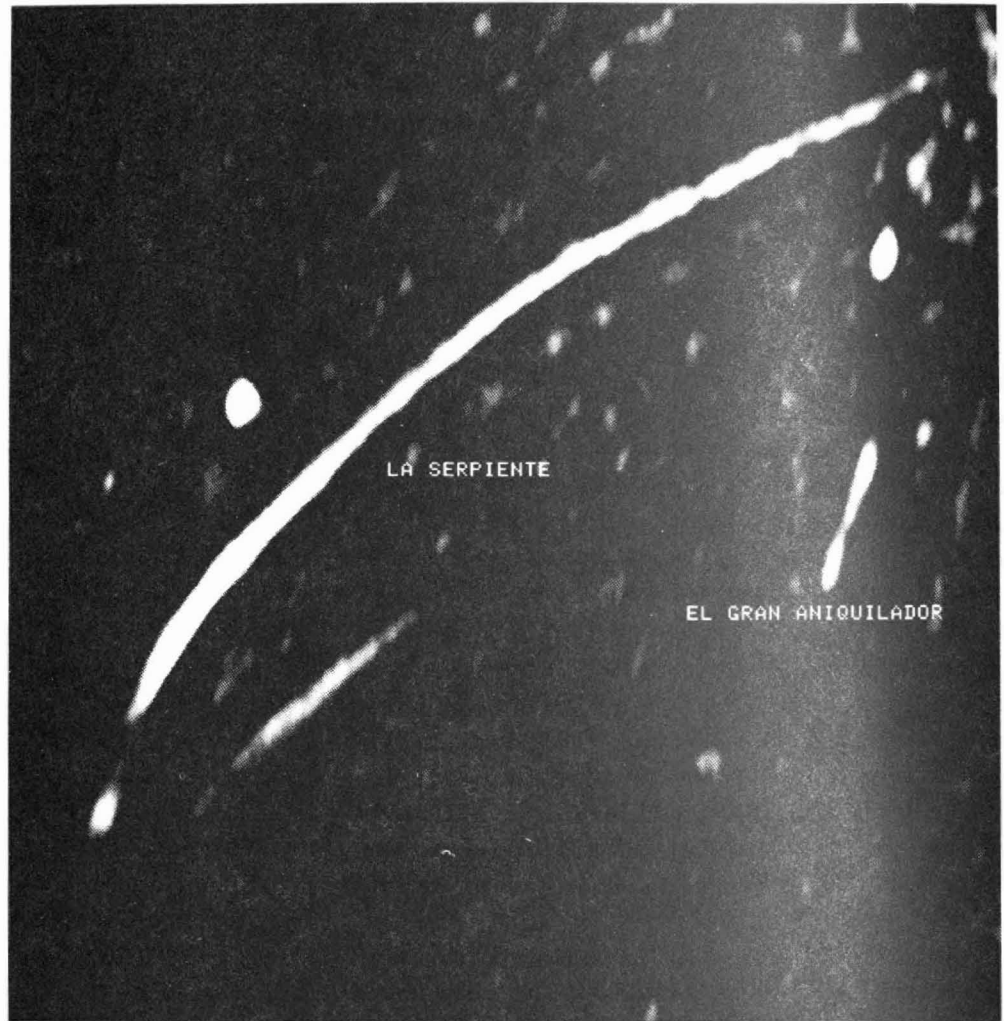
¿Qué cuerpos celestes pueden ser los responsables de los destellos de rayos gama si éstos están distribuidos isotrópicamente? Hay al menos tres cosas que se distribuyen isotrópicamente alrededor de nosotros. Por una parte, se podría tratar de algún fenómeno que se origina en algo cercano a nuestro sistema solar y que nos rodea. Por ejemplo, se cree que a nuestro alrededor podría 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 cien mil años luz de tamaño en la que hay objetos *viejos* como estrellas que se formaron hace mucho y cúmulos globulares. Quizás en esta corona galáctica hubiese un gran número de objetos exóticos (¿hoyos negros?) que produjeran 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, como ya dijimos antes, estamos cerca de la orilla de ésta y

deberíamos ver más destellos hacia el centro de ésta que hacia afuera. Esto no se observa, al menos no con claridad.

La última posibilidad que nos queda es la llamada explicación extragaláctica: que los destellos se originen en otras galaxias lejanas. 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, sea intrínsecamente de extraordinaria energía. Haría falta aniquilar estrellas completas para producir los destellos en otras galaxias. Hay, por otro lado, dos evidencias que favorecen la explicación extragaláctica. Por un lado, es posible estudiar los brillos relativos de los destellos y llegar a la conclusión de que las fuentes que los causan no se extienden indefinidamente sino que parecerían estar en una esfera de radio finito alrededor de nosotros. Se sabe que en el caso de distancias lo suficientemente lejanas estaríamos observando el pasado muy remoto, cuando aún no se habían formado las galaxias, con lo cual este resultado encontraría una explicación al no haber galaxias muy lejos.

Otro resultado que podría apoyar la hipótesis del origen extragaláctico radica en un estudio reportado muy recientemente. Al parecer, los destellos más débiles (que en principio corresponderían a las fuentes más lejanas), duran más que los destellos más brillantes (que en principio corresponderían a las fuentes más cercanas). Esta peculiaridad encuentra una explicación lógica en el modelo extragaláctico, puesto que en él los destellos débiles vendrían de fuentes que se alejan velozmente de nosotros (la ley de Hubble establece que mientras más lejana está una galaxia, más grande es su velocidad de alejamiento). Debido a las implicaciones de la teoría de la relatividad, el tiempo (visto por nosotros) transcurre más lentamente en estos velozes cuerpos cósmicos.



*Imagen de una región cercana al centro de nuestra galaxia obtenida con el Conjunto muy grande de radiotelescopios a partir de ondas de radio con longitud de 6 centímetros. Dos objetos peculiares conocidos como "La Serpiente" y "El Gran Aniquilador" aparecen en la imagen. Este último es una fuente de rayos gama pero a diferencia de los destellos de rayos gama que tienen una duración muy breve y son muy intensos, la emisión de esta fuente es relativamente constante y más débil.*

En cualquier caso, la identificación de las fuentes de las cuales provienen los destellos de rayos gama, las llamadas contrapartes, aún no se ha logrado. El problema es que: 1) las posiciones de los destellos son muy inciertas, y 2) los destellos duran muy poco, al grado de que cuando se enteran los astrónomos que están utilizando otros telescopios, ya sea en la superficie terrestre o en órbita, el destello ya terminó. Se ha establecido una red de colaboradores internacionales con objeto de que cuando se detecte un destello, su posición sea transmitida en segundos a los observatorios que forman parte de la red. También se habla de construir telescopios especiales que pudiesen ver todo el cielo, o al menos una parte muy grande de él, y que trabajen simultáneamente con algún telescopio de rayos gama. El costo de estos telescopios especializados es generalmente muy alto.

Todo parece indicar que pasarán muchos años antes de que encontremos la solución al misterio de los destellos de rayos gama. ■