

ASTRONOMÍA DE ALTA ENERGÍA Y ESTALLIDOS CÓSMICOS DE RAYOS-GAMMA

Dr. Gerald J. Fishman. Astrofísico Senior. Centro de Vuelos Espaciales NASA-Marshall, Huntsville, Estados Unidos

Discurso de ingreso como Académico de Honor, 3 de octubre de 2019

La Astronomía es considerada la más antigua de todas las ciencias. Durante siglos, la humanidad ha mirado hacia el cielo nocturno con asombro. Estos primeros observadores querían saber qué había más allá de la luna y el sol (Fig. 1). Trataron de colocar las estrellas en patrones y dieron nombres a esos patrones. Hoy en día todavía utilizamos estos nombres antiguos de personas, objetos y animales en la mitología; los conocemos como las constelaciones.



Figura 1. Concepción antigua de los astros en la bóveda celeste.

Fue hace tan sólo hace unos pocos cientos de años cuando se descubrió que estas estrellas individuales eran otros “soles” más distantes que el nuestro. Los que podemos ver mejor son mucho más grandes que nuestra estrella, otros están relativamente cerca y son mucho más pequeños que el Sol.

En la siguiente imagen (Fig. 2), se muestran varios tipos de radiación de cuerpo negro emitidos por objetos a diferentes temperaturas, en comparación con una escala de temperatura.

Durante muchos siglos la humanidad sólo pudo mirar al cielo en el rango de la luz visible, una parte muy pequeña de la ventana observacional desde la que se puede registrar

toda la radiación que emiten las estrellas y las galaxias en el firmamento.

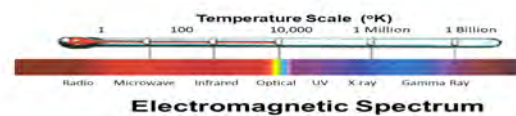


Figura 2. El espectro electromagnético y la temperatura de radiación del cuerpo negro correspondiente a lo largo del mismo, desde las ondas de radio hasta los rayos-gamma.

En la figura 3, se muestran varios tipos de radiación, junto con una indicación de la profundidad que pueden penetrar estas radiaciones en la atmósfera terrestre.

Fue en la década de 1930 cuando se observaron ondas de radio que provenían de las proximidades del centro de nuestra propia Galaxia, la Vía Láctea. Esto dio lugar al nacimiento de la radioastronomía. Unas décadas después de que las ondas de radio fueran vistas por los objetos en el cielo, nació la radioastronomía.

En la imagen señalada, sólo la luz visible y las ondas de radio pueden ser vistas penetrando en el cielo, y observadas a nivel del suelo. Únicamente en las últimas décadas se han podido observar otras formas de radiación electromagnética desde plataformas enviadas por encima de la atmósfera terrestre, desde globos, cohetes y satélites.

A finales de la década de los 50, se enviaron detectores de rayos-X en pequeños cohetes de sondeo por encima de la atmósfera de la Tierra —este fue el nacimiento de la astronomía de rayos-X—.

La astronomía de alta energía incorporaría las observaciones en el extremo más alto del espectro electromagnético: astronomía de rayos-X y astronomía de rayos-gamma.

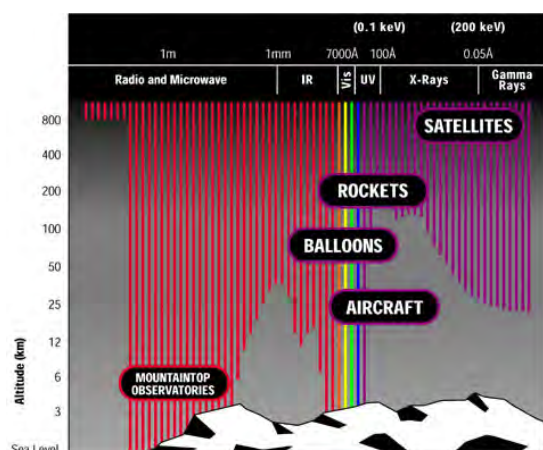


Figura 3. Las diferentes clases de radiación electromagnética y su distinta penetración en la atmósfera terrestre.



Figura 4. Globos estratosféricos portando instrumentación científica en su góndola antes del lanzamiento (arriba) y después (debajo).

No fue hasta la era espacial de la década de 1960, cuando los cohetes de sondeo y los globos de gran altitud (Fig. 4), comenzaron a observar el cielo. Fue el comienzo de la Astronomía de

Alta Energía: astronomía de rayos-X y rayos-gamma. Con la astronomía de alta energía, se descubrirían muchos tipos de objetos de alta energía en el cielo. Estos objetos emiten la mayor parte de su radiación como rayos-X y rayos-gamma, y se observa poca (o ninguna) radiación a energías más bajas.

En las décadas de 1970 y 1980, la NASA lanzó los primeros grandes satélites en los Estados Unidos para estudiar estos rayos-X y rayos-gamma. Estos fueron los tres satélites de la serie HEAO (*High Energy Astrophysical Observatories*) y con los instrumentos que portaban comencé mi carrera profesional en astronomía de altas energías (Fig. 5). Mi propia carrera comenzó trabajando con ingenieros en el desarrollo de estos tres satélites que fueron financiados y gestionados por nuestras instalaciones de la NASA en Huntsville, Alabama, Estados Unidos.

Estas tres naves espaciales de la serie HEAO, lanzadas a finales de la década de 1970, llevaron al espacio los primeros instrumentos de gran tamaño para observar los rayos-X, los rayos-gamma y los rayos cósmicos de los objetos distantes de nuestra Galaxia (la Vía Láctea) y también de las galaxias más distantes del Universo. Las naves fueron diseñadas para realizar estudios exhaustivos de los objetos de alta energía, recientemente descubiertos, como las estrellas de neutrones y los agujeros negros.

Las estrellas de neutrones tienen la densidad de la materia nuclear pura (sin electrones), y en comparación tienen, aproximadamente, la misma densidad, que si nuestro Sol estuviera comprimido en una extensión del tamaño de Málaga capital. Estas estrellas de neutrones emiten la mayor parte de su energía en forma de rayos-X y rayos-gamma.

Los agujeros negros son aún más densos que las estrellas de neutrones. La gravedad de los agujeros negros es tan grande que nada puede escapar, ni siquiera la luz. Pero justo antes de que la materia entre en el agujero negro, este material se calienta a temperaturas extremadamente altas, tan altas que emite grandes cantidades de rayos-X y rayos-gamma. Muchos de estos objetos de los agujeros negros han sido detectados por naves espaciales en órbita alrededor de la Tierra.

En los años 90, la NASA lanzó cuatro naves espaciales mucho más grandes y masivas, pertenecientes a la serie de "Los Grandes

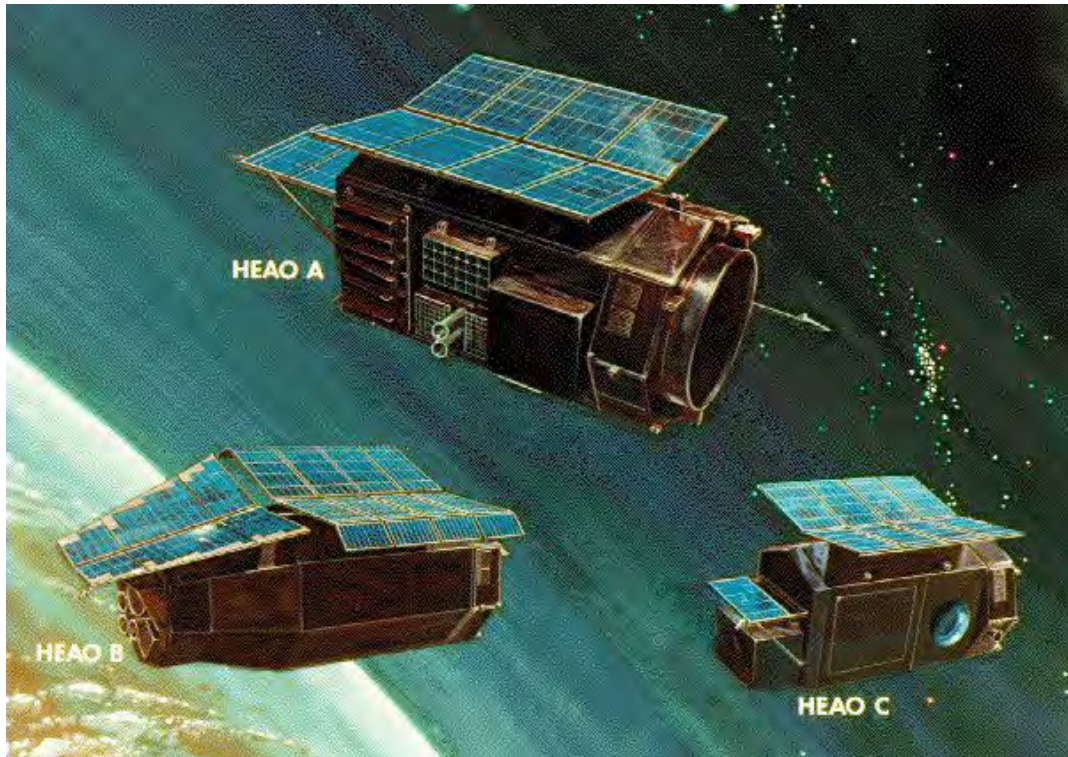


Figura 5. Los satélites científicos de la serie HEAO.

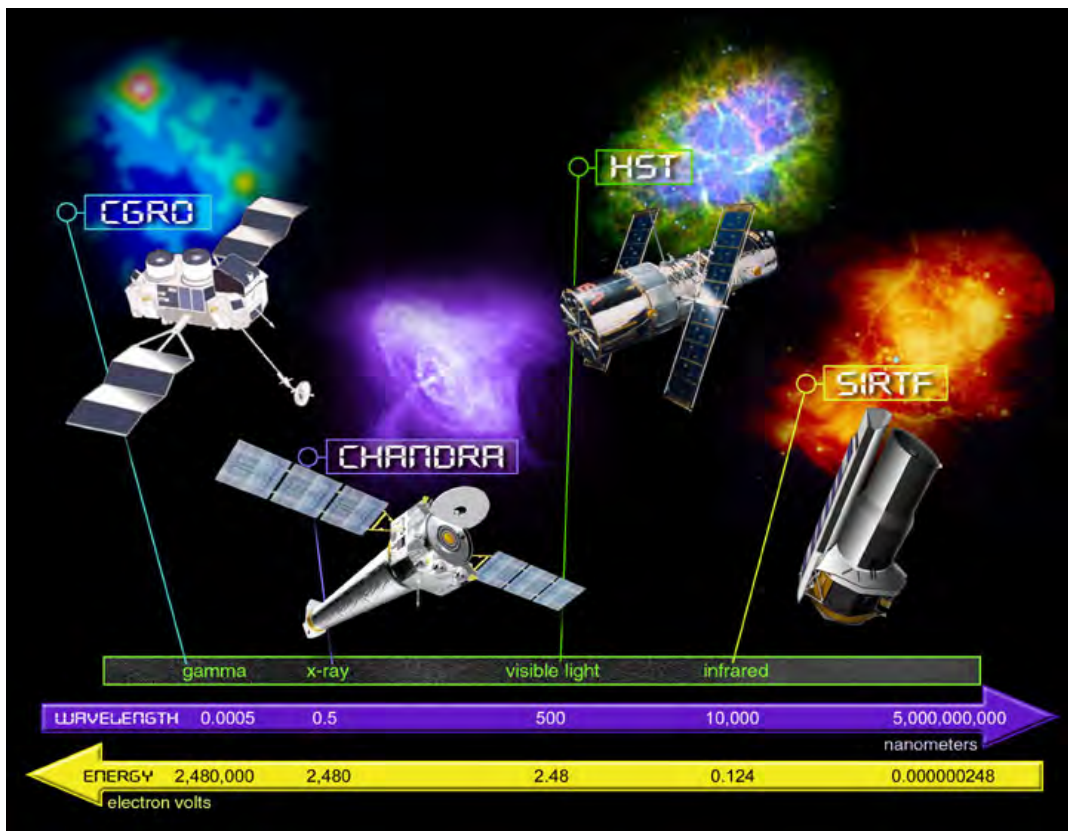


Figura 6. Los 4 satélites científicos de la serie de los Grandes Observatorios de la NASA lanzados al espacio en los años 90. El Telescopio Espacial Hubble (HST) es el más conocido de los cuatro.

Observatorios Espaciales" (Fig. 6). Dos de estas naves espaciales masivas fueron lanzadas por el transbordador espacial de los Estados Unidos para observar objetos que emiten la mayor parte de su radiación en las regiones de rayos-X y rayos-gamma del espectro electromagnético. Son el Observatorio de rayos-gamma "Compton" y el Observatorio de rayos-X "Chandra" (este aún en activo en la actualidad).

La mayor parte de mi carrera en astronomía de alta energía se dedicó a realizar observaciones con el *Observatorio Compton de rayos-gamma* (CGRO). Científicos de todo el mundo (incluido Alberto Castro-Tirado) han utilizado datos de las observaciones de este satélite científico.

El *Observatorio Compton de rayos-gamma* fue lanzado al espacio y puesto en órbita en 1991 por el transbordador espacial estadounidense *Atlantis* (Fig. 7). Un instrumento del que yo era responsable, y del cual Alberto Castro-Tirado ha extraído datos. Constaba de ocho grandes detectores que fueron colocados en las ocho esquinas de esta nave espacial.



Figura 7. El *Observatorio Compton de rayos-gamma* (CGRO) lanzado al espacio en 1991 desde el transbordador espacial *Atlantis*.

La fotografía de la tripulación de astronautas del *Atlantis* que llevó este observatorio de rayos-gamma al espacio fue tomada por una cámara a bordo, justo después de que el *Observatorio Compton de rayos-gamma* fuera colocado en órbita terrestre (Fig. 8). La astronauta Dra. Linda Godwin (amiga mía) sostuvo, para la cámara que inmortalizaba a la tripulación del transbordador, la insignia de la misión mostrando los nombres de sus miembros.

Durante sus nueve años en órbita, el *Observatorio Compton de rayos-gamma* ha hecho muchos descubrimientos sobre la naturaleza de los objetos de alta energía que emiten rayos-gamma.



Figura 8. La tripulación de los astronautas del transbordador *Atlantis* encargados de poner en órbita el CGRO.



Figura 9. Las primeras explosiones de rayos-gamma fueron descubiertas en 1973 por las naves espaciales de la serie "Vela", ideadas para la detección de explosiones nucleares en el espacio.

Los objetos más energéticos observados en el Universo son los estallidos cósmicos de rayos-gamma. Fueron descubiertos accidentalmente a principios de la década de 1970. Estados Unidos tenía, en la década de 1960, varios satélites de detección de bombas nucleares ubicados en órbitas terrestres muy altas. Estos satélites formaban parte de la serie *Vela* (Fig. 9) por el verbo español “velar”. A los Estados Unidos le preocupaba que la, por entonces, Unión Soviética intentara realizar algunas pruebas nucleares en las profundidades del espacio exterior y trataran de ocultarlas.

No se encontraron tales explosiones nucleares, pero más o menos cada mes, estos pequeños satélites observaron una gran explosión de rayos-gamma. Parecían provenir de fuera del Sistema Solar, de objetos desconocidos. A estas explosiones se las denominó “estallidos cósmicos de rayos-gamma”. Ocurrieron al azar, y no provenían de ningún objeto astronómico conocido. Tanto Alberto Castro-Tirado como yo hemos pasado la mayoría de nuestras carreras científicas observando y estudiando estos estallidos cósmicos de rayos-gamma.

El origen de estos estallidos cósmicos de rayos-gamma ha sido uno de los mayores misterios de la astronomía durante más de dos décadas. Ha habido docenas de teorías sugeridas para explicar la posible fuente de estas explosiones de radiación gamma. Ni siquiera se sabía si se originaron dentro de nuestra propia galaxia (la Vía Láctea), o muy lejos, en galaxias muy distantes.

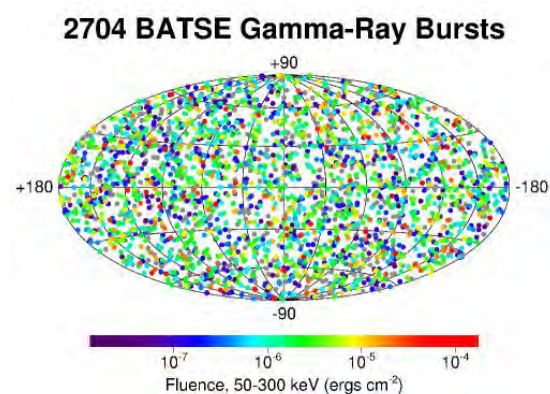


Figura 10. Distribución en la esfera celeste de las 2704 explosiones de rayos-gamma detectadas por el experimento BATSE a bordo del CGRO durante su vida operacional en el espacio.

No fue hasta muchos años después, cuando varios miles de estos estallidos cósmicos de rayos-gamma se localizaron, y se hizo evidente

que venían de lugares aleatorios y distantes del cielo, y no de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea. También era indudable que se originaron en la mayoría de las regiones del Universo. Representaban las explosiones más poderosas conocidas en el Universo (Fig. 10).

Cuando registramos un estallido cósmico de rayos-gamma, en la mayoría de las veces significa que una estrella masiva ha llegado al final de su vida útil. Las partes internas de esta estrella han colapsado en un agujero negro. Este material “desaparece” esencialmente del Universo observable. Una gran cantidad de materia se ha convertido en energía en la explosión más poderosa conocida, parte de la estrella colapsa en un agujero negro. Una gran cantidad de materia entra en órbita alrededor de la estrella, otra parte de la materia es expulsada en potentes chorros en ambas direcciones, desde los polos de la estrella. Si uno de estos chorros estuviera apuntando hacia la Tierra, los detectores situados por encima de la Tierra podrían verlo como una fuente extremadamente brillante de rayos-gamma. Se determinó que los estallidos cósmicos de rayos-gamma representan las explosiones más poderosas conocidas en el Universo (Fig. 11).

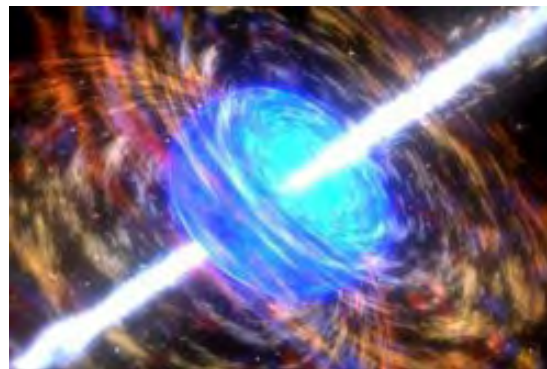


Figura 11. Recreación de una explosión de rayos-gamma: las más distantes y poderosas del universo.

Algunos científicos han especulado sobre la posibilidad de que un estallido cósmico de rayos-gamma se hubiera producido en nuestra propia Galaxia, procedente de una estrella cercana a la Tierra, pudiendo ser la causa de la repentina desaparición de los dinosaurios (Fig. 12).

La enorme energía de estos estallidos cósmicos de rayos-gamma se convierte en rayos de energía en otras longitudes de onda, además de los rayos-gamma. Estas explosiones están siendo estudiadas actualmente por muchos astrónomos de todo el mundo, en otras

longitudes de onda. Los mensajes que indican que se ha producido un estallido cósmico de rayos-gamma se envían a un grupo mundial de astrónomos, tanto en Granada y Málaga, como en otros lugares del planeta. Esta semana (30/9 a 4/10/2019), un gran número de astrónomos de todo el mundo se han reunido en Málaga, en el congreso AstroRob2019, y han comparado observaciones de estallidos cósmicos de rayos-gamma (en muchas longitudes de onda) y constatado que pueden ser observados rápidamente, poco después de ser descubiertos. También se han discutido estas observaciones en detalle y las predicciones de lo que se puede ver y derivar desde el punto de vista de la física.

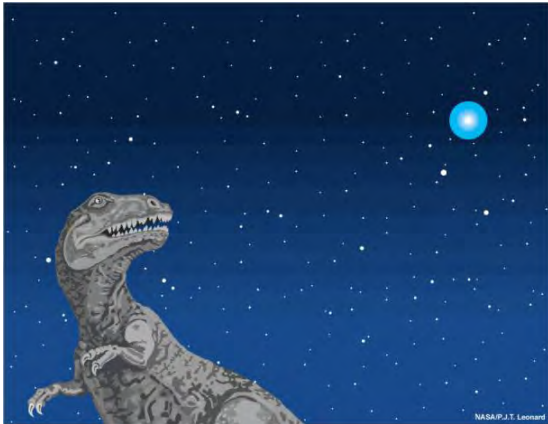


Figura 12. ¿Fue una explosión de rayos-gamma en nuestra Galaxia la que mató a los dinosaurios?

El Grupo de Astronomía de Altas Energías del IAA-CSIC (Granada) y su Unidad Asociada de la Universidad de Málaga (UMA) se ha convertido en un referente en lo que respecta al debate e intercambio de ideas para el seguimiento de las observaciones de estos estallidos cósmicos de rayos-gamma. Este es el décimo año de estos encuentros internacionales de la serie AstroRob (que se vienen celebrando en España con carácter bianual).

Muchos de estos científicos apuntan sus telescopios robóticos a estos lugares y también ven los resultados de estas poderosas explosiones estelares en longitudes de onda visibles. Esto se ha convertido en una aportación de extrema importancia en la comunidad mundial de astrónomos de alta energía que están aprendiendo más sobre los detalles de las explosiones más potentes conocidas en el Universo, los estallidos de rayos-gamma.

Nota: Mi agradecimiento a Gemma Olmedo Paradas por su inestimable ayuda para la traducción de mi texto original (en inglés).