

Regiones de colisión de vientos estelares

Por el Lic. Santiago del Palacio

Las estrellas no son meramente "foquitos de luz gigantes". Además de luz (o más apropiadamente, radiación electromagnética) las estrellas liberan grandes cantidades de materia en forma de *vientos estelares* que, al igual que los vientos en la Tierra, no son más que masas de gas en movimiento -con la salvedad de que son mucho más masivos y calientes, claro está-. En este pequeño artículo nos concentraremos en las estrellas de gran masa de tipo espectral OB o WR, ya que éstas presentan ambientes más extremos y por tanto más interesantes para estudiar desde el punto de vista de la astrofísica de altas energías.

En el interior de las estrellas de gran masa se producen reacciones termonucleares a una tasa tan alta que liberan una enorme cantidad de fotones¹. Estos fotones producidos en el núcleo de la estrella son los que empujan sus capas más externas acelerándolas cual un viento que sopla una vela. Ahora bien, este "viento" de fotones pierde intensidad a medida que nos alejamos de la superficie de la estrella (ya que se diluye), y por lo tanto pasa a ser incapaz de seguir acelerando el viento estelar. Por tal motivo, la velocidad hasta la cual es acelerado el viento estelar alcanza un límite, conocido como *velocidad terminal del viento*. ¡Ésta puede llegar a superar los 3000 km/s! Estimaciones de la cantidad de material que pierden estas estrellas dan valores del orden de 10^{-6} – 10^{-4} masas solares por año, lo cual tiene consecuencias importantísimas tanto en su evolución (tema que no abordaremos ahora) como en la fenomenología que presentan.

¿Qué ocurre con esta enorme cantidad de energía que constantemente es eyectada por la estrella en forma de vientos estelares supersónicos? Bueno, en su mayoría se destina a hacer trabajo sobre el gas circundante a las estrellas, conocido como *medio interestelar*², expandiéndolo y poniéndolo en movimiento; pero otra parte es radiada por procesos térmicos (por el simple hecho de que el viento está caliente), y esa radiación podemos detectarla en distintas bandas del espectro electromagnético³, desde radiofrecuencias hasta el infrarrojo/óptico. Pero eso no es todo. Si la estrella no se encuentra aislada, sino formando parte de un sistema binario (es decir, de dos componentes) con otra estrella de gran masa -una situación que se da muy a menudo-, entonces los poderosos vientos de ambas estrellas van a chocar fuertemente generando una *región de colisión de vientos estelares*⁴. En los choques, la energía que antes estaba almacenada en el movimiento "ordenado" de los vientos estelares se convierte en energía interna de las partículas que componían dichos fluidos. Desde un punto de vista macroscópico, esto significa que el material se calienta mucho, ¡hasta alcanzar temperaturas de millones de grados K! Una consecuencia de ello es que las regiones de colisión de vientos estelares emiten rayos-X que pueden ser detectados por telescopios espaciales tales como *XMM-Newton*, *Chandra*, y el más reciente *NuStar*. Y aún hay más: en los choques fuertes en los que están presentes campos magnéticos (en este caso, generados en las estrellas y transportados por los vientos estelares) y turbulencias (ver Fig. 1), algunas partículas se aceleran hasta velocidades relativistas (cercanas a la velocidad de la luz), fuera del equilibrio termodinámico con el resto del fluido. Estas partículas son capaces de emitir *radiación no-térmica*³ por distintos procesos.

La radiación no térmica emitida por sistemas con colisión de vientos estelares es predominantemente producida por electrones relativistas que interactúan con los campos magnéticos y de radiación presentes. Cuando interactúan con los campos magnéticos, los electrones emiten radiación sincrotrón que puede ser detectada con radiotelescopios⁴, y cuando interactúan

con los campos de radiación de las estrellas (mayoritariamente fotones ultravioleta) pueden emitir fotones de muy alta energía (rayos-X a rayos- γ) a través del proceso de Compton inverso. De esta manera estos objetos emiten, en un principio, a lo largo de todo el espectro electromagnético, desde radiofrecuencias hasta rayos- γ . Sin embargo, hasta la fecha sólo se ha logrado detectar emisión de rayos- γ de un único sistema binario de gran masa: Eta Carinae (Fig. 2). No obstante, con la obtención de nuevos datos y la construcción de nuevos instrumentos que operan a altas energías es muy probable que pronto se sumen nuevos sistemas a la familia de binarias con colisión de vientos estelares detectadas en rayos- γ .

Por último, hay otro aspecto que es interesante señalar. En la Tierra constantemente detectamos partículas muy energéticas que ingresan a la atmósfera desde el espacio exterior, denominadas *rayos cósmicos*⁵. Dado que en las regiones de colisión de vientos estelares se aceleran partículas hasta velocidades relativistas, es factible que estos objetos contribuyan al espectro de rayos cósmicos observado en tierra, por lo que entender mejor estas fuentes puede llevarnos a un mejor entendimiento de los progenitores galácticos de rayos cósmicos.

<https://www.youtube.com/watch?v=uAwmiWdmzqE> Fig. 1: Animación de la evolución de una colisión de vientos estelares. En la misma puede apreciarse la presencia de turbulencia en el fluido.



Fig. 2: Imagen de la binaria con colisión de vientos estelares Eta Carinae. Créditos: NASA.

Sobre el autor:

Santiago del Palacio se licenció en el mes de marzo del año 2014 en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata (FCAGLP) con el trabajo de tesis "Interacciones de partículas relativistas en vientos estelares", siendo su director el Dr. Valentí Bosch-Ramon y su codirector el Dr. Gustavo Romero.

Actualmente está preparando su trabajo de tesis de Doctorado sobre "Astrofísica de altas energías - Radiación gamma de sistemas binarios con estrellas de gran masa" bajo la dirección del Dr. Valentí Bosch-Ramon de la Universidad de Barcelona y co-dirección del Dr. Gustavo E. Romero de nuestro Instituto.

¹ La luz puede pensarse como compuesta por pequeños paquetitos de energía llamados “fotones”. Este modelo es muy útil a veces, pero en algunos casos es más conveniente modelar a la luz como ondas electromagnéticas caracterizadas por su frecuencia. Ambas representaciones son válidas y se pueden utilizar indistintamente si se tiene en cuenta que la energía (E) de un fotón es proporcional a su frecuencia (ν), es decir, $E = h \nu$, donde h es la constante de Planck.

² A los lectores no familiarizados con lo que es el medio interestelar se les recomienda consultar: <http://www.iar.unlp.edu.ar/divulgacion/art-difu-27.htm>

³ Para más información sobre el espectro electromagnético y/o radiación no térmica, consultar: <http://www.iar.unlp.edu.ar/divulgacion/art-difu-21.htm>

⁴ Un artículo detallado sobre estrellas de gran masa y sus regiones de colisión de vientos estelares, desde un enfoque observacional, puede consultarse en: <http://www.iar.unlp.edu.ar/divulgacion/art-difu-02.htm>

⁵ Más detalles sobre rayos cósmicos pueden verse en: <http://www.iar.unlp.edu.ar/divulgacion/art-difu-32.htm>