

— ASTRONOMÍA


# Más que un mero eclipse

Un colapso de vientos estelares  
prolonga el cíclico apagón de la  
estrella Eta Carinae

Marcos Pivetta

PUBLICADO EN ENERO DE 2012

La estrella Eta  
Carinae (en el  
recuadro punteado)  
se encuentra a 7.500  
años luz de la Tierra,  
en la nebulosa de  
Carina



La naturaleza de la tremenda y periódica pérdida de luminosidad de la enigmática estrella gigante Eta Carinae, que cada cinco años y medio deja de brillar durante aproximadamente 90 días consecutivos en ciertos rangos del espectro electromagnético, en particular en los rayos X, puede finalmente haber sido dilucidada por un equipo internacional de astrofísicos comandado por brasileños. El investigador Augusto Daminieli y el posdoctor Mairan Teodoro, ambos de la Universidad de São Paulo (USP), analizaron los datos registrados por cinco telescopios terrestres ubicados en Sudamérica durante el último apagón del astro, ocurrido entre enero y marzo de 2009, y hallaron evidencias de que ese evento literalmente oscuro esconde, a decir verdad, dos fenómenos distintos aunque interrelacionados, y no solamente uno, tal como creían muchos astrofísicos.

En primer lugar, ocurre una especie de eclipse de las emisiones de rayos X de ese sistema que, en rigor, es binario, esto es, compuesto por dos estrellas muy grandes: la principal y mayor, Eta Carinae A, con alrededor de 90 masas solares, y la secundaria, de un tamaño dos tercios menor y diez veces menos brillante, denominada Eta Carinae B. El bloqueo de la emisión es causado por el paso de la estrella mayor por delante del campo de visión de un observador situado en la Tierra. Este fenómeno, razonablemente conocido y estudiado, se extiende durante un lapso cercano a un mes, nada más. Pero, entonces, ¿cómo se explican los otros 60 días de apagón? La respuesta, según Daminieli y Teodoro, reside en la existencia de un segundo mecanismo que prolonga la pérdida de brillo en rayos X del sistema Eta Carinae.

Ni bien finaliza el eclipse, ambas estrellas se acercan al periastró, el punto más próximo entre sus órbitas, de unos 230 millones de kilómetros. Los vientos estelares de la Eta Carinae mayor, un haz de partículas que escapa permanentemente de su superficie, pasan a dominar el sistema binario, atrapan los vientos estelares de la estrella menor y los empujan de regreso contra la super-

ficie de Eta Carinae B. En ese momento, ocurre lo que los astrofísicos denominan colapso de la zona de colisión de los vientos de ambas estrellas, que hasta entonces se encontraba en equilibrio.

En términos de emisión de luz, las consecuencias del colapso de los vientos son dos, una propuesta teórica hasta ahora nunca observada de hecho: prolongar la duración, a veces durante más de dos meses, de la pérdida de brillo en el rango de los rayos X y –ésta es la gran novedad– propiciar una emisión en el espectro del ultravioleta. Es decir, mientras ocurre un apagón de rayos X, aparece simultáneamente un relumbre en el ultravioleta, que hasta ahora no había sido reportado. “Ambos fenómenos se entremezclan y crean un cuadro complejo”, explica Daminieli, quien desde hace más de dos décadas estudia la Eta Carinae. “Si sucediesen por separado, sería más fácil divisarlos”.

El nuevo trabajo de los brasileños suministra una explicación más detallada de la dinámica de los mecanismos involucrados en la cíclica y temporal reducción de luminosidad de la Eta Carinae, la estrella más estudiada de la Vía Láctea después del Sol y una de las mayores y más luminosas que se conocen. En forma esquemática, el primer mes de los habituales 90 días de apagón de rayos X podría atribuirse al eclipse y los dos meses siguientes, al mecanismo de colapso de los vientos estelares. Las evidencias apuntan en ese sentido, pero los hechos no resultan ser tan simples.

Si bien el apagón tiene fecha de inicio, parece que no siempre la tiene de finalización. El último ocurrido, por ejemplo, comenzó el 11 de enero de 2009, tal como estaba previsto, pero duró solamente 60 días, un mes menos que lo esperado. “No ocurren necesariamente dos apagones iguales”, afirma Teodoro. “El eclipse parece extenderse por alrededor de 30 días, pero el proceso de colapso de los vientos estelares presenta una duración variable”. Aparentemente, ese segundo fenómeno puede extenderse entre 30 y 60 días.

Este intrincado escenario fue descrito en detalle en un artículo aceptado para publicación en el *Astrophysical Journal* (*ApJ*). Aparte de Daminieli y Teodoro, que son los principales autores

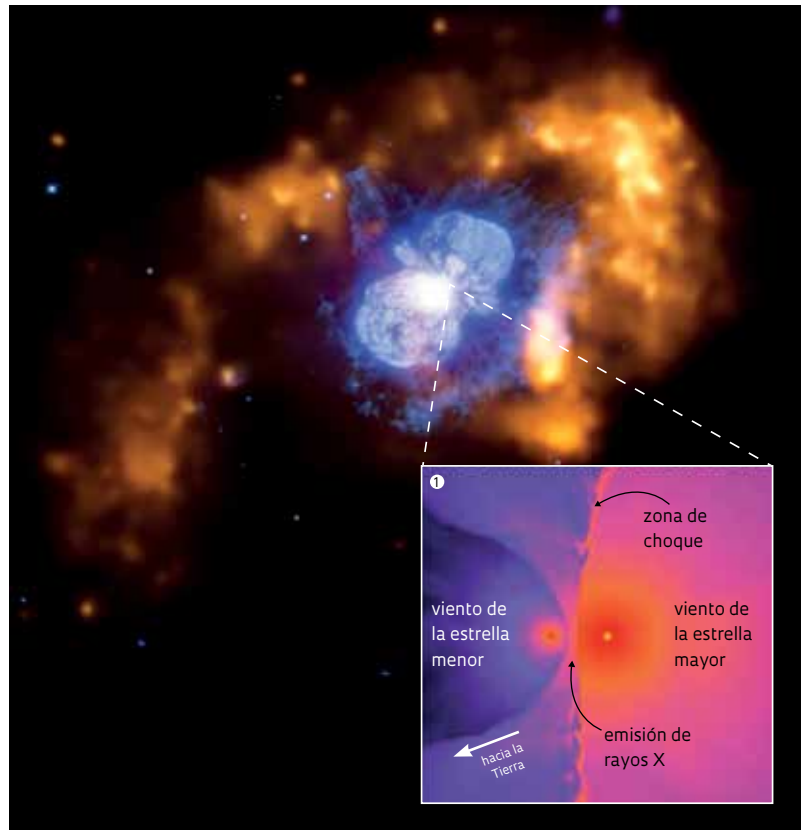
del estudio, el trabajo está firmado por otros 24 investigadores de Brasil, América del Sur, Europa, Estados Unidos y Australia. Los datos obtenidos en el Observatorio Austral de Investigación Astrofísica (Soar), situado en Cerro Pachón, en los Andes chilenos –una iniciativa que tiene a Brasil como socio y uno de los más potentes telescopios utilizados en el estudio–, fueron fundamentales para registrar indicios de los fenómenos involucrados en el apagón de la Eta Carinae. Damineli coordina un proyecto temático de la FAPESP que permitirá la instalación en el Soar de un espectrografo de alta resolución, el Steles.

### MORIBUNDA, EXPLOSIVA Y CASADA

Eta Carinae, uno de los cuerpos celestes más fascinantes de la Vía Láctea, se encuentra situada a 7.500 años luz de la Tierra, en la constelación austral de Carina, a la derecha de la Cruz del Sur. En las clasificaciones de los astrofísicos aparece como una estrella supergigante de la rarísima clase de las variables luminosas azules que actualmente cuenta con unas pocas decenas de miembros, aunque debe haber sido común en los comienzos del Universo. Se trata de un objeto colosal y lejano, no visible a simple vista, aunque un observador entrenado puede localizarlo en las noches de otoño e invierno mediante unos buenos binoculares. El diámetro de la estrella principal del sistema es igual a la distancia que separa a la Tierra del Sol. Su luminosidad resulta incluso más impresionante, aproximadamente 5 millones de veces mayor que la del Sol. Cuando sufre su cíclico apagón cada cinco años y medio, deja de emitir, en los rangos de los rayos X, ultravioleta y de radio, una energía equivalente a la de 20 mil soles.

Eta Carinae se torna una estrella todavía más singular por reunir otras virtudes poco comunes. Con tan sólo 2,5 millones de años existencia, alrededor de 1.800 veces más joven que el Sol, ya es un astro moribundo y potencialmente explosivo. Literalmente volará por el aire bajo la forma de una hipernova en cualquier momento entre ahora y algunos miles de años. “Su muerte producirá una explosión de rayos gama, el evento más energético que ocurre en el Universo”, afirma Damineli. Hace sólo 170 años, la megaestrella aparentemente ingresó en una fase terminal y turbulenta, en el apogeo de su decadencia. Desde entonces, tal como ocurrió en los años 1840 y en menor escala en la década de 1890, sufre grandes erupciones en las que pierde materia en el orden de decenas de masas solares y aumenta temporalmente su brillo. En 1843, se tornó visible a simple vista durante el día por un lapso de varios meses y casi tan luminosa como Sirio, la estrella más brillante del cielo nocturno, que se encuentra muy cerca de la Tierra, a una distancia máxima de 30 años luz.

En aquella época, también como consecuencia de la erupción, la megaestrella generó un rasgo



CRÉDITO: RAYOS X: LA PARTE AMARILLA DE LA IMAGEN; NASA / CXO / GSFC / M. CORCORAN ET AL.; ÓPTICO (EN AZUL) NASA / STSC

**90 SOLES**  
se necesitan  
para igualar la  
masa de Eta  
Carinae

**3 MESES**  
es la duración  
máxima de la  
reducción de  
brillo de la  
estrella

que dificulta aún más su observación: una densa nube de gas y polvo, conformada por dos lóbulos y denominada Homúnculo, pasó a envolverla. “La Eta Carinae es un objeto particularmente difícil de estudiar”, comenta el astrofísico Ross Parkin, de la Universidad Nacional de Australia, experto en la creación de modelos computacionales que intentan reproducir la interacción de los vientos estelares de sistemas binarios y coautor del artículo (una de sus simulaciones fue utilizada en el trabajo de los brasileños). “Resulta complicado observarla, ya que se encuentra inmersa en esa envoltura masiva de polvo”.

El nombre de Damineli está conectado con la historia de ese misterioso objeto estelar. En contra de la opinión de muchos, tuvo la primacía de defender, hace casi 20 años, la idea de que la Eta Carinae era un sistema con dos estrellas, en lugar de sólo una, y que esa pareja de astros luminosos sufría un apagón periódico. “Eta Carinae no sólo era gorda, sino también casada”, dice el profesor del Instituto de Astronomía, Geofísica y Ciencias Atmosféricas (IAG) de la USP, con su talento para acuñar frases tan graciosas como informativas. “Otorgo todo el crédito por esos descubrimientos a Damineli, quien fue el primero en percibirlos”, dice el veterano investigador Theodore Gull, del Goddard Space Flight Center, de la Nasa.

Los brasileños detectaron el inesperado destello ultravioleta en medio del apagón de rayos X de 2009 en forma indirecta, mediante el registro

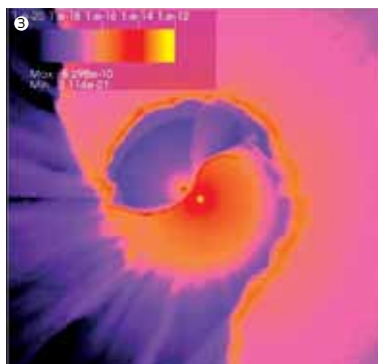
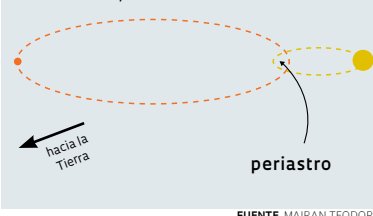
# La dinámica del apagón

La Eta Carinae es un sistema conformado por dos estrellas dentro de una nube de gas y polvo (a la izquierda). La zona de choque de los vientos estelares produce emisiones de rayos X (fig. 1). Cada 5,5 años, cuando las estrellas alcanzan el punto más cercano entre sus órbitas (periastro), las emisiones dejan de

ser visibles (fig. 2). La estrella mayor pasa por el campo visual de la Tierra y provoca un eclipse. La proximidad provoca que el viento de Eta Carinae A absorba y empuje de regreso al de la estrella menor (fig. 3). El fenómeno prolonga el apagón de rayos X y origina una emisión ultravioleta.

## La órbita de las estrellas compañeras

La mayor, Eta Carinae A, es de 90 masas solares y la menor, Eta Carinae B, 30.



IMÁGENES: 1, 2 Y 3. ROSS PARKIN

de una pequeña emisión en una línea espectral de helio ionizado, la He II 4686 Å. La medición de valores positivos para esa línea constituye una especie de firma espectral de la existencia de una fuente de rayos ultravioleta en el lugar observado. “La señal de helio ionizado que observamos durante el apagón de 2009 es solamente un 20% mayor que el límite pasible de medirse con los telescopios”, dice Daminieli. “Pero equivale al brillo de 10 mil soles en el extremo ultravioleta”. La captación de la señal también se vio facilitada por el cerco a la Eta Carinae que Teodoro coordinó hace dos años, cuando cinco telescopios observaron a la estrella en distintos momentos. Todo esto explica por qué en los tres apagones previos que también fueron estudiados por la comunidad científica (1992, 1997 y 2003) no se reportaron emisiones en esa línea espectral.

Como también ocurre un relumbre ultravioleta durante el apagón de rayos X, la mejor explicación para que ello ocurra reside en el efecto de los vientos estelares de la Eta Carinae sobre su hermana menor. “Creo que hay muy firmes evidencias de que ello ocurre durante un pequeño período de tiempo, durante el periastro”, afirma el astrofísico americano Michael Corcoran, del Goddard Space Flight Center, uno de los coautores del trabajo con los brasileños. Su colega Nathan Smith, de la Universidad de Arizona, otro estudioso de la estrella, tiene una opinión similar. “Los autores del estudio realizaron un trabajo muy cuidadoso

y midieron la línea de emisión del helio ionizado de una manera consistente”, expresa Smith, quien no participa en el artículo en la *ApJ*. “Su análisis incluso parece apoyar la conclusión de que la zona de colisión de los vientos incide temporalmente sobre la estrella secundaria”.

La comprensión de las interacciones entre los vientos estelares de ambas Eta Carinae, la mayor y la menor, parece ser fundamental para dilucidar los fenómenos involucrados en el apagón. Se trata de un juego de empujones desigual, emprendido por dos contendientes muy distintos. El viento estelar, también presente en el Sol, es un mecanismo de pérdida de materia bajo la forma de un chorro de partículas generalmente cargadas eléctricamente, tales como protones y electrones liberados por un gas ionizado. Mediante ese mecanismo, la gran Eta Carinae deja escapar en un sólo día una cantidad de masa equivalente a la de la Tierra. Su viento es bastante denso y viaja por el espacio a 600 kilómetros por segundo. “Es cinco veces más lento que el viento de la estrella secundaria, que presenta un carácter más enrarecido”, explica Teodoro.

Durante la mayor parte del tiempo, los vientos de ambas Eta Carinae están en equilibrio. Se encuentran en un punto situado entre las dos estrellas y esa colisión produce ondas de choque que determinan la emisión de rayos X. Son esas emisiones las que dejan de ser captadas en la Tierra durante el apagón de la estrella. Cuando ambas estrellas se acercan demasiado, el juego de fuerzas se inclina claramente hacia el astro mayor. El viento de la estrella principal, que funciona como una pared en relación con el haz de partículas de la estrella menor, hace retroceder al viento de la Eta Carinae B. De eso se trata el colapso de la región de choque de los vientos estelares, el fenómeno que induce una fugaz emisión ultravioleta en medio del apagón de rayos X.

Según datos aportados por la astrofísica alemana Andrea Mehner, del Observatorio Europeo del Sur (ESO) en Chile, el viento de la estrella se tornó más disperso en los últimos 10 años, y su densidad disminuyó en un tercio. Sin embargo, las observaciones de Daminieli no corroboran esa interpretación. En su opinión, la densidad del viento de la Eta Carinae principal no varió demasiado durante la última década. Una buena posibilidad de recabar mayor información sobre el polémico tema surgirá en el transcurso del próximo apagón de la estrella, que se espera que comience en julio de 2014, cuando varios telescopios volverán a apuntar sus espejos hacia el gigantesco astro. ■

## EL PROYECTO

Steles: espectrógrafo de alta resolución para el Soar, nº 2007/02933-3

**MODALIDAD**  
Proyecto Temático

**COORDINADOR**  
Augusto Daminieli – IAG / USP

**INVERSIÓN**  
R\$ 1.373.456,33 (FAPESP)

## Artículo científico

TEODORO, M. et al. He II 4686 in Eta Carinae: collapse of the wind-wind collision region during periastro passage. *The Astrophysical Journal*. En prensa.