

Andalucía, miércoles 21 de febrero de 2024

Observan por primera vez la formación de ‘tierras raras’ tras la fusión de dos estrellas de neutrones

- Un estudio con participación del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) muestra una kilonova como fuente de elementos pesados, incluyendo las preciadas ‘tierras raras’
- El trabajo, publicado en ‘Nature’, destaca este tipo de fenómenos explosivos y extremadamente energéticos como el entorno idóneo para la formación de metales más pesados que el hierro y la plata



Concepción artística de una kilonova asociada con un estallido de rayos gamma. / Clara & Sofía López Martín (Freepik) y Alberto J. Castro-Tirado (IAA-CSIC/UMA)

Las kilonovas son eventos astronómicos extraordinariamente energéticos y explosivos que resultan de la fusión de dos estrellas de neutrones, o de una estrella de neutrones bien con un agujero negro o bien con una estrella enana blanca (el *cadáver* de una estrella similar al Sol). Estos raros fenómenos se caracterizan por la emisión de una intensa y breve ráfaga de rayos gamma (GRB), habitualmente con una duración de menos de dos segundos. Un estudio recientemente publicado en la revista *Nature*, que ha contado con

la colaboración del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), ha confirmado el papel fundamental de las kilonovas en la producción de elementos pesados en el universo, especialmente los conocidos como ‘tierras raras’ (lantánidos).

Es conocido que las estrellas actúan como *fábricas* de elementos químicos a partir del hidrógeno y del helio. Sin embargo, la nucleosíntesis estelar solo puede explicar la formación de elementos de la tabla periódica menos pesados que el hierro. Es en fenómenos explosivos y extremadamente energéticos, como las supernovas o kilonovas, donde se generan las condiciones necesarias para la creación de buena parte de los elementos más pesados de la tabla periódica.

Yuhan Yang, investigador postdoctoral en el Departamento de Física de la Universidad de Roma Tor Vergata, y **Eleonora Troja**, profesora asociada a dicha universidad, encabezan este nuevo estudio que analiza la evolución temporal de las kilonovas y su implicación en la producción de elementos pesados.

“En los primeros días, la evolución de una kilonova se caracteriza esencialmente por la desintegración radiactiva de los elementos más pesados que el hierro, y que han sido sintetizados durante la fusión de los dos objetos compactos que han originado el fenómeno”, explica Yuhan Yang, primer autor del trabajo. “Durante las semanas y meses posteriores, lo esperable es que el comportamiento de la kilonova difiera según la composición tanto del material liberado como del remanente que queda tras la explosión”, añade el investigador.

Sin embargo, salvo excepciones, no es habitual que se pueda observar la evolución de una kilonova más allá de unos pocos días. “Se necesitan semanas y meses para revelar qué metales se forjan en la explosión y hasta la fecha nunca tuvimos la oportunidad de contemplar una kilonova durante tanto tiempo”, declara la profesora Eleonora Troja, segunda autora del trabajo.

Una kilonova rica en ‘tierras raras’

La kilonova objeto de estudio de la investigación está relacionada con una ráfaga de rayos gamma observada el pasado 7 de marzo de 2023 (GRB 230307A), probablemente originada por el colapso de dos estrellas de neutrones situadas en una lejana galaxia a una distancia de unos 950 millones de años luz de la Tierra.

Gracias a diversos observatorios y telescopios de gran sensibilidad, tales como el Telescopio Espacial Hubble o el Telescopio Espacial James Webb, entre otros, los autores han podido realizar un exhaustivo seguimiento del evento en diferentes longitudes de onda. Esto les ha permitido caracterizar la evolución de la kilonova incluso hasta dos meses después de la explosión. “Esta es la primera vez que hemos podido comprobar que metales más pesados que el hierro y la plata estaban recién fabricados frente a nosotros”, afirma Troja.

El análisis detallado de estas observaciones apunta a la producción de elementos pesados en el material expulsado tras la fusión. Destaca especialmente la presencia de lantánidos, más conocidos como ‘tierras raras’, elementos químicos fundamentales en buena parte de nuestra tecnología actual. “La emisión observada en el infrarrojo medio procedente de

GRB 230307A confirma la formación de elementos más pesados que el hierro mediante un rápido proceso de captura de neutrones, el llamado proceso r”, explica **Alberto J. Castro-Tirado**, investigador del IAA-CSIC y responsable de la Unidad Asociada en la Universidad de Málaga, también coautor del artículo, junto a los investigadores **Ignacio Pérez-García** y **Youdong Hu**, ambos del IAA-CSIC. El equipo ha sido corresponsable de los datos ópticos aportados al estudio adquiridos mediante el telescopio SOAR, de 4,1 metros de diámetro situado en Chile. “Este estudio confirma sin género de dudas el papel fundamental que juegan las kilonovas en la creación de elementos pesados en el universo”, concluye Castro-Tirado.

Yu-Han Yang, Eleonora Troja, Brendan O’ Connor, Alberto J. Castro-Tirado et al. **A lanthanide-rich kilonova in the aftermath of a long gamma-ray burst**. *Nature*. DOI: doi.org/10.1038/s41586-023-06979-5

IAA-CSIC Comunicación

comunicacion@csic.es