ESTUDIANDO EL UNIVERSO MÁS EXPLOSIVO A TRAVÉS DE LOS TRANSITORIOS ASTROFÍSICOS

Nadia Blagorodnova

¿Parpadea el universo? Si interpretamos las explosiones cósmicas como sus parpadeos, la respuesta es afirmativa: continuamente se producen fenómenos transitorios en algún lugar del cosmos. Cada segundo explota una supernova en el universo observable. Hoy podemos detectar y estudiar muchos de estos acontecimientos gracias a los avances de los instrumentos y a los programas sistemáticos de exploración del cielo.

La astronomía en el dominio del tiempo estudia objetos y fenómenos cuya luminosidad cambia en escalas que pueden ir de segundos a meses o años. Las antiguas placas fotográficas han dado paso a detectores CCD y CMOS y a grandes sondeos. El Observatorio Vera C. Rubin, por ejemplo, permitirá registrar una cantidad extraordinaria de alertas nocturnas. Estas observaciones nos recuerdan que el universo no es estático: también experimenta cambios que podemos seguir durante una vida humana.

Para entender la evolución del universo necesitamos comprender el ciclo vital de las estrellas: cómo nacen, cómo viven, cómo interaccionan y cómo mueren. El estudio de una explosión estelar se parece a una investigación forense. Examinamos la radiación emitida en diferentes bandas —óptico, infrarrojo, rayos X, rayos gamma— y, cuando es posible, otras señales como las ondas gravitacionales. Investigamos el entorno galáctico, buscamos imágenes anteriores al estallido y estudiamos qué elementos químicos ha devuelto el fenómeno al medio interestelar.

También nos interesa lo que ocurre cuando dos estrellas conviven e interaccionan. Una transferencia intensa de materia puede terminar en la fusión de ambas y en el nacimiento de un objeto distinto. Son acontecimientos que permiten reconstruir no solo la muerte de una estrella, sino la historia completa de un sistema binario.

Un mapa de los fenómenos transitorios

Una manera de ordenar los fenómenos transitorios consiste en representar su luminosidad absoluta frente a la duración del evento. En el diagrama aparecen las novas, las fusiones estelares, las supernovas termonucleares y las supernovas de colapso gravitatorio, entre otros fenómenos. No todos tienen el mismo origen ni liberan la misma energía: algunos corresponden a erupciones superficiales y otros a la destrucción completa de una estrella.

Esta diversidad es importante porque el brillo de un evento, por sí solo, no basta para determinar qué ha ocurrido. Necesitamos curvas de luz, espectros y observaciones a diferentes longitudes de onda para distinguir las distintas familias.

Las novas: explosiones que no destruyen la estrella

Una estrella de masa relativamente baja termina su evolución dejando una enana blanca, un núcleo compacto que ya no sostiene reacciones de fusión en su interior. Si forma parte de un sistema binario cercano, puede atraer gas de su compañera. Cuando se acumula suficiente

hidrógeno en su superficie, se desencadena una reacción termonuclear rápida que produce una nova.

En este caso la enana blanca sobrevive, al igual que su compañera. Por ello el proceso puede repetirse. Una parte del material es expulsada y forma estructuras gaseosas alrededor del sistema; los choques entre distintas eyecciones pueden producir radiación muy energética, incluso rayos gamma. En galaxias como Andrómeda se observan numerosas novas cada año.

Un caso especialmente esperado es T Coronae Borealis, una nova recurrente en la que una enana blanca recibe materia de una gigante roja. Sus erupciones pueden hacer que el sistema alcance un brillo visible a simple vista. Las previsiones de actividad motivan campañas de vigilancia, aunque la fecha exacta de una erupción no puede asegurarse.

Supernovas termonucleares y el origen del hierro

Las enanas blancas también pueden protagonizar acontecimientos mucho más destructivos. En determinados sistemas binarios, la acreción de materia o la interacción y posible fusión de dos enanas blancas puede desencadenar una explosión termonuclear de tipo Ia. En la explicación clásica interviene el límite de Chandrasekhar, relacionado con la masa máxima que puede sostenerse mediante la presión de degeneración electrónica, aunque los mecanismos reales de explosión pueden ser diversos.

Estas supernovas alcanzan luminosidades enormes y tienen dos consecuencias científicas fundamentales. Por una parte, sus curvas de luz pueden estandarizarse para estimar distancias extragalácticas. Así se convirtieron en una herramienta decisiva para estudiar la expansión cósmica. Por otra, producen y dispersan grandes cantidades de elementos del grupo del hierro, que acabarán incorporándose a nuevas generaciones de estrellas y planetas.

La detección de una supernova cercana no exige siempre un gran telescopio profesional. La conferencia recordó el descubrimiento de una supernova de tipo Ia durante unas prácticas universitarias con un telescopio relativamente modesto, una muestra de cómo una observación inesperada puede tener gran repercusión científica.

Supernovas por colapso del núcleo

Las estrellas masivas, con masas iniciales superiores aproximadamente a ocho veces la del Sol, pueden avanzar por sucesivas etapas de fusión nuclear hasta formar un núcleo rico en hierro. La fusión del hierro no proporciona energía para sostener la estrella, de modo que el núcleo acaba colapsando. En este proceso intervienen fenómenos extremos, incluida la emisión de neutrinos, que desempeñan un papel esencial en los mecanismos que impulsan la explosión de las capas exteriores.

El remanente compacto puede ser una estrella de neutrones o un agujero negro. Los espectros de estas supernovas revelan si conservaban sus envolturas de hidrógeno y helio antes de explotar. Las que muestran hidrógeno se clasifican como tipo II; otras, que han perdido capas externas por vientos o por la interacción con una compañera, pertenecen a diferentes subtipos de supernovas despojadas de su envoltura. Algunos colapsos se asocian a estallidos de rayos gamma.

Los astrónomos aficionados han desempeñado un papel destacado en el descubrimiento de supernovas próximas. Se mencionó especialmente a Koichi Itagaki, cuyas numerosas detecciones han permitido iniciar campañas profesionales de seguimiento de acontecimientos muy valiosos.

Las fusiones estelares y la envoltura común

Las interacciones entre estrellas binarias constituyen una de las líneas centrales de nuestra investigación. Cuando una estrella evoluciona y aumenta su radio, puede transferir gas a su compañera. Si el intercambio de materia se vuelve inestable, la estrella secundaria puede acabar inmersa en la envoltura gaseosa de la principal. Comienza entonces una fase de envoltura común.

Durante esta etapa, las estrellas pierden energía orbital y se acercan. Si la envoltura es expulsada, puede quedar un sistema binario muy compacto, un paso importante en la formación de ciertos objetos estelares cercanos entre sí. Si la envoltura no se expulsa por completo, las dos estrellas pueden fusionarse y producir un estallido luminoso.

Las simulaciones hidrodinámicas permiten visualizar cómo una estrella pequeña penetra en la envoltura de una gigante y cómo el gas es expulsado mientras la separación orbital disminuye. Entre los ejemplos observacionales destacan las novas rojas luminosas, fenómenos que pueden dejar ecos de luz y remanentes fríos y rojizos. Se comentó también un acontecimiento descubierto en Andrómeda en 2025, cuyo seguimiento movilizó telescopios profesionales, incluido el James Webb.

Estos casos ilustran la importancia de detectar el evento pronto y de reunir datos antes, durante y después del estallido. Solo así podemos determinar las propiedades de los progenitores y comprender el resultado de la interacción.

Eventos de disrupción por mareas: estrellas destruidas por agujeros negros

Otra familia de fenómenos transitorios aparece cuando una estrella pasa demasiado cerca de un agujero negro supermasivo. Las fuerzas de marea pueden deformarla hasta desgarrarla: es lo que denominamos un evento de disrupción por mareas, o tidal disruption event.

Parte del gas estelar puede escapar y otra parte quedar ligada gravitatoriamente, alimentando un flujo de acreción alrededor del agujero negro. El proceso produce una emisión transitoria intensa y, en ciertos casos, estructuras de salida de material. Estos eventos permiten estudiar la física de la acreción y los entornos extremos de los núcleos galácticos.

Cómo pueden contribuir los astrónomos aficionados

El crecimiento de los sondeos astronómicos hace que se descubran muchos más objetos de los que los grandes observatorios pueden seguir de forma continuada. Aquí es donde la colaboración entre profesionales y aficionados adquiere un valor extraordinario. Hay dos grandes formas de contribuir: descubrir nuevas fuentes transitorias y obtener observaciones de seguimiento, especialmente fotometría y espectros.

Los descubrimientos pueden comunicarse al Transient Name Server (TNS), que centraliza las notificaciones y ayuda a evitar duplicaciones. También existen herramientas que permiten filtrar las alertas por brillo, distancia o tipo de fenómeno. En nuestro grupo hemos desarrollado un catálogo que cruza los nuevos eventos con distancias de galaxias para facilitar la selección de objetivos.

Para alertas de distinta naturaleza existe Astro-COLIBRI, que reúne información de fenómenos de altas energías, ondas gravitacionales y neutrinos. Otros servicios, conocidos como brokers, agregan curvas de luz, imágenes de descubrimiento, posibles clasificaciones y datos de archivo. Estas herramientas ayudan a decidir qué objeto merece un seguimiento inmediato.

Una red internacional de telescopios pequeños puede proporcionar una cobertura temporal que un observatorio aislado difícilmente alcanzaría. Se presentó una colaboración surgida alrededor del seguimiento de alertas de Gaia, integrada por unos doscientos telescopios de distintos tamaños y distribuidos por varios continentes. Muchos tienen aperturas inferiores a cincuenta centímetros y algunos se operan remotamente desde emplazamientos astronómicos favorables.

El observador puede enviar sus archivos FITS a una plataforma que realiza la reducción y la fotometría y reúne las medidas en una curva de luz colectiva. Se mencionó el portal BHTOM, utilizado para organizar este tipo de campañas. Cada punto queda asociado a su contribuidor, lo que facilita tanto la trazabilidad de los datos como el reconocimiento del trabajo individual en publicaciones científicas.

Un ejemplo de esta estrategia es el seguimiento intensivo de un evento de microlente gravitacional: la cadencia inicial de Gaia permitió detectar la anomalía, pero la red de telescopios aportó las observaciones necesarias para reconstruir su evolución con detalle.

Conclusiones

La astronomía en el dominio del tiempo nos permite comprender mejor la vida, la interacción y la muerte de las estrellas. La cantidad de alertas crecerá de forma muy notable con las nuevas instalaciones, pero los descubrimientos solo se convierten en conocimiento cuando pueden estudiarse con suficiente detalle.

La idea principal es la colaboración. Un telescopio aislado puede realizar una detección importante, pero una red coordinada puede construir curvas de luz, obtener espectros, seguir la evolución durante semanas y aportar resultados científicos sólidos. El valor de estas observaciones reside tanto en la calidad de cada medida como en el trabajo conjunto.

Preguntas

¿Cómo podría colaborar el grupo Observadores de Supernovas con estas campañas?

La propuesta es muy bienvenida. Lo esencial es organizar las observaciones para que las imágenes no queden aisladas en los ordenadores de cada participante. A través de una plataforma común pueden convertirse en medidas fotométricas, incorporarse a curvas de luz y conservar el crédito de quienes las obtuvieron. La coordinación también permite decidir qué eventos necesitan más cobertura.

¿La plataforma realiza automáticamente la fotometría de las imágenes enviadas? ¿Son adecuados los filtros Johnson y Sloan?

Sí. Los observadores pueden subir imágenes FITS y el sistema realiza el procesamiento fotométrico en sus servidores. La red está abierta a contribuciones coordinadas y los filtros Sloan son perfectamente adecuados para este tipo de trabajo. El paso decisivo es combinar las medidas y analizarlas para producir resultados publicables.

¿El término «transitorio» se aplica únicamente a novas y supernovas, o también a cuásares y otros objetos variables?

Normalmente llamamos transitorio a un fenómeno que aparece como una fuente nueva en las imágenes o experimenta un aumento de luminosidad que lo hace detectable. Un cuásar que permanece visible y cambia de brillo suele estudiarse como un objeto variable. La frontera depende del fenómeno y del modo en que se detecta, pero no todos los objetos variables se consideran transitorios.