

*Capturando la Esencia del Universo*

# Supernovas: explosiones ultra energéticas y creadores de los elementos químicos más pesados

27 de septiembre de 2019

Diego López Cámara Ramírez  
Instituto de Astronomía, UNAM



Supernova 2011fe localizada en la galaxia M101. Crédito: Axel Springer SE

Una supernova es una explosión tan energética que, aunque se producen sumamente lejos de la Tierra, se logra detectarlas a miles, o miles de millones, de años luz de distancia. En una SN se libera en unos días la misma cantidad de energía que un millón de millones de millones de millones de millones (1030) de bombas atómicas como las que se detonaron en Hiroshima y Nagasaki a fines de la segunda guerra mundial. ¡Una barbaridad!<sup>1</sup> Si lo anterior te llamó la atención, espera a leer que en estos destellos se crean la gran mayoría de los elementos químicos que son más pesados que el

<sup>1</sup> Con ¡Cómo una barbaridad! me refiero tanto a la cantidad exorbitante de energía liberada durante una SN, así como la falta de empatía y sentimiento humanitario al liberar las bombas atómicas.

fierro (los 92 elementos químicos desde el cobalto hasta el plutonio). Sí, el anillo de plata u oro que traes puesto, el kriptón que debilita a Superman, el mercurio del policía malvado de Terminator, y los múltiples discos de platino de Juan Gabriel, ¡se produjeron hace miles de millones de años muy probablemente en una o varias supernovas!

Las supernovas (fenómeno al cual me referiré como SN de ahora en adelante por sus siglas, y como SNs para el plural), se pueden producir básicamente de dos formas: como el resultado final de la evolución de una estrella muy masiva, o bien, como producto final de la evolución de un sistema con dos estrellas (es decir, un sistema binario estelar). A continuación, se explica las generalidades de cada una.

El 4 de julio de 1054 d. C. los chinos observaron la aparición de un punto en el cielo que brillaba más que el resto de las estrellas. Dicho objeto fue nombrado como “estrella huésped” y era tan brillante que fue visible por tres semanas durante el día y, de noche, hasta por dos años. Los chinos no lo sabían, pero acababan de observar una SN. Además de la SN observada en 1054 d. C., se han reportado únicamente un puñado más que han sido visibles a simple vista<sup>2</sup>, llevamos esperando más de 400 años

<sup>2</sup> Los chinos y japoneses (en 185 d.C., 386 d.C., 393 d.C., 1006 d.C.), Tycho Brahe (en 1572 d.C.), y Johannes Kepler (en 1604 d.C.).

para poder presenciar otra SN a simple vista. No te preocupes, que gracias a una serie de satélites y detectores de altas energías (Swift, Fermi, Integral, Chandra, Súper-Kamiokande, Icecube, HAWC, H.E.S.S. y Magic, por ejemplo), se han logrado detectar más de 50 mil SNs.

La mala noticia para las estrellas que se crean con mucha masa (más de diez veces la masa del Sol) es que viven muy poco tiempo comparado con el Sol. La buena noticia es que mueren<sup>3</sup> de forma épica. En la fase final de las estrellas masivas, al ya no haber reacciones nucleares en el centro de ellas, la fuerza de gravedad ya no tiene quien la frene y por ende la estrella no tiene otra opción más que colapsarse. La ex-estrella se colapsa tanto que los elementos químicos del núcleo se convierten primero en un gas sumamente denso y caliente compuesto por electrones y protones (plasma), y luego en un gas compuesto por neutrones (dado que los electrones y protones se fusionaron). Lo importante para producción de los elementos pesados en las SNs radica en el gas de neutrones en el núcleo es sumamente caliente y denso. De este modo, el núcleo es capaz de detener el colapso de la estrella, gracias a lo que se conoce como "presión de degeneración" de los neutrones. Dicha presión no es otra cosa más que el hecho que los neutrones ya no se pueden apretar más entre sí ... yo le llamo "efecto vagón del metro para los neutrones", ¡ya no caben!

Un detalle muy importante es que mediante la fusión nuclear dentro de las estrellas sólo se pueden formar elementos químicos cuyo peso atómico está por debajo del hierro (por ejemplo, carbono, oxígeno, silicio, magnesio, neón, y nitrógeno). Queda abierta la pregunta de ¿dónde y cómo se crea el resto de los elementos químicos de la tabla periódica?

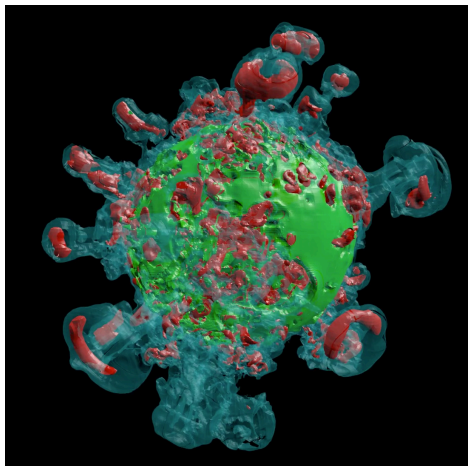


Imagen de una simulación en la que se muestran los elementos generados en las supernovas producidas tras la evolución de estrellas muy masivas. En azul se muestra el helio, verde el carbono, y en rojo el níquel. Crédito: ExaStar project

Además del frenado del colapso de la estrella masiva, la presión de degeneración de los neutrones es capaz de eyectar el material que se encuentra por encima del núcleo. El material sale eyectado tan caliente, que, en unas pocas horas, se libera más de mil veces la energía que el Sol va a emitir durante toda su vida. En este lapso, el material está tan caliente que los átomos del material que conformaba la estrella pueden ahora capturar grandes cantidades de neutrones, con lo cual se producen los elementos más pesados de la tabla periódica (sobre todo de cobalto a rubidio). Si ahora le tienes más cariño a ese anillo de plata que tienes en el dedo no te preocupes, a mi me pasó lo mismo.

Otra forma en la que se pueden producir SNs es a partir de la evolución de un sistema binario estelar en el cual al menos una de las estrellas es medianamente masiva. Si una o las dos estrellas del sistema nacen con masas entre una y diez veces la masa del Sol se puede producir un sistema en el cual una de las dos estrellas al dejar de tener reacciones nucleares en su núcleo presenta la famosa presión de degeneración... pero debido a los electrones (es decir, efecto vagón del metro para los electrones), y no debido a los neutrones. Independientemente si se tiene el efecto metro de los electrones en una o las dos ex-estrellas del sistema, se producen reacciones termonucleares en la superficie de la o las mismas. Dichas reacciones termonucleares hacen que el material por encima del núcleo se consuma de forma violenta y con ella se logra producir una explosión descomunal, esto es, una SN. En este caso, se produce en su mayoría todo el cobalto, níquel, cobre, y zinc que se tiene en todo el universo. ¡Tampoco te asustes si ahora te pones a coleccionar las monedas de cobre de diez centavos!

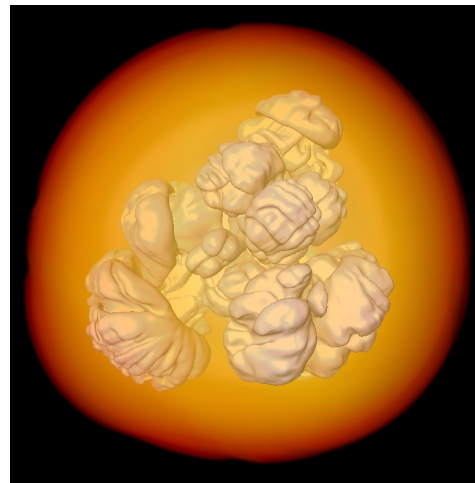


Imagen de una simulación en la que se muestra la creación de los elementos pesados en las supernovas producidas en sistemas binarios. Crédito: Friedrich Röpke y Wolfgang Hillebrandt.

<sup>3</sup> El término "morir" para una estrella es el momento en el cual se dejan de producir reacciones nucleares en su interior.