

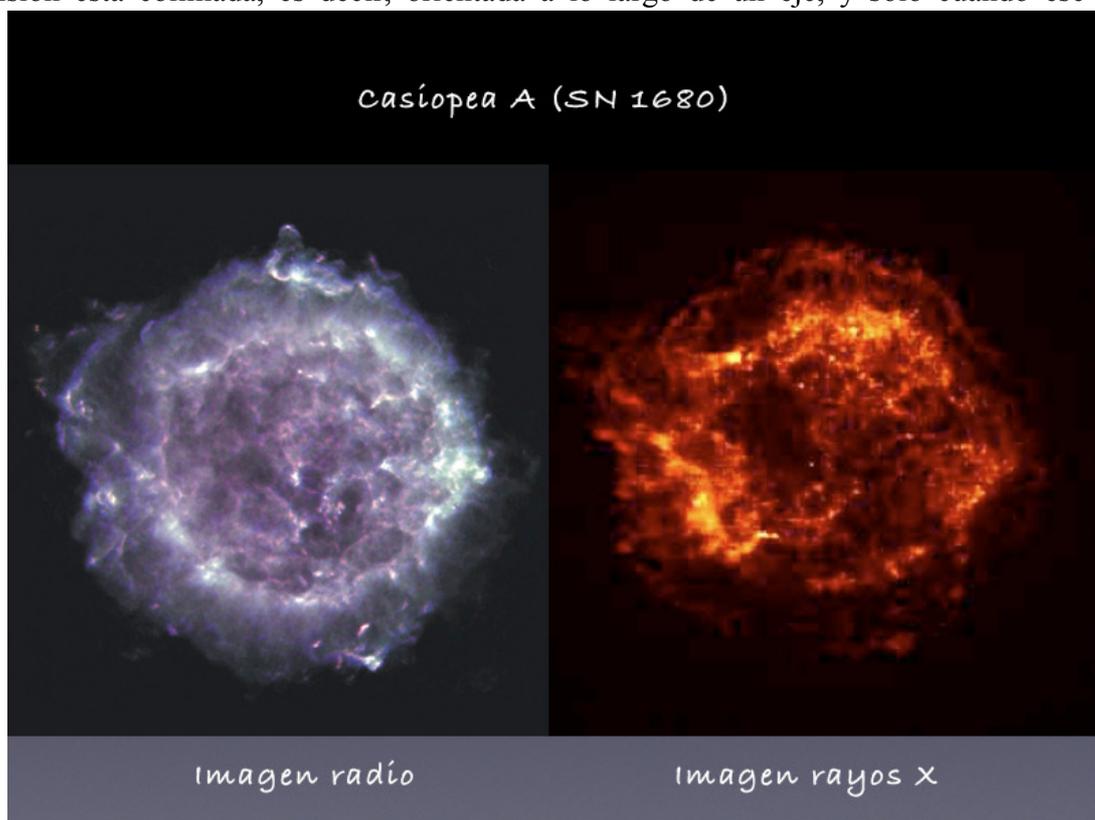
LA MUERTE DE LAS ESTRELLAS: ORIGEN DE NUESTRA VIDA

Miguel Ángel Pérez Torres

Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

El estudio de la evolución estelar ha permitido llegar a la conclusión de que la suerte de las estrellas está definida esencialmente por un único parámetro: la masa con la que comienzan su vida adulta, que los astrofísicos llamamos secuencia principal. Una vez que la estrella se forma por la contracción del material circundante, la temperatura en su interior sube hasta un punto en que las reacciones termonucleares se inician, transformando el hidrógeno en helio. En este punto, la masa que tenga la estrella define el final que le espera. Si tiene menos de 8 masas solares, en las últimas etapas de su vida pasa por una fase de gigante roja, tras lo cual pasa a la llamada fase de nebulosa planetaria. El resultado final es una estrella pequeña y fría, muy inerte. El Sol, dentro de tres o cuatro mil millones de años pasará por una fase de gigante roja, y más tarde de nebulosa planetaria. Durante la fase de gigante roja, el tamaño del sol llegará hasta la órbita de Marte, de modo que la vida en nuestro planeta desaparecerá. Por otra parte, si la masa inicial de una estrella supera las 8 masas solares, la estrella atravesará hacia el final de su vida una fase de supergigante roja, cuyo tamaño llegaría hasta más allá de la actual órbita de Júpiter. Tras esta fase, el propio peso de la estrella haría que ésta colapsase, formándose una supernova, y dejando un cadáver estelar en forma de estrella de neutrones o agujero negro.

Para hacernos una idea de la energía que se libera durante la explosión de una supernova, vamos a compararla con la explosión de una bomba atómica. La energía que libera una supernova es equivalente a la explosión de 10 elevado a 30 bombas de Hiroshima. No es humanamente imaginable una energía así. En un contexto más astrofísico, si comparamos la energía liberada por una supernova con la de nuestro sol, una supernova libera tanta energía en un segundo como el sol durante más de 8000 millones de años, es decir, durante casi toda su vida. Durante la explosión de la estrella que da lugar a lo que conocemos como supernova, se genera una onda de choque similar a la producida durante la explosión de una bomba atómica, y que se desplaza a más de 10000 kilómetros por segundo (36 millones de kilómetros por hora). A medida que pasa el tiempo, estas velocidades disminuyen, pero incluso centenares de años después de la explosión puede ser fácilmente superior a los 1000 kilómetros por segundo. Por ejemplo, en la imagen de esta página se muestra la emisión de la nebulosa del cangrejo. Esta nebulosa es lo que queda de la una supernova que explotó el año 1054 y que astrónomos chinos registraron. Fue tan brillante que se veía incluso a plena luz del día. Observaciones actuales muestran que los filamentos de esta supernova se desplazan a velocidades cercanas a los 2000 kilómetros por segundo. Además, se ha descubierto emisión pulsada con un periodo muy corto, donde a intervalos regulares se ve aumentar y disminuir el brillo. El periodo es tan corto que la única explicación plausible es que sea debida a una estrella de neutrones que rota sobre su eje a una velocidad enorme. Para no disgregarse en pedazos, este objeto debe ser muy pequeño y tan denso que la materia esté esencialmente compuesta de neutrones. Ya en los años treinta el físico ruso Lev Landau predijo la existencia de tales objetos. El origen de esa emisión pulsada es precisamente una estrella de neutrones que gira muy rápidamente. Su emisión está colimada, es decir, orientada a lo largo de un eje, y sólo cuando ese eje está



alineado hacia nosotros, podemos ver esa emisión. Es como la luz de un faro, que gira constantemente y sólo nos permite ver su intensa luz cuando estamos en su línea de visión.

En la película “Contact”, Jodie Foster dice que Casiopea A, un remanente de supernova, emite muchísimo en radio. De hecho, emite tanto que se utiliza como calibrador a longitudes de onda largas, es decir, es la fuente que tomamos como referencia para realizar medidas del brillo de otras fuentes que emiten en radio. Pero Casiopea A también emite muchísimo en rayos X, como podemos apreciar en la imagen superior, que muestra en falsos colores la emisión radio (a la izquierda) y en rayos X (a la derecha) del remanente de supernova Casiopea A, que explotó en torno a 1680. Se encuentra a una distancia de unos 10 mil años luz, y se cree que tiene una edad de unos 350 años,

aunque desgraciadamente no existe documentación escrita alguna de una estrella que explotara hacia 1680. Sin embargo, su no detección no debe extrañarnos, ya que el polvo interestelar debió absorber la mayor parte de la emisión, haciéndola invisible a nuestra vista. El genial físico ruso Shklovskii ya predijo en los años sesenta que la emisión radio de Casiopea A debía mostrar una lenta pero constante disminución, algo que recientemente se ha constatado. Asimismo, predijo la existencia de un agujero negro en el centro de la explosión. Recientemente, el observatorio Chandra de rayos-X ha detectado emisión muy compacta que se cree proviene, bien del entorno del agujero negro, bien de una estrella de neutrones.

Se cree que la tasa de explosión de supernovas en nuestra galaxia es de una cada 50-100 años. Sin embargo, en los últimos cuatrocientos años no se ha visto ninguna. ¿Cómo se explica esta paradójica situación? La imagen que se muestra a continuación sirve para aclarar esta paradoja. La parte superior de la imagen corresponde a una imagen tomada en el óptico, mientras que la inferior corresponde a una tomada a longitudes de onda radio. Fíjense en la banda oscura que va de lado a lado de la imagen superior. Esta banda oscura está producida por enormes cantidades de polvo interestelar, que absorben la mayor parte de la emisión proveniente de las estrellas, impidiendo que podamos ver esa emisión. Sin embargo, si nos fijamos en una imagen tomada a longitudes de onda radio, cuya emisión no se ve afectada por la presencia de polvo interestelar, vemos que hay un gran número de fuentes con aspecto similar al de Casiopea A. Son numerosos remanentes de supernovas, que no vemos en el óptico, pero cuya presencia indica que en los últimos diez mil años han explotado muchas más supernovas de las que hemos visto en el óptico, de modo que obtenemos una tasa aproximada de una supernova cada 50 años.

¿Saben que hemos estado alguna vez dentro de una estrella? Veamos cómo podemos explicarnos esta situación. Como escribía más arriba, una estrella pesada, de más de ocho o diez veces la masa del sol, pasa por una fase de supergigante hacia el final de su vida. El tamaño de la estrella llegaría desde el centro del Sol hasta la órbita de Júpiter. Estas estrellas explotan finalmente como una supernova, dejando como resultado una estrella de neutrones o un agujero negro.

El modelo de una estrella que explota como supernova se asemeja al de una cebolla como la que



Inicialmente, la estrella, de digamos 20 veces la masa del sol, consta esencialmente de hidrógeno. La estrella se encuentra en la secuencia principal, su vida adulta, donde transcurre el 95% de su vida, quemando hidrógeno en helio mediante reacciones termonucleares de fusión, pues la temperatura en el interior de las estrellas es de muchos millones de grados. Este quemado es necesario para evitar que la estrella colapse por su propio peso. De hecho, las estrellas se pasan toda la vida haciendo equilibrios: la gravitación de su propia masa les intenta hacer colapsar, pero la estrella evita este colapso mediante la fuerza que la radiación genera. Por eso queman hidrógeno. El tiempo típico de quemado del hidrógeno en helio para una estrella de 20 masas solares es de 10 millones de años. Una vez que se ha quemado el hidrógeno, la estrella contiene dos capas: una externa, de hidrógeno inerte, que no sirve para quemar, y otra interna de helio. Nuevamente, la temperatura en el centro aumenta, y el gigantesco horno en que se ha convertido la estrella empieza a quemar helio para generar carbono y oxígeno, en un proceso que se dilata por un millón de años. Ahora tenemos ya tres capas: una de hidrógeno inerte, otra de helio, también inerte, y otra de carbono y oxígeno. Y, de nuevo, para evitar su colapso, la estrella se ve obligada a quemar las cenizas generadas en el anterior quemado. El quemado de carbono dura apenas 300 años, y el de oxígeno apenas 200 días, tiempo durante el que genera neón, magnesio, silicio... La estrella conforma así una estructura muy parecida a la de una cebolla, en la que cada capa de la misma está constituida por elementos distintos. El tiempo de quemado de silicio es ya de tan sólo dos días... dos días, cuando la vida de una estrella es de 10 millones de años! En términos relativos, ese tiempo equivale a 4 milésimas de segundo en la vida de una persona. Así de rápido procede esta etapa de quemado.

¿Y cuándo se detiene este proceso de quemado? Cuando la estrella genera hierro en el núcleo. Durante cada uno de los quemados anteriores, a la estrella le salía rentable la fusión de elementos para producir otros nuevos, pues se liberaba energía que permitía contrarrestar la fuerza de gravedad. Sin embargo, para producir elementos más pesados que el hierro, la estrella necesita de un aporte extra de energía. ¡Pero ya no hay aporte de energía posible! Así que la estrella deja de ejercer fuerza de radiación, y no puede evitar colapsar sobre sí misma. El material cercano al núcleo cae sobre él en caída libre y, como es mucho menos pesado que el hierro, sale disparado a gran velocidad cuando choca con el denso núcleo. Se forma una onda de choque que a varias decenas de miles de kilómetros por segundo sale a la superficie de la estrella. Una emisión tan

fuerte en el óptico que hace palidecer a la galaxia donde ha explotado. ¡Se ha producido una supernova!

Como han visto, durante las fases finales de la vida de una estrella masiva se producen ingentes cantidades de materiales necesarios para la vida, como el carbono y el oxígeno, o para hacer ordenadores, como el silicio. Pero también para hacer magníficos platos como la paella valenciana, el gazpacho madrileño, el plato alpujarreño, la leche y, por qué no, un buen Ribera del Duero para brindar. Sin embargo, hemos dejado la historia con el hierro. ¿Qué pasa con los elementos más pesados que el hierro, que no se generaron? ¿Cómo han llegado hasta nosotros? La respuesta está en la onda de choque: las temperaturas que se generan durante la explosión de la supernova son tan grandes que se sintetizan todo tipo de elementos más allá del hierro, muchos de ellos radioactivos, pero otros muchos necesarios para la vida y su diversidad.

Por ello decimos que estamos hechos de polvo de estrellas.