

El universo en mi bolsillo



Supernovas: estrellas que explotan



Robert Mochkovitch

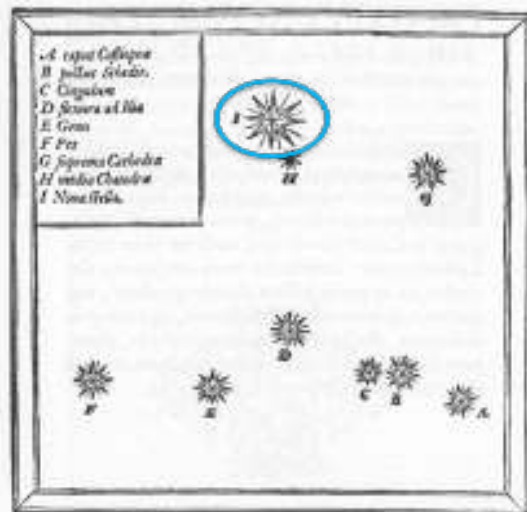
París

Instituto de Astrofísica



Crédito: ESO

El remanente de la supernova de 1054: la nebulosa del Cangrejo. Descubierta por Charles Messier en 1758, es el número 1 en su catálogo de nebulosas y galaxias.



Distantiam vero huius stelle à fixis aliquibus in hac Cassiopeia constellatione, requisito instrumento, et omnium micrometrorum capaci, aliquoties observavi. Inveni autem eam distare ab ea, quae est in pedore, Scholae appellata B, 7. partibus et 55. minutis: à superiori vero

Supernovas históricas

Las supernovas son estrellas que explotan. Cuando una estrella explota como supernova, se vuelve tan brillante que puede volverse visible a simple vista a pesar de su gran distancia. Esto sucedió seis veces durante el último milenio, en 1006, 1054, 1181, 1572, 1604 y 1987.

La supernova de 1054 en la constelación de Tauro ¡fue visible a plena luz del día durante dos años! Hoy podemos usar telescopios para observar los restos de esta explosión, la famosa nebulosa del Cangrejo (ver tuimp 10).

Durante el Renacimiento, en 1572 y 1604, los astrónomos Tycho Brahe y Johannes Kepler descubrieron dos supernovas.

La siguiente supernova visible a simple vista no apareció hasta 1987 (imagen de portada). Explotó en la Gran Nube de Magallanes, una pequeña galaxia satélite de la Vía Láctea, mientras que las primeras cinco ocurrieron en la Vía Láctea.

Tycho Brahe observando la supernova de 1572 y el dibujo que hizo de ella, el cual muestra la posición de la estrella en la constelación de Casiopea (el objeto está rodeado con un círculo azul).



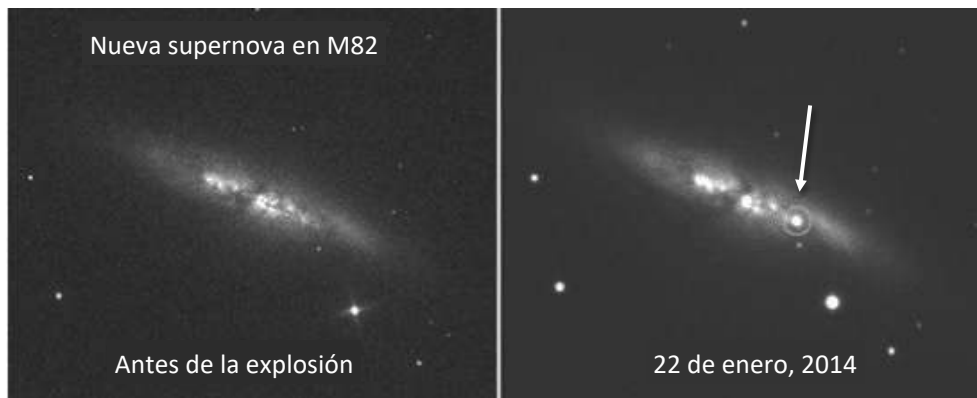
El telescopio Mount Wilson inició su operación en 1917. Fue el telescopio más grande del mundo en su tiempo, con un espejo de 2,5 m de diámetro.



Fritz Zwicky



Walter Baade



Una supernova que apareció en la galaxia M82.

4

Novas y supernovas

En 1885, se observó en la nebulosa de Andrómeda lo que parecía una 'nueva estrella', o '**nova**'. Estaba justo por debajo del límite de visibilidad a simple vista.

A partir de mediados de la década de 1920, quedó cada vez más claro que algunas 'nebulosas' son en realidad galaxias, externas a nuestra Vía Láctea (ver tuimp 15). La **nebulosa** de Andrómeda se convirtió así en la **galaxia** de Andrómeda, ubicada a más de dos millones de años luz de distancia. Como resultado, la luminosidad de la nova de 1885 fue reevaluada y resultó ser ¡casi mil millones de veces la del Sol! Los astrónomos Fritz Zwicky y Walter Baade acuñaron el término '**supernova**' para describir estos objetos extraordinarios. Usando el recién inaugurado telescopio Mount Wilson, encontraron muchas otras supernovas.

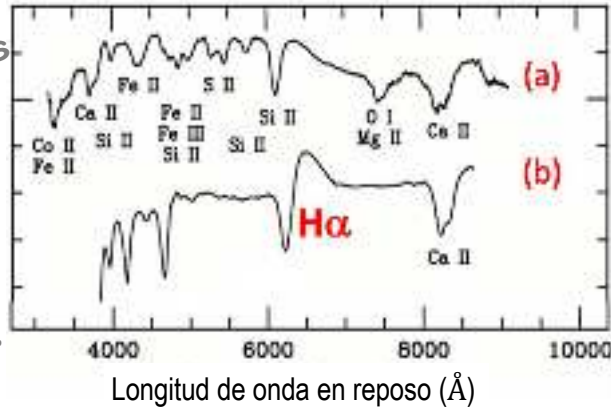
Hoy en día, se descubren varios cientos de supernovas al año, ¡algunas a distancias que superan los mil millones

5

Dos tipos de supernovas

Espectros:

(a) Tipo I: sin líneas de hidrógeno; pero con líneas de silicio, hierro, magnesio y calcio.



(b) Tipo II: con líneas de hidrógeno (en particular la línea $H\alpha$, alrededor de 6500 Å) y líneas de calcio.

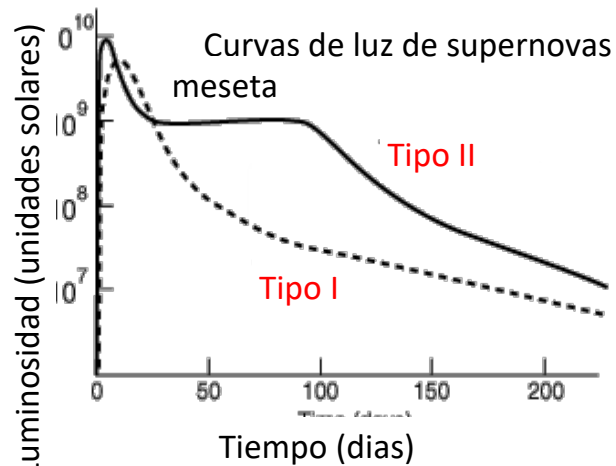
Curvas de luz

(luminosidad en función del tiempo):

Tipo I: muy similares de un evento a otro

lo cual es muy útil para medir distancias en el Universo y estudiar su expansión).

Tipo II: gran diversidad de comportamiento con el tiempo (la meseta no siempre está presente).



Figuras adaptadas de Chaisson y McMillan.

Con **espectroscopia**, podemos distinguir dos tipos principales de supernovas:

- **Supernovas de Tipo I (SN I)**, cuyos espectros no muestran ninguna línea de hidrógeno. Esto es sorprendente porque el hidrógeno es el elemento más abundante en el Universo. Las principales líneas que se observan son de silicio, calcio, oxígeno y hierro.
- **Supernovas de Tipo II (SN II)**, cuyos espectros están dominados por líneas de hidrógeno.

Las **curvas de luz** de los dos tipos también son diferentes:

- Las **SN I** se caracterizan por una gran uniformidad en sus curvas de luz, las cuales son muy similares de un evento a otro.
- Las **SN II** muestran una gran diversidad en sus curvas de luz, aunque a menudo tienen una meseta de brillo después de una caída inicial.



Crédito: Telescopio Robótico Nerpio



B.J. Fulton : Obs. Las Cumbres



Crédito: David Mihalic



Crédito: David Mülheims

Dos supernovas de tipo II en galaxias espirales cercanas: a la izquierda, en la galaxia de los Perros de Caza M51; a la derecha, de nuevo en M101.

En M101, la supernova de tipo I se observó en 2011 y la supernova de tipo II en 2023.

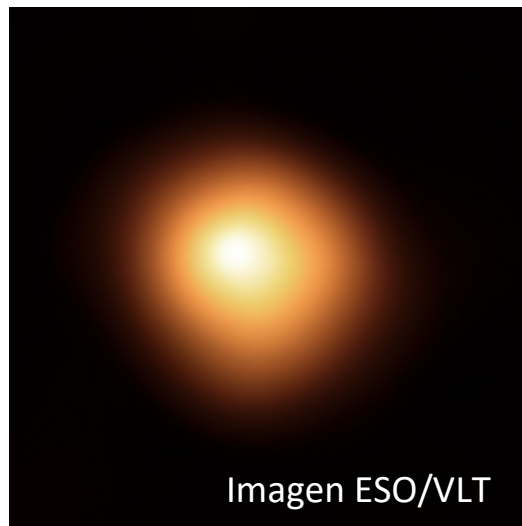
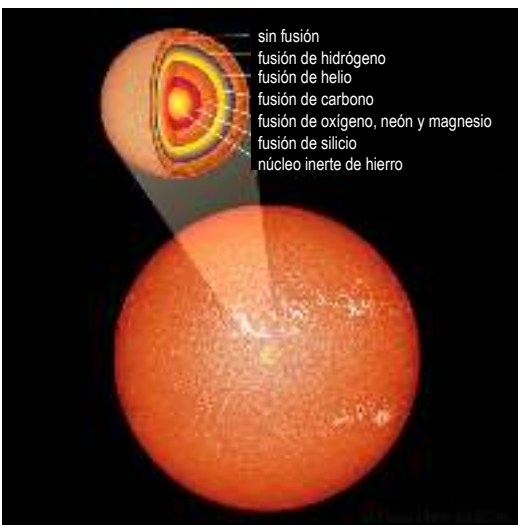
¿Qué estrellas explotan?

Una primera indicación sobre la naturaleza de las estrellas que explotan como supernovas proviene del tipo de galaxias en las que se observan.

Las **SN II** siempre se ven en galaxias que están formando estrellas (galaxias espirales o irregulares), pero nunca en galaxias donde la formación de estrellas terminó hace miles de millones de años (galaxias elípticas). Esto lleva a la idea de que las SN II corresponden a la explosión de estrellas **masivas**, que viven sólo unos pocos millones de años.

Las **SN I**, por otro lado, se observan en todo tipo de galaxias, incluidas las elípticas. Esto sugiere que surgen de estrellas de **baja masa**, que pueden explotar miles de millones de años después de su formación.

Los mecanismos de explosión de los dos tipos de supernovas son muy diferentes. Son muy complejos y se estudian activamente.



¿Cómo explotan las SN II?

Durante su vida, una estrella de más de diez veces la masa del Sol lleva a cabo una serie de fusiones nucleares, formando elementos cada vez más pesados. Cuando explota, tiene un núcleo de hierro, rodeado de capas de silicio, oxígeno, carbono y helio, todo ello inmerso en una gran envoltura de hidrógeno.

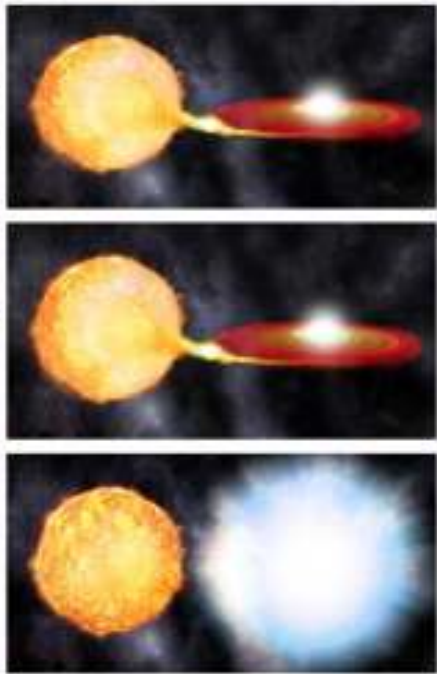
El núcleo de hierro es tan denso (mil ton. por cm^3) que obedece leyes físicas especiales. No puede superar una masa crítica, cercana a 1,4 veces la masa del Sol. Sin embargo, su masa aumenta porque la combustión del silicio produce hierro. Cuando supera la masa crítica, se vuelve inestable y colapsa hasta alcanzar una densidad de 100 millones de ton. por cm^3 . Entonces, la materia se niega a comprimirse más y el núcleo rebota sobre sí mismo, dando lugar a una onda de choque que provoca la explosión de la estrella. El núcleo profundo y ultradenso se convierte entonces en una estrella de neutrones o en un agujero negro, dependiendo de la masa que quede.

Izquierda: diagrama de una estrella supergigante roja a punto de explotar. ¡Ojo! Las capas no están a escala: si representáramos el núcleo de hierro con una cabeza de alfiler, las capas hasta el helio estarían en una esfera de un metro de diámetro, mientras que la envoltura de hidrógeno ¡tendría un radio de más de cien metros!

Crédito: Pablo Carlos Budass

Derecha: imagen de Betelgeuse (una supergigante roja) obtenida con el instrumento SPHERE instalado en el telescopio europeo VLT (8,20 m de diámetro). Con una masa de 10 a 20 veces la del Sol y un radio casi mil veces mayor, Betelgeuse ha entrado en sus últimos millones de años de vida, pero es difícil predecir cuándo explotará.

Dos escenarios que llevan a la explosión de una supernova de tipo I:



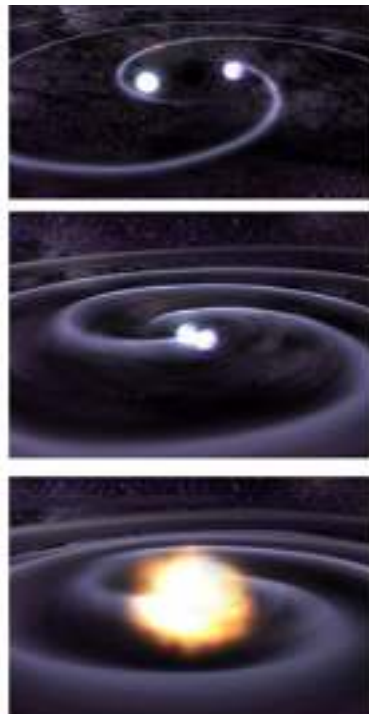
Una enana blanca acumula materia de una estrella compañera. La transferencia de masa se realiza a través de un 'disco de acreción'. La explosión se produce cuando la enana blanca alcanza la masa crítica de 1,4 masas solares. Entonces explota como supernova.

Crédito:
NASA/CXC/M.Weiss

Dos enanas blancas en un sistema binario se acercan gradualmente hasta que chocan, lo que provoca la explosión.

Crédito: GSFC/D.Berry

12



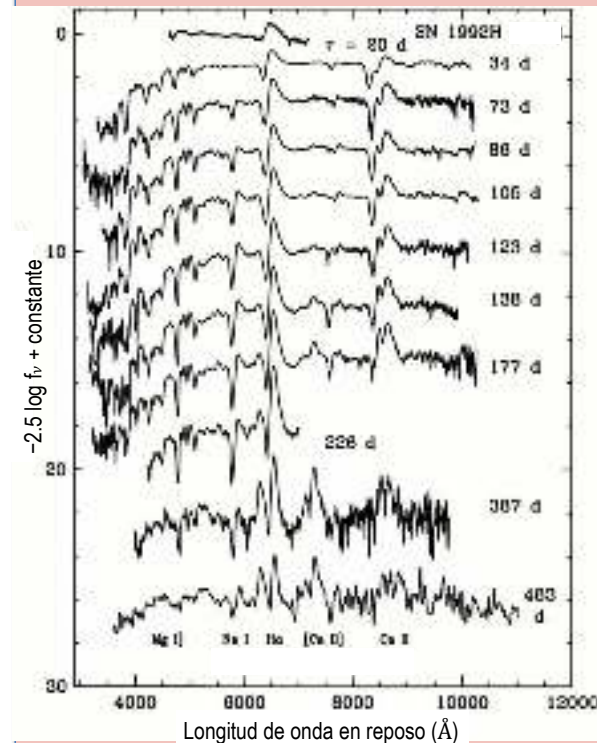
¿Cómo explotan las SN I?

El mecanismo de las SN I es totalmente diferente al de las SN II, aunque la masa crítica de 1,4 masas solares vuelve a tener un papel importante. La estrella que explota es una 'enana blanca', el residuo de la evolución de una estrella de unas pocas masas solares. Está compuesta de carbono y oxígeno y está 'degenerada', como el núcleo de hierro de las estrellas masivas, pero su masa es menor a 1,4 masas solares.

Sin embargo, en un sistema binario, la masa de la enana blanca puede aumentar por 'acreción' de una compañera o por la fusión con otra enana blanca. Entonces se contrae y calienta. Así, nuevas reacciones nucleares pueden comenzar en su centro y 'prender' toda la estrella. Un frente de combustión se propaga hacia el exterior y transforma el carbono y el oxígeno primero en níquel, cobalto y hierro, luego en silicio y magnesio. La enana blanca se destruye y su materia se dispersa.

13

TEST



1) Espectros de la supernova 1992H observados en diferentes momentos después de que alcanzara su máximo brillo.

¿Era de tipo I o tipo II?

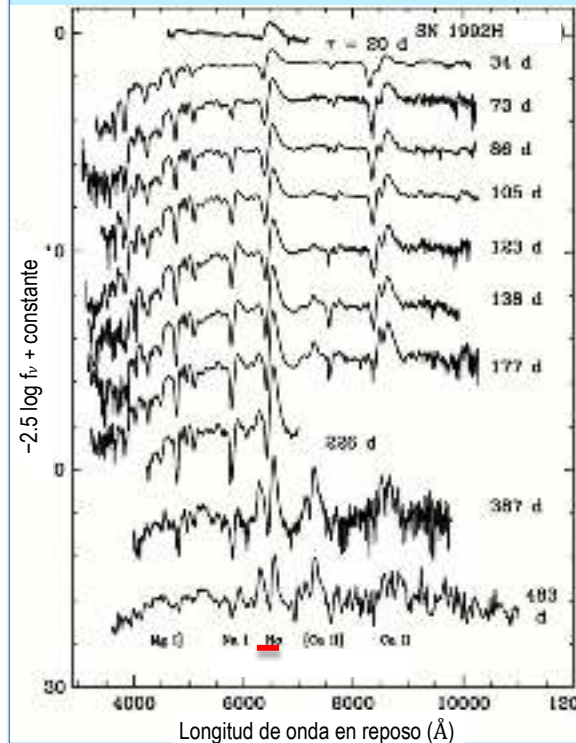


2) ¡Tres supernovas observadas a la vez (en enero de 2022) en la misma galaxia espiral!

¿Realmente hubo tres explosiones tan cerca en el tiempo?

¿Cuándo ocurrirá la próxima supernova visible a simple vista en nuestra galaxia, la Vía Láctea?

RESPUESTAS



1) Notamos la presencia de la línea H α del hidrógeno; por lo tanto, es una supernova de tipo II.

2) ¡NO! ¡Una galaxia es un objeto muy grande!

Dependiendo de su posición en la galaxia, la distancia

entre nosotros y estas supernovas puede diferir en varios miles de años luz. La diferencia en el tiempo de viaje se compensó aquí con la diferencia entre los tiempos de explosión, lo cual es una coincidencia notable.

3) ¡No lo sabemos! Dentro de 1, 10, 100 o 300 años (¿tal vez esta noche?). Hemos estado esperando que pase esto desde 1604... (la supernova de 1987 explotó en la Gran Nube de Magallanes).

El Universo en mi bolsillo No 44

Este librito fue escrito en 2025 por Robert Mochkovitch del Instituto de Astrofísica de París (IAP) y revisado por Grażyna Stasińska del Observatorio de París y Stan Kurtz (IRyA, Morelia, México).

Imagen de portada: a la izquierda, la Supernova 1987A justo después de su explosión en febrero de 1987 en la Gran Nube de Magallanes y, a la derecha, una foto de la misma zona tomada antes de la explosión.

Crédito: David Malin / Observatorio Astronómico Australiano



Para obtener más información sobre esta serie y los temas tratados en este librito, visite <http://www.tuimp.org>

Traducción: Mónica Rodríguez
TUIMP Creative Commons

