

# Neutrinos, neutrones, y estrellas de neutrones

Ken Glasziou, Ph.D.  
Traducción: Jan Herca

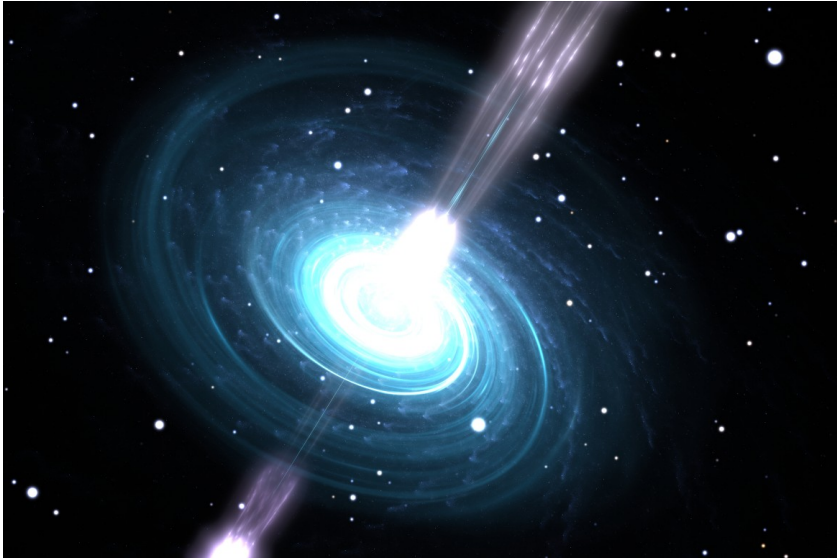


Figura 1: Concepción artística de una estrella de neutrones.

A causa de las obligatorias restricciones impuestas por los reveladores, la ciencia y la cosmología de *El Libro de Urantia* están en el nivel aproximado del conocimiento humano de los años 30. También contiene algunas declaraciones que fueron proféticas en esa época ya que el mandato permitía a los reveladores suministrar información vital para rellenar los vacíos en nuestro conocimiento por otra parte ganado. Uno de estos vacíos rellenos puede haber sido este:

En los soles grandes —en las pequeñas nebulosas circulares—, cuando el hidrógeno está agotado y la contracción gravitatoria

tiene lugar a continuación, si dicho cuerpo no es lo suficientemente opaco como para retener la presión interna que apoya las regiones gaseosas exteriores, entonces se produce un colapso repentino. Los cambios eléctrico-gravitatorios dan origen a inmensas cantidades de minúsculas partículas desprovistas de potencial eléctrico, y estas partículas se escapan rápidamente del interior solar, ocasionando así en pocos días el desmoronamiento de un sol gigantesco [...].<sup>1</sup>

En 1934 no se sabía de la existencia de «minúsculas partículas desprovistas de potencial eléctrico» que pudieran escapar rápidamente del interior de una estrella en colapso. De hecho, la realidad de tales partículas no fue confirmada hasta 1956, un año después de la publicación de *El Libro de Urantia*. La existencia de partículas que podrían tener tales propiedades había sido propuesta como una sugerencia de Wolfgang Pauli<sup>2</sup> en 1932, porque los estudios sobre el decaimiento de la radioactividad beta en átomos habían indicado que un neutrón podría decaer en un protón y electrón, pero las mediciones habían mostrado que las masas de energía combinadas del electrón y el protón no se correspondían con las del neutrón. Para explicar la energía faltante, Pauli sugirió que era emitida una pequeña partícula neutral, y entonces, en el mismo día, mientras almorzaba con el eminente astrofísico Walter Baade<sup>3</sup>, Pauli comentó que había hecho la peor cosa que un físico teórico posiblemente podía hacer, que había propuesto una partícula que nunca podría ser descubierta porque no tenía propiedades. No mucho después, el gran Enrico Fermi<sup>4</sup> tomó la idea de Pauli e intentó publicar un artículo sobre el tema en la prestigiosa revista científica *Nature*. Los editores rechazaron el artículo de Fermi con la explicación de que era demasiado especulativo. Esto fue en 1933, el año antes de recibir las revelaciones de Urantia.

Una cosa interesante de hacer notar es que *El Libro de Urantia* establece que se emiten «minúsculas partículas desprovistas de potencial eléctrico» en vastas cantidades durante el colapso de una estrella. Si, en

---

<sup>1</sup>LU 41:8.3.

<sup>2</sup>Wolfgang Ernst Pauli (1900–1958) fue un físico teórico, primero suizo y luego estadounidense que se cuenta entre los padres fundadores de la «mecánica cuántica». Es famoso por su «principio de exclusión». [https://es.wikipedia.org/wiki/Wolfgang\\_Pauli](https://es.wikipedia.org/wiki/Wolfgang_Pauli)

<sup>3</sup>Wilhelm Heinrich Walter Baade (1893–1960) fue un astrónomo alemán que trabajó buena parte de su vida en Estados Unidos. Es famoso por haber duplicado el tamaño del universo en 1952 al descubrir un segundo tipo de estrellas variables Cefeidas. Varios objetos celestes llevan su nombre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Walter\\_Baade](https://es.wikipedia.org/wiki/Walter_Baade)

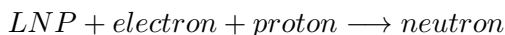
<sup>4</sup>Enrico Fermi (1901–1954) fue un físico italiano naturalizado estadounidense conocido por el desarrollo del primer reactor nuclear y sus contribuciones a la física cuántica. [https://es.wikipedia.org/wiki/Enrico\\_Fermi](https://es.wikipedia.org/wiki/Enrico_Fermi)

1934, un autor que no fuera un físico experto en partículas estaba prediciendo acerca de la formación de una estrella de neutrones (una proposición especulativa e indisciplinada de Zwicky y Baade en los primeros años 30), entonces seguramente ese autor debería estar pensando en el reverso del decaimiento beta según el cual un protón, un electrón y la pequeña partícula neutral de Pauli se aprietan para formar un neutrón.

El decaimiento de la radioactividad beta puede ser escrito como:



donde LNP significa *pequeña partícula neutral* (*Little Neutral Particle*). Entonces el reverso sería:



Para que esto ocurra un electrón y un protón tienen que ser comprimidos para formar un neutrón pero de alguna manera habría que añadir una pequeña partícula neutral con el fin de construir la masa-energía faltante. Por tanto, en términos de conceptos científicos especulativos disponibles en 1934, *El Libro de Urantia* parece haber puesto las cosas del revés, prediciendo una vasta emisión de LNP, cuando el inverso del decaimiento de la radioactividad beta establece justo lo contrario, que las LNP deberían desaparecer.

La idea de una estrella de neutrones fue considerada grandemente especulativa hasta 1967. Muchos astrónomos creían que desde las estrellas de tamaño medio, como nuestro Sol, hasta las estrellas muy masivas, todas terminaban sus vidas como enanas blancas. Las propiedades teóricas de una estrella de neutrones eran demasiado absurdas; por ejemplo, un dedal lleno del material de esa estrella pesaría cerca de 100 millones de toneladas. Una propuesta alternativa más favorecida era que las estrellas grandes podrían expulsar su masa sobrante poco a poco hasta que estuvieran por debajo del límite de Chandrasekhar<sup>5</sup> de 1,4 masas solares, momento en que podrían jubilarse como respetables enanas blancas. Este proceso no supondría la emisión de vastas cantidades de «minúsculas partículas desprovistas de potencial eléctrico» que acompañarían el colapso estelar que se describe en la cita de *El Libro de Urantia*.

---

<sup>5</sup>El límite de Chandrasekhar es la máxima masa posible de una estrella de tipo enana blanca. Si se supera este límite la estrella colapsará para convertirse en un agujero negro o en una estrella de neutrones (la mayoría de veces, en este último astro). Su valor fue calculado en 1930 por el astrofísico indio Subrahmanyan Chandrasekhar, cuando tenía solamente 19 años. [https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmite\\_de\\_Chandrasekhar](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmite_de_Chandrasekhar)

El distinguido astrofísico ruso Ígor Nóvikov<sup>6</sup> ha escrito: «Aparentemente ninguna búsqueda acertada de estrellas de neutrones o de agujeros negros se realizó por los astrónomos antes de 1960. Se asumía tácitamente que estos objetos eran demasiado excéntricos y lo más probable era que fueran fruto de la imaginación de los teóricos. Preferiblemente, uno evitaba hablar de ellos. Algunas veces fueron mencionados vagamente con la observación de que podrían formarse, pero que con toda probabilidad esto podía no haber sucedido nunca. En cualquier caso, si existían, nunca podrían ser detectados»<sup>7</sup>.

La aceptación de la existencia de estrellas de neutrones ganó solidez lentamente con los descubrimientos que acompañaron el desarrollo de la radio y de la astronomía por rayos X. La nebulosa del Cangrejo jugó un papel central cuando las ideas sobre ella emergieron en la década de 1950-1960. Originalmente observada como una explosión en el cielo por los astrónomos chinos en 1054, el interés en la nebulosa del Cangrejo se incrementó cuando, en 1958, Walter Baade informó de observaciones visuales que sugerían movimientos ondulares en su nebulosidad. Cuando los dispositivos electrónicos más sensibles reemplazaron las placas fotográficas como modo de detección, la oscilación de la frecuencia que se pensaba que era la de una enana blanca en el centro de la nebulosa del Cangrejo resultó ser de 30 veces por segundo.

Para una estrella enana blanca con un diámetro del orden de 1.000 km, un ritmo de rotación de incluso una vez por segundo hubiera causado su desintegración debido a las fuerzas centrífugas. Por lo tanto, este período de pulsación tan considerablemente corto implicaba que el objeto responsable de las variaciones de luz debería ser mucho más pequeño que una enana blanca, y el único que se ajustaba a tales propiedades parecía ser una estrella de neutrones. La aceptación final llegó con imágenes del centro de la nebulosa del Cangrejo enviadas a la Tierra por el observatorio espacial de rayos X llamado *Einstein* en 1967. Esto confirmó y amplificó la evidencia obtenida por las observaciones previas realizadas con los telescopios de luz y radio.

El inverso del decaimiento beta, como se indicó más arriba, involucra una triple colisión, un hecho extremadamente improbable, a menos que dos de los componentes se combinen en un estado meta-estable, un hecho no claramente obvio para un observador no experto lo cual también indica que los autores de *El Libro de Urantia* eran amplios conocedores en este

---

<sup>6</sup>Ígor Nóvikov (n. 1935) es un astrofísico teórico y cosmólogo ruso, autor de varios libros muy populares. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ígor\\_Nóvikov](https://es.wikipedia.org/wiki/Ígor_Nóvikov)

<sup>7</sup>Novikov, I. *Black Holes and the Universe*. (Cambridge University Press, 1990), p. 54.

campo.

El proceso evolucionario probable de colapso de las estrellas masivas ha sido tan sólo elucidado con el advenimiento de los rápidos ordenadores. Tales estrellas empiezan su vida compuestas principalmente de gas hidrógeno que se quema para formar helio. La energía nuclear emitida de este modo rechaza el impulso gravitacional de colapsarse. Con el hidrógeno del núcleo central agotado, el núcleo comienza a contraerse y a acalorarse, haciendo que las capas exteriores se expandan. Con el aumento de temperatura del núcleo, el helio se funde para resultar carbono y oxígeno, mientras que el hidrógeno alrededor del núcleo continúa produciendo helio. En este punto la estrella se expande para convertirse en una gigante roja.

Después del agotamiento del helio en el núcleo, la contracción gravitatoria ocurre de nuevo y el aumento de temperatura permite al carbono arder para obtener neón, sodio y magnesio, después de lo cual la estrella comienza a contraerse para convertirse en una gigante azul. El neón y el oxígeno se queman a continuación. Finalmente el silicio y el sulfuro, los productos de la quema del oxígeno, se prenden para producir hierro. Los núcleos de hierro no pueden emitir energía de su fusión, por lo que con el agotamiento de su fuente de combustible, el horno en el centro de la estrella se acaba. Nada puede ahora detener la violencia del colapso gravitacional, y cuando el núcleo de hierro alcanza la masa crítica de 1,4 veces la masa de nuestro Sol, y el diámetro de la estrella tiene la mitad del de la Tierra, el destino de la estrella está sellado.

En un pocas décimas de segundo, la bola de hierro se colapsa a cerca de 50 km de ancho y el colapso es interrumpido según su densidad se acerca a la del núcleo atómico y los protones y neutrones ya no pueden juntarse más. La interrupción del colapso envía un tremendo choque de onda de vuelta a través de la región exterior del núcleo.

La luz que nosotros vemos del Sol proviene sólo de su superficie más exterior. Sin embargo, la energía que mueve la luz solar (y la vida en la Tierra) se origina en el caluroso y denso horno termonuclear en el núcleo del Sol. Aunque a la luz solar le lleva sólo cerca de ocho minutos viajar del Sol a la Tierra, a la energía del núcleo solar que hace surgir esta luz le lleva del orden de un millón de años difundirse desde el núcleo hasta la superficie. En otras palabras, un sol (o estrella) es relativamente «opaco» (como dice *El Libro de Urantia*<sup>8</sup>) a la energía que se difunde de su núcleo termonuclear hasta su superficie, por lo que esto suministra la presión necesaria para prevenir el colapso gravitacional. Pero esto no es cierto de las pequeñas partículas neutrales, conocidas desde la mitad de los años

---

<sup>8</sup>LU 41:8.3.

30 por el nombre de «neutrinos». Estas partículas son tan pequeñas e irreactivas que el pasaje desde el núcleo de nuestro Sol hasta su exterior sólo lleva 3 segundos.

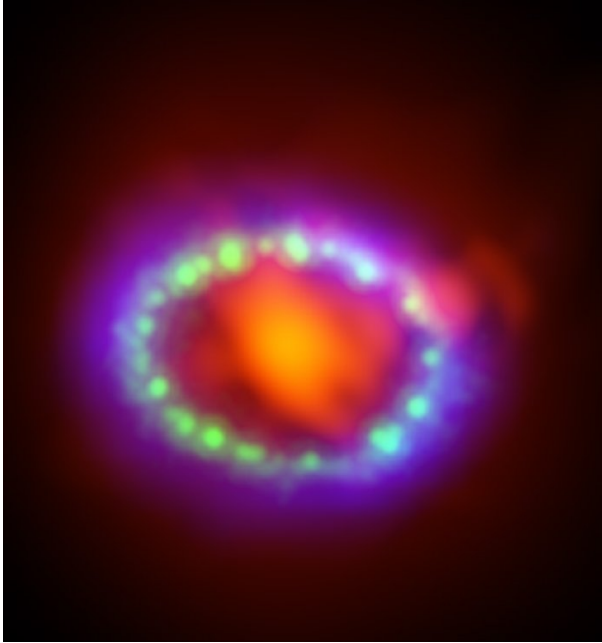


Figura 2: Remanente de la supernova SN1987A como composición de varias longitudes de onda. ALMA (radio, en rojo), Hubble (luz visible, en verde) y Chandra (rayos X, en azul).

Esto es por lo que los neutrinos pueden escapar tan rápidamente que tienen un papel crítico en conseguir la muerte súbita de la estrella y la explosión resultante. Los neutrinos están formados en unas variedades de formas, muchos como pares neutrino-antineutrino de rayos gamma altamente energizados y otros surgen cuando los protones comprimidos capturan un electrón (o expelen un positrón) para convertirse en neutrones, una reacción que está acompañada de la emisión de un neutrino. Cerca del orden de  $10^{57}$  neutrinos de electrón son emitidos de este modo. Reacciones de neutrones a partir de partículas  $Z^0$  (bosón Z) de la fuerza débil también contribuyen a formar neutrinos de electrón junto con los «pesados» neutrinos de muón y tau.

Juntos, estos neutrinos constituyen una «vasta cantidad de minúsculas partículas desprovistas de potencial eléctrico» que rápidamente escapan del interior de las estrellas. Los cálculos indican que ellas se llevan el

noventa y nueve por ciento de la energía emitida en la explosión final de una supernova. ¡El gigantesco flash de luz que acompaña la explosión supone sólo una parte del uno por ciento restante! Aunque la mayor parte de los neutrinos y antineutrinos son emitidos durante la explosión final, son producidos a las enormes temperaturas alcanzadas en el interior del núcleo durante las fases finales de la contracción.

La oportunidad de confirmar la emisión de los neutrinos que se postuló que acompañaban a la muerte espectacular de una estrella gigante llegó en 1987 cuando la explosión de una supernova, visible a simple vista, ocurrió en la Nube de Magallanes, vecina de nuestra galaxia Vía Láctea. Los cálculos indicaron que esta supernova, denominada SN1987A<sup>9</sup>, debería haber producido una emanación de neutrinos a la densidad de 50 billones por centímetro cuadrado cuando finalmente alcanzó la Tierra, incluso cuando se expandía como la superficie de una esfera originada a la distancia de 170.000 años-luz de distancia. Esta emanación de neutrinos fue observada en los enormes detectores de neutrinos en Kamiokande, en Japón, y en Fairport, Ohio, en los Estados Unidos. Durando un período de sólo 12 segundos, y confirmando las simulaciones que indicaban que debería difundirse relativamente despacio a través del denso núcleo. De la energía media y del número de detecciones en los detectores de neutrinos, fue posible estimar que la energía emitida por la SN1987 llegó a 2-3  $10^{53}$  ergs. Esto es equivalente a la energía gravitacional calculada que sería emitida por el colapso de un núcleo de cerca de 1,5 masas solares de una estrella de neutrones. Por tanto la SN1987A proporcionó una confirmación destacable de la imagen general de la formación de una estrella de neutrones desarrollada en los últimos cincuenta años. Y más importante, también confirmó que *El Libro de Urantia* tenía sus declaraciones correctas antes de que el concepto de los neutrinos y las estrellas de neutrones fuera siquiera alcanzado.

## Hipótesis sobre los posibles orígenes de la declaración del libro sobre el colapso solar

A mediados de los años treinta lo descrito en el documento 41 de *El Libro de Urantia* fue toda una declaración<sup>10</sup>. Estas minúsculas partículas que ahora llamamos neutrinos eran completamente especulativas a principios de la década de 1930 y debían dar cuenta de la energía de masa faltante de la desintegración radiactiva beta.

---

<sup>9</sup>[https://es.wikipedia.org/wiki/SN\\_1987A](https://es.wikipedia.org/wiki/SN_1987A)

<sup>10</sup>LU 41:8.3.

A principios de la década de 1930, Fritz Zwicky<sup>11</sup>, del Instituto de Tecnología de California (Caltech), que trabajó en el departamento del profesor Millikan<sup>12</sup> durante un período de mediados de los años treinta, difundió ampliamente la idea de que podrían producirse explosiones de supernovas y dar lugar a la formación de estrellas de neutrones. Zwicky también estuvo en la Universidad de Chicago. Se dice que el Dr. Sadler<sup>13</sup> conoció a Millikan. Así pues, las posibilidades alternativas para el origen de la declaración del documento 41 de *El Libro de Urantia* podrían haber sido:

1. Los reveladores siguieron su mandato y utilizaron una fuente humana de información sobre supernovas, posiblemente Zwicky.
2. El Dr. Sadler podría haber sabido acerca de las «minúsculas partículas desprovistas de potencial eléctrico» por medio de Zwicky, Millikan o alguna otra persona experta y lo incorporó a *El Libro de Urantia*.
3. Es la información suministrada para «colmar las lagunas vitales existentes en los conocimientos adquiridos de otras maneras» según lo permitido en el mandato del documento 101 de *El Libro de Urantia*.<sup>14</sup>

Zwicky tenía la reputación de ser un científico brillante pero dado a mucha especulación salvaje, algunas de las cuales resultaron ser correctas. Un artículo publicado por Zwicky y Baade en 1934 propuso que las estrellas de neutrones se formarían en un colapso estelar y que el 10% de la masa se perdería en el proceso<sup>15</sup>.

En *Black Holes and Time Warps. Einstein's v Outrageous Legacy* (Picador, Londres, 1994), un libro que cubre el trabajo y el pensamiento de este período en detalle, K. S. Thorne, profesor de física teórica de Feynman en Caltech, escribe:

A principios de la década de 1930, Fritz Zwicky y Walter Baa-

<sup>11</sup>Fritz Zwicky (1898–1974) fue un astrónomo y físico suizo de origen búlgaro. Formuló ideas pioneras relacionadas con la materia oscura, y se le considera el descubridor de las estrellas de neutrones. [https://es.wikipedia.org/wiki/Fritz\\_Zwicky](https://es.wikipedia.org/wiki/Fritz_Zwicky)

<sup>12</sup>Robert Andrews Millikan (1868–1953) fue un físico experimental estadounidense ganador del Premio Nobel de Física en 1923 por su trabajo para determinar el valor de la carga del electrón y el efecto fotoeléctrico. También investigó los rayos cósmicos. [https://es.wikipedia.org/wiki/Robert\\_Andrews\\_Millikan](https://es.wikipedia.org/wiki/Robert_Andrews_Millikan)

<sup>13</sup>William Samuel Sadler (1875–1969) fue un cirujano y psicoanalista estadounidense que formó un grupo de amigos para publicar *El Libro de Urantia* una vez lograron recibir estos documentos. De este grupo de amigos surgió después la Fundación Urantia, encargada de hacer traducciones y diseminar el libro. [https://es.wikipedia.org/wiki/William\\_Samuel\\_Sadler](https://es.wikipedia.org/wiki/William_Samuel_Sadler)

<sup>14</sup>LU 101:4.9.

<sup>15</sup>Phys. Reviews. Vol. 45



de unieron fuerzas para estudiar novas, estrellas que de repente flanean y brillan 10.000 veces más que antes. Baade era consciente de la evidencia tentativa de que, además de las novas comunes, existían novas superluminosas. Estas tenían aproximadamente el mismo brillo, pero como se pensaba que ocurrían en nebulosas más allá de nuestra Vía Láctea, debían señalar eventos de extraordinaria magnitud. Baade recolectó datos sobre seis de esas novas que habían ocurrido durante el siglo presente.

Mientras Baade y Zwicky luchaban por comprender las supernovas, James Chadwick, en 1932, informó sobre el descubrimiento del neutrón. Esto era justo lo que Zwicky requería para calcular que si se podía hacer que una estrella explotara hasta que alcanzara la densidad del núcleo atómico, podría transformarse en un gas de neutrones, reducir su radio a un núcleo encogido y, en el proceso, perder aproximadamente el 10 % de su masa. El equivalente energético de la pérdida de masa entonces suministraría la fuerza explosiva para alimentar una supernova.

Zwicky creía que los rayos cósmicos explicaban la pérdida de energía en masa en las explosiones de supernova.

La información, extraída del reciente libro de Thorne, indica que Zwicky no sabía nada sobre el posible papel de las «minúsculas partículas neutras» en la implosión de una estrella de neutrones, sino que atribuía toda la pérdida de masa de energía a los rayos cósmicos. Entonces, si no es de Zwicky, ¿de quién es el origen humano de la declaración de *El Libro de Urantia* de que los neutrinos que escapan de su interior provocan el colapso de la estrella implosionante? (Las estimaciones actuales atribuyen aproximadamente el 99 % de la energía de una explosión de supernova a los neutrinos).

En su libro, Thorne afirma además: «Los astrónomos en la década de 1930 respondieron con entusiasmo al concepto de supernova de Baade-Zwicky, pero trataron con desdén las ideas de la estrella de neutrones y los rayos cósmicos de Zwicky [...] De hecho, es claro para mí a partir de un estudio detallado de los escritos de Zwicky de la época en que no entendía las leyes de la física lo suficientemente bien como para poder fundamentar sus ideas». Esta opinión también fue sostenida por Robert Oppenheimer<sup>16</sup>,

---

<sup>16</sup>Julius Robert Oppenheimer (1904–1967) fue un físico teórico estadounidense de origen judío y profesor de física, famoso como «padre de la bomba atómica» por su participación en el proyecto Manhattan, aunque luego se le conoció incluso más por su

quien publicó un conjunto de documentos con sus colaboradores Volkoff, Snyder y Tolman, acerca de las ideas del físico ruso Lev Landáú<sup>17</sup> sobre la energía estelar procedente de un núcleo de neutrones en el corazón de una estrella.

## Einstein y Eddington se opusieron al concepto de estrella de neutrones

Estos documentos de Oppenheimer que concluyen que las estrellas de neutrones o los agujeros negros podrían ser el resultado de una implosión masiva de estrellas fueron tan lejos como los físicos pudieron llegar en ese momento. Sin embargo, el físico más destacado de la época, Albert Einstein<sup>18</sup>, y el decano de los astrónomos, sir Arthur Eddington<sup>19</sup>, se opusieron enérgicamente a los conceptos involucrados en el colapso estelar más allá de la etapa de enana blanca. Por lo tanto, el tema parece haberse suspendido coincidiendo con el estallido de la guerra en 1939.

Durante la década de 1940, prácticamente todos los físicos capaces estaban ocupados con tareas relacionadas con el esfuerzo de la guerra. Aparentemente, esto no fue así para el astrónomo físico nacido en Rusia, George Gamow<sup>20</sup>, profesor de Leningrado que había tomado un puesto en la Universidad George Washington en 1934. Gamow concibió el comienzo del universo en expansión de Hubble como una bola de fuego termonuclear en la que el material original de la creación fue un denso gas de protones, neutrones, electrones y radiación gamma que se transmutó mediante una cadena de reacciones nucleares en la variedad de elementos que componen el mundo de hoy. Refiriéndose a este trabajo Overbye<sup>21</sup> escribe: «En los años cuarenta, Gamow y un grupo de colaboradores escribieron una serie de documentos que detallaban la termonucleogénesis. Desafortunadamente su esquema no funcionó. Algunos núcleos atómicos eran tan inestables que

---

oposición a la proliferación de armas nucleares. [https://es.wikipedia.org/wiki/Robert\\_Oppenheimer](https://es.wikipedia.org/wiki/Robert_Oppenheimer)

<sup>17</sup>Lev Davídovich Landáú (1908–1969) fue un físico y matemático soviético ganador del premio Nobel de Física en 1962, figura clave en la mecánica cuántica y la física de los materiales. [https://es.wikipedia.org/wiki/Lev\\_Landáú](https://es.wikipedia.org/wiki/Lev_Landáú)

<sup>18</sup>Albert Einstein (1879–1955) es el más destacado de los científicos del siglo XX, famoso gracias a su revolucionaria teoría de la relatividad. [https://es.wikipedia.org/wiki/Albert\\_Einstein](https://es.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein)

<sup>19</sup>Arthur Stanley Eddington (1882–1944) fue un astrofísico británico muy conocido en la primera mitad del siglo XX. [https://es.wikipedia.org/wiki/Arthur\\_Stanley\\_Eddington](https://es.wikipedia.org/wiki/Arthur_Stanley_Eddington)

<sup>20</sup>Gueorgui Antónovich Gamov (1904–1969), fue un físico y astrónomo ruso nacionalizado estadounidense, también conocido como George Gamow, que trabajó en casi todos los campos de la astrofísica. [https://es.wikipedia.org/wiki/Gueorgui\\_Gámov](https://es.wikipedia.org/wiki/Gueorgui_Gámov)

<sup>21</sup>Overbye, Dennis (1991) *Lonely Hearts of the Cosmos*. (HarperCollins)

se desmoronaron antes de que pudieran fusionarse nuevamente en algo más pesado, rompiendo así la cadena de construcción del elemento. El equipo de Gamow se disolvió a fines de los años 40, y su trabajo fue ignorado y desdeñado». Entre este trabajo se encontraba un artículo de Gamow y Schoenfeld que proponía que la pérdida de energía por el envejecimiento de las estrellas estaría mediada por un flujo de neutrinos. Esta propuesta parece haber sido pasada por alto o ignorada hasta la década de 1960.

## Conservación de la ley energética bajo el microscopio

Con el paso del tiempo, creció la necesidad del neutrino, en primer lugar para salvar la ley de conservación de la energía, pero también las leyes de conservación del momento, momento angular (spin) y número de leptones. A medida que crecía el conocimiento de cómo debería ser, además del conocimiento derivado de los intensos esfuerzos para producir la bomba atómica, comenzaron a surgir posibles medios para detectar esta partícula. En 1953, los experimentos fueron iniciados por un equipo dirigido por C. L. Cowan y F. Reines<sup>22</sup>. Ahora existían reactores de fisión en los que la descomposición del uranio producía neutrones libres que, fuera del núcleo atómico, eran inestables y se descomponían a través de la desintegración beta para producir un protón, un electrón y, si existía, la partícula faltante.

## Detección del esquivo neutrino

El equipo de Cowan y Reines ideó un elaborado esquema para detectar los antineutrinos de un reactor. Para 1956, su sistema detectaba 70 eventos de este tipo por día, atribuibles inequívocamente a los antineutrinos. Ahora quedaba por demostrar que esta partícula no era su propia antipartícula, como es el caso del fotón. Esto fue hecho por R. R. Davis<sup>23</sup> en 1956, utilizando un sistema de detección diseñado específicamente para determinar cuáles deberían ser las propiedades del neutrino y probándolo con una fuente de antineutrino de un reactor de fisión.

---

<sup>22</sup>Clyde Lorrain Cowan Jr (1919–1974) y Frederick Reines (1918–1998) fueron los descubridores del neutrino. Reines recibió el premio Nobel de Física en 1995. [https://es.wikipedia.org/wiki/Clyde\\_Cowan](https://es.wikipedia.org/wiki/Clyde_Cowan) [https://en.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Reines](https://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Reines)

<sup>23</sup>Raymond «Ray» Davis Jr. (1914–2006) fue un químico y físico norteamericano. Desarrolló el primer experimento capaz de detectar neutrinos, motivo que le valió ganar el premio Nobel de Física en 2002. [https://en.wikipedia.org/wiki/Raymond\\_Davis\\_Jr](https://en.wikipedia.org/wiki/Raymond_Davis_Jr).

## Renovación de la búsqueda de la estrella de neutrones

El tema del destino de las estrellas implosionadas se reabrió con vigor cuando Robert Oppenheimer y John Wheeler<sup>24</sup>, dos de los grandes nombres de la física, asistieron a una conferencia en Bruselas en 1958. Oppenheimer creía que sus documentos de 1939 decían todo lo que había que decir sobre tales implosiones. Wheeler no estaba de acuerdo, y quería saber qué sucedía más allá de las leyes bien establecidas de la física.

Cuando Oppenheimer y Snyder hicieron su trabajo en 1939, no había sido posible calcular los detalles de la implosión. Mientras tanto, el diseño de armas nucleares había proporcionado las herramientas necesarias porque, para diseñar una bomba, se debían tener en cuenta las reacciones nucleares, los efectos de presión, las ondas de choque, el calor, la radiación y la eyección de masa. Wheeler se dio cuenta de que su equipo sólo tenía que reescribir sus programas de computadora para simular la implosión en lugar de la explosión. Sin embargo, su equipo de bombas de hidrógeno se había disuelto y le correspondió a Stirling Colgate<sup>25</sup> en Livermore, en colaboración con Richard White y Michael May, hacer estas simulaciones. Wheeler se enteró de los resultados y fue en gran parte responsable de generar el entusiasmo para seguir esta línea de investigación. El término *agujero negro* fue acuñado por Wheeler.

Se dice que las bases teóricas para las explosiones de supernovas fueron establecidas por E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, W. A. Fowler y Fred Hoyle en un artículo de 1957<sup>26</sup>. Sin embargo, incluso en el libro de texto de Hoyle y Narlikar, *The Physics-Astronomy Frontier* (1980), no se tiene en cuenta el papel de los neutrinos en la conducción explosiva de energía lejos del núcleo de una supernova. En su artículo de 1957, Hoyle<sup>27</sup> y sus compañeros de trabajo propusieron que cuando la temperatura de una estrella masiva envejecida se elevaba a unos 7 mil millones de grados K,

---

<sup>24</sup>John Archibald Wheeler (1911–2008) fue un físico teórico estadounidense que realizó importantes avances en física de partículas. Es quien ideó los términos astrofísicos de *agujero negro* y *agujero de gusano*. [https://es.wikipedia.org/wiki/John\\_Archibald\\_Wheeler](https://es.wikipedia.org/wiki/John_Archibald_Wheeler)

<sup>25</sup>Stirling Auchincloss Colgate (1925–2013) fue un físico norteamericano y profesor emérito de física, heredero de la empresa de pasta de dientes Colgate. Trabajó en los primeros proyectos de creación de una bomba de hidrógeno, aunque luego lo abandonó en favor del estudio de las supernovas. [https://en.wikipedia.org/wiki/Stirling\\_Colgate](https://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_Colgate)

<sup>26</sup>Burbidge, E.M., G.R. Burbidge, W.A. Fowler, & F. Hoyle, *Synthesis of the Elements in Stars*, Reviews of Modern Physics (1957), [https://en.wikipedia.org/wiki/B2FH\\_paper](https://en.wikipedia.org/wiki/B2FH_paper)

<sup>27</sup>Fred Hoyle (1915–2001) fue un astrónomo británico conocido por su teoría de la *nucleosíntesis estelar* y sus posturas controvertidas, especialmente su rechazo a la teoría del *Big Bang*, a la que él puso nombre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Fred\\_Hoyle](https://es.wikipedia.org/wiki/Fred_Hoyle)

el hierro se convierte rápidamente en helio mediante un proceso nuclear que absorbe energía. Al satisfacer la repentina demanda de esta energía, el núcleo se enfría rápidamente y se contrae catastróficamente, implosiona en segundos y la envoltura exterior se estrella contra él. A medida que los elementos más ligeros se calientan por la implosión, se quemán tan rápido que la envoltura se lanza al espacio. Así pues, dos años después de la primera publicación de *El libro de Urantia*, las autoridades más eminentes en el campo de la evolución de las estrellas no hacen referencia a las «grandes cantidades de minúsculas partículas desprovistas de potencial eléctrico» que el libro dice escapar del interior de la estrella para traer sobre sí su colapso. En cambio, invocan la conversión del hierro en helio, un proceso que consume energía y que ahora se considera que no tiene importancia.

Después del olvidado documento de Gamow y Schoenfeld, la siguiente sugerencia de que los neutrinos pueden tener un papel en las supernovas provino del estudiante Hong-Yee Chiu<sup>28</sup>, Ph.D., trabajando con Philip Morrison<sup>29</sup>. Chiu propuso que hacia el final de la vida de una estrella masiva, el núcleo alcanzaría temperaturas de aproximadamente 3 mil millones de grados a los cuales se formarían pares de electrones-positrones y una pequeña fracción de estos daría lugar a pares de neutrinos y antineutrinos. Chiu especuló que la estrella emitiría rayos X durante aproximadamente 1000 años y que la temperatura finalmente alcanzaría unos 6 mil millones de grados cuando se formara un núcleo de hierro en la región central de la estrella. El flujo de pares de neutrones-antineutrinos sería lo suficientemente grande como para llevarse por delante la energía de la estrella en un solo día. El período de 1.000 años predicho por Chiu para la emisión de rayos X se redujo a aproximadamente un año en los trabajos posteriores. Las propuestas de Chiu parecen haber sido publicadas por primera vez en una tesis de doctorado presentada en la Universidad de Cornell en 1959. Philip Morrison<sup>30</sup> e Isaac Asimov<sup>31</sup> hacen referencias dispersas a la misma.

---

<sup>28</sup>Hong-Yee Chiu (n. 1932) es un astrofísico norteamericano de procedencia china que ha trabajado para la NASA. Acuñó el término *cuáasar*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hong-Yee\\_Chui](https://en.wikipedia.org/wiki/Hong-Yee_Chui)

<sup>29</sup>Philip Morrison (1915–2005) fue profesor de Física en el MIT, conocido por su trabajo en el proyecto Manhattan y su trabajo posterior en física cuántica y nuclear, además de en los rayos cósmicos. [https://en.wikipedia.org/wiki/Philip\\_Morrison](https://en.wikipedia.org/wiki/Philip_Morrison)

<sup>30</sup>Morrison, Philip, (1962) *Scientific American* 207 (2) 90.

<sup>31</sup>Asimov, Isaac, (1966) *The Neutrino* (Dobson Books Ltd., London)

## Sin corriente neutral no hay supernova

Dennis Overbye, en su libro *Corazones solitarios del cosmos*<sup>32</sup> registra que, para las supernovas, casi toda la energía de la caída libre hacia adentro sale en forma de neutrinos. El éxito de este escenario (según lo propuesto por Chiu) depende de una característica de la interacción débil llamada las *corrientes neutras*<sup>33</sup>. Sin esto, los neutrinos no proporcionan suficiente «empuje» y los teóricos no tienen una buena explicación de cómo explotan las estrellas. En realidad, la existencia de la *corriente neutral* para la *interacción débil* no se demostró hasta mediados de la década de 1970.

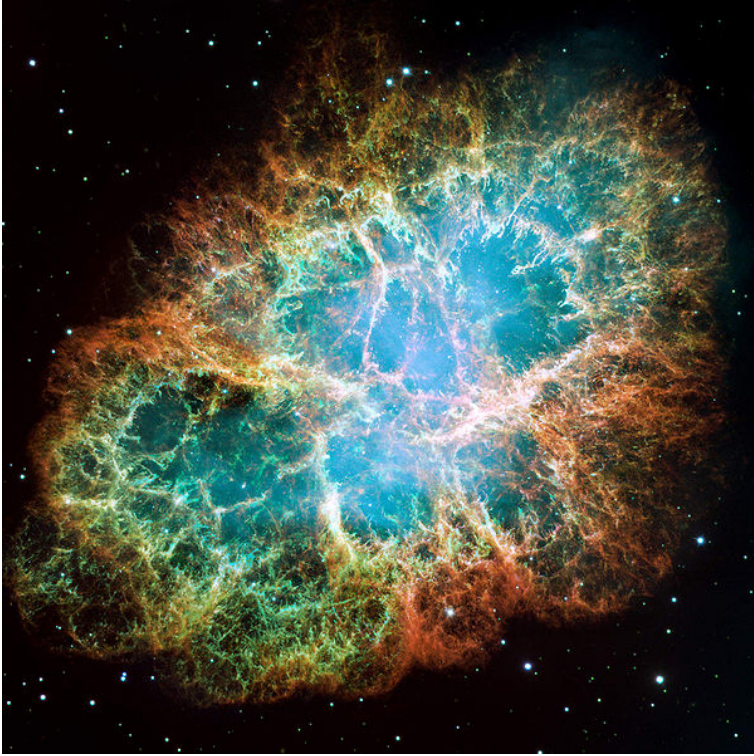


Figura 3: La supernova más célebre, SN1054, o nebulosa del Cangrejo, cuya explosión fue vista desde la Tierra en julio de 1054.

<sup>32</sup>Overbye, Dennis (1991) *Lonely Hearts of the Cosmos*. (HarperCollins)

<sup>33</sup>Las *corrientes neutras* son una de las maneras en que las partículas subatómicas pueden interactuar por medio de la *fuerza débil*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Neutral\\_current](https://en.wikipedia.org/wiki/Neutral_current)

Un artículo de 1985 de Hans A. Bethe<sup>34</sup> y Gerald Brown<sup>35</sup> titulado *Cómo explota una supernova*<sup>36</sup> muestra que la comprensión del importante papel de los neutrinos estaba bastante avanzada en ese momento. Estos autores atribuyen esta comprensión a las simulaciones por computadora de W. David Arnett de la Universidad de Chicago y Thomas Weaver y Stanford Woosley de la Universidad de California en Santa Cruz.

En un informe reciente en *Sky and Telescope* (agosto de 1995) se afirma que, durante la última década, las simulaciones por computadora de supernovas se estancaban a 100 o 150 km del centro y no explotaban. Estos modelos eran unidimensionales. Con más potencia de computación disponible, se han llevado a cabo simulaciones bidimensionales y se han producido explosiones en los modelos de supernovas. Del que se ha hablado antes fue el de una supernova de 15 masas solares que terminó como una estrella de neutrones. Sin embargo, los autores especulan de que algunas implosiones de 5 a 15 masas solares podrían terminar como agujeros negros. Todavía queda un largo camino por recorrer para comprender los detalles de las implosiones estelares.

## ¿Quién lo hizo? Separando las alternativas

Al referirnos a nuestras tres alternativas para explicar cómo, en 1934, la referencia sobre el papel de las «minúsculas partículas no cargadas» que se generan en las explosiones de supernovas llegó a formar parte de los documentos de Urantia, nuestra investigación ha mostrado que es poco probable que Zwicky haya sido la fuente, ya que creía firmemente que los rayos X, y no los neutrinos, representaban el 10 % de esa pérdida de masa durante la muerte de la estrella.

Recordando que no se demostró la existencia de estrellas de neutrones hasta 1967, que algunos de los nombres más importantes en física y astronomía se oponían totalmente al concepto de estrellas colapsadas (Einstein, Eddington), y que, en la década de 1960, la mayoría de los astrónomos asumían que las estrellas masivas arrojaban sus capas excendentes antes de retirarse respetablemente como enanas blancas, parece que fuera absurdo intentar apoyar una revelación mediante la especulación sobre los eventos que ocurren en la implosión de estrellas masivas antes de la década

---

<sup>34</sup>Hans Albrecht Bethe (1906–2005) fue un físico alemán–estadounidense de origen judío, ganador del premio Nobel de Física por su descubrimiento en la nucleosíntesis estelar. [https://es.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Bethe](https://es.wikipedia.org/wiki/Hans_Bethe)

<sup>35</sup>Gerald Edward Brown (1926–2013) fue un físico teórico norteamericano que trabajó en física nuclear y astrofísica. [https://en.wikipedia.org/wiki/Gerald\\_E.\\_Brown](https://en.wikipedia.org/wiki/Gerald_E._Brown)

<sup>36</sup>Hans A. Bethe, Gerald Brown, *How a supernova explodes*, *Scientific American*, 1985.

de 1960. Si supusiéramos que, en base al consejo de un astrofísico experto pero imprudente, el Dr. Sadler escribió el material del documento 41 de *El Libro de Urantia* después de los conceptos sobre neutrinos que aparecieron en publicaciones de Gamow y otros, entonces se hace necesario preguntarse por qué no se eliminó cuando ese trabajo perdió credibilidad más tarde en la década de 1940 — y sobre todo porque, en sus conclusiones, Gamow y Schoenberg llamaron la atención sobre el hecho de que «los neutrinos todavía se consideraban como partículas altamente hipotéticas debido al fracaso de todos los esfuerzos por detectarlas», así como llamaron la atención de que «la dinámica del colapso representaba dificultades matemáticas muy graves».

### Planchas de impresión para *El libro de Urantia*

Como resultado del caso *Maaherra*<sup>37</sup>, han salido evidencias documentales a la luz para demostrar que la aceptación del contrato para preparar las planchas de impresión metálicas del manuscrito de *El Libro de Urantia* ocurrió en septiembre de 1941. La tecnología de impresión de la época requería una placa de metal separada para cada página individual. Por lo tanto, las eliminaciones, adiciones y alteraciones que se llevaron cabo en algunas páginas eran enormemente costosas y se evitaron en la medida de lo posible.

Ya se ha indicado que la publicación altamente especulativa de Gamow y Schoenberg de 1942 era poco probable que fuera la fuente de la declaración de *El Libro de Urantia* sobre la implosión de estrellas. La nueva evidencia con respecto a las planchas de impresión lo hace aún más improbable.

### Invocación de la navaja de Occam

El lenguaje, el nivel de conocimiento y la terminología de la referencia del documento 41 (LU 41:8.3), junto con las referencias a la unión de protones y neutrones en el núcleo atómico, los dos tipos de mesotrón y la participación de pequeñas partículas no cargadas en la desintegración radiactiva beta como se describe en LU 42:8.5-7, es todo ello propio de principios del período 1930 y no de los años 40 y 50. Es lo que se esperaría de unos autores obligados por un mandato a no revelar conocimiento no ganado, excepto en circunstancias especiales. Aplicando el principio de la

---

<sup>37</sup>El caso *Maaherra* fue un controvertido litigio sobre copyright en 1991 que interpusieron la Fundación de Urantia con una lectora, Kristen Maaherra, que realizó una publicación del libro no autorizada.



navaja de Occam de dar preferencia a la explicación más simple consistente con los hechos, debemos concluir que la explicación más probable para el material profético de LU 41:8.3 es que formó parte de los documentos originales de *El Libro de Urantia* tal como se recibió en 1934 y, por lo tanto, entra en la categoría denominada en el mandato revelador como «información clave suministrada para llenar los vacíos faltantes en nuestro conocimiento». En la actualidad, no creo que haya otra explicación satisfactoria para esta declaración de *El libro de Urantia* y que permita atribuirla a un autor humano.

## Para profundizar más

Hoyle, F., and J. Narlikar. *The Physics Astronomy Frontier*. (W.H. Freeman & Co. San Francisco, 1980.)

Novikov, I. *Black Holes and the Universe*. (Cambridge University Press, 1990)

Sutton, C. *Spaceship Neutrino*. (Cambridge University Press, Cambridge, 1992)

Asimov, Isaac, (1966) *The Neutrino* (Dobson Books Ltd., London)

Thorne, K.S. (1994) *Black holes and Time Warps: Einstein 's Outrageous Legacy* (Picador, London)