



EL LEGADO FASCINANTE DEL COSMOS: LAS ESTRELLAS

SANTIAGO BRAVO Y MÁXIMO AGÜERO*

*Recepción: 24 de febrero de 2000
Aceptación: 11 de diciembre de 2000*

La humanidad siempre ha observado el cielo con curiosidad, y a veces incluso con esperanza, tratando de responder interrogantes tan antiguas como ella misma. Ha buscado en las estrellas indicaciones sobre cuándo empezar siembras, cosechas u otras actividades humanas colectivas e individuales. A lo largo de los siglos, incontables individuos de diversas culturas se esforzaron por esclarecer preguntas como: ¿qué o quienes eran aquellas luces que inmutables deambulaban por el cielo nocturno?; ¿cuál era su relación con nosotros?; ¿cuáles eran las leyes que regían esa inquebrantable y misteriosa sociedad de los astros? Así surgieron los mitos en todas las culturas, algunos de los cuales subsisten hasta nuestros días. Así también surgió la astronomía, que poco a poco ha logrado responder nuestras antiguas preguntas.

**Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Correo electrónico: mag@coatepec.uaemex.mx*

Entre los conceptos enigmáticos que hablan del cosmos y sus orígenes, como vestigio de antiquísimas filosofías, se encuentra el dualismo. Este concepto filosófico tiene sus orígenes en Persia y sustenta que el universo estaba formado por una mezcla de luz y de oscuridad que no es más que la representación de Dios y del Demonio, del Bien y del Mal, de la luz y de las tinieblas, del sí y del no y que el imperio del Bien trataba de escapar del imperio del Mal. Esta concepción también se observa en la filosofía China sobre el Ying y el Yang. El Yang se refiere a la luz, a la claridad y encierra en sí cualidades ascendentes. El Yin a lo oscuro, pesado. Las mismas computadoras que usamos a diario poseen elementos que bien podrían relacionarse con esta cosmovisión dualista, por el sencillo hecho de que la información que procesan está codificada en el sistema binario: 0 y 1.

En su gran mayoría, los pensamientos dualistas de la Antigüedad surgie-

ron de la observación del cielo, ahora (después de tanto tiempo) que vemos hacia el espacio infinito, podemos asomarnos al pasado y también al futuro.

Revisemos, entonces, el legado cósmico que se manifiesta con la vida de las estrellas, es decir, de la evolución de las estrellas a través del tiempo.

“En el principio era el caos y el espíritu de Dios se paseaba sobre las aguas” (Gen, 1:1). La historia de las estrellas se inicia de la misma forma que este antiquísimo texto, se inicia en una nube de gas (principalmente compuesta por hidrógeno, que es el primer elemento compuesto por un protón en su núcleo y un electrón a su alrededor) o nebulosa. Estas nubes de gas se encuentran diseminadas por todo el espacio, y aunque su densidad es increíblemente pequeña (una caja de cerillos llena de aire contiene más masa que un cubo de 100 kilómetros por lado lleno de gas de una nebulosa), su dimensión es tan grande que si consideráramos

to-da la materia que contienen, podemos encontrar masa suficiente para generar cantidades inmensas de estrellas.

Es difícil que una nube de gas espacial se comprima porque la única fuerza con la que cuenta para ello es su propia gravedad, y a ella se oponen, al principio, la fuerza centrífuga (debida al giro de la nebulosa), la energía cinética de sus propias partículas (que al acercarse chocan y se calientan y esto las hace alejarse unas de otras), los campos magnéticos (que impiden el flujo de material cargado perpendicular a sus líneas de campo) y múltiples trabas más; de hecho, hoy en día no se ha encontrado prueba de que alguna nebulosa se esté contrayendo ante nuestra vista, pero puede ser que las turbulencias de éstas nos oculten su contracción y el tiempo involucrado sea muy corto.

Cuando la gravedad logra vencer todos estos obstáculos puede formar cuerpos —llamados protoestrellas (ver figura 1)— que no podemos ver a simple vista porque no tienen luz propia, pero como están contrayéndose y calentándose pueden ser detectados con sensores de luz infrarroja. Estas protoestrellas son la semilla de las estrellas que en el futuro, ya adultas, iluminarán el firmamento.

Cada protoestrella tiene la posibilidad de convertirse en una o varias estrellas. Veamos como puede ocurrir este

fenómeno. Para que una estrella empiece a brillar, es decir, a expeler energía en forma de luz, es necesario que en su interior haya una temperatura suficientemente alta para que el hidrógeno (del que está formada) realice la fusión nuclear, procedimiento en el que dos átomos se unen y dan origen a uno solo, de un elemento de mayor peso atómico. Al fusionar elementos ligeros se obtienen grandes cantidades de energía, para fusionar el hidrógeno se requiere una temperatura del orden de seis millones de grados centígrados.

Si las protoestrellas no tienen suficiente masa para que al compactarse alcancen la temperatura de fusión (la masa mínima que se requiere es la décima parte de la del Sol), éstas continuarán comprimiéndose y enfriándose, hasta que los electrones de sus componentes se resistan a acercarse más y detengan el proceso, lo cual se debe a que dos electrones se resisten a ocupar el mismo lugar al mismo tiempo. La fuerza creada en ese momento se llama presión de degeneración de los electrones, y a la explicación de este fenómeno se le conoce como Principio de Pauli, quien es uno de los fundadores de la mecánica cuántica. Entonces nuestra protoestrella, totalmente comprimida y oscura, será una enana negra.

Cuando la masa de una protoestrella es suficiente para generar el calor ne-

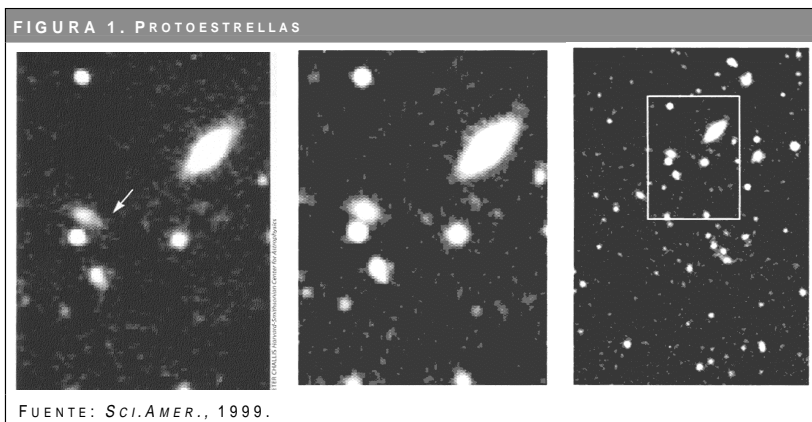
cesario para la fusión del hidrógeno, ésta se realiza en su parte central y lanza al infinito la luz de estrella, es decir, nace una estrella.

Las estrellas continúan fusionando hidrógeno en su interior la mayor parte de sus vidas. Cuando el hidrógeno se consume, el centro de la estrella comienza a contraerse y a calentarse, ahora con helio. Como en sus inicios, la estrella tiene dos opciones, si el calor de su núcleo es mayor que 120 millones de grados centígrados comenzará a fusionar helio (para que esto suceda se requiere una masa similar a la del Sol). Si la temperatura no alcanza este punto, las capas externas se expanden, mientras que las regiones centrales se contraen. A estas estructuras se les llaman gigantes rijas. Subsecuentemente, las capas externas son expelidas y sólo queda la región central que se contraerá más y más hasta que la presión de degeneración de los electrones lo detenga. Así, de esta manera surgen las llamadas enanas blancas. Estas estrellas se enfrían lentamente y son muy poco luminosas, pero cuando están cerca de otra estrella, a veces atraen materia de ella y adquieren por un tiempo gran brillo, a este fenómeno se le llama nova.

En la figura 3 se muestra una supernova, de izquierda a derecha, nótese como aumenta de tamaño.

Por otra parte, cuando la estrella fusiona helio puede continuar emitiendo luz, y al consumirse ese gas, tratará de fusionar los siguientes elementos de la misma manera, es decir, contrayendo su parte central y alejando sus capas externas. La estrella que antes brillaba con una luz blanca, ahora lo hará con una luz roja. Es ahora una gigante roja, una estrella que está a punto de morir.

La muerte de una estrella que se ha convertido en gigante roja es más espectacular que las películas de moda, y mucho más redituable y lucrativa.



Cuando la estrella alcanza a producir hierro ocurre una transformación catastrófica. El hierro no puede generar energía, cuando dos átomos más ligeros que el hierro se fusionan pierden peso y generan energía pero a partir del hierro; luego tienden a ganar peso, consumiendo energía, el hierro en lugar de proporcionar a la estrella energía se la quita lo que hace que el núcleo se enfríe y se comprima. Pero como este núcleo tiene mucho más masa que los de las enanas blancas ni siquiera la presión de degeneración de los electrones puede detenerlo. Está demostrado que la presión de degeneración de los electrones es incapaz de sostener un cuerpo mayor a 1.4 veces la masa del Sol (límite de Chandrasekhar). Los neutrones en el centro de la estrella también tienen presión de degeneración, ésta es mucho más potente que la de los electrones, pero sólo actúa cuando la materia está increíblemente comprimida. Las capas exteriores resisten enseguida el cambio, el colapso del núcleo ocasiona que la estrella explote, una inmensa luz se libera, mucho más que en una nova, a este fenómeno se le conoce como supernova.

Pensemos en el núcleo de esta estrella desaparecida, como ya vimos, estará formado por neutrones, por lo tanto, podemos llamarlo estrella de neutrones. Los estudios de estas estrellas nos dicen que tienen regiones que emiten ondas de radio. Pero la estrella de neutrones gira a gran velocidad, así que, desde nuestro punto de vista, es como un faro que late o pulsa en la lejanía. Con base en este hecho se dio otro nombre a estas estrellas: pulsares.

Pero no todas las supernovas se transforman en pulsares, cuando la masa del núcleo es mayor que tres veces la masa del Sol, ni siquiera los neutrones pueden detener su contracción, y así, todas las partículas se comprimen en un punto. Analizando este hecho podemos ver que la gravedad en un cuerpo estelar

exige una velocidad necesaria para salir de él, esta velocidad se conoce como velocidad de escape. En la Tierra, ésta es de 11 km/s; en una estrella de neutrones será de 180 mil km/s y en uno de estos cuerpos supera por mucho la velocidad de la luz, por lo tanto ésta no puede escapar y salir libre. Por eso es justo llamar agujero negro a este fenómeno.

Como la luz no puede escapar de un agujero negro debemos buscar otra forma de ubicarlo. Pensemos en lo que pasa a su alrededor: las partículas están girando alrededor del agujero negro y acercándose a él; al hacer esto empezarán a irradiar—debido a la aceleración—enormes cantidades de otros tipos de luz, los llamados rayos X. Entonces, si en el espacio encontramos una gran fuente de rayos X, podemos suponer que es un agujero negro.

Ahora todos deben estar preguntando por qué la destrucción de una estrella es redituable y lucrativa. Cuando una estrella muere (supernova o no) lanza al espacio grandes cantidades de gas cósmico que serán el inicio y la promesa de nuevas estrellas y constelaciones. Nuevos mundos surgirán mañana de las cenizas de las estrellas que se apagan hoy. Esto es en cuanto a lo redituable. La parte lucrativa del final de una supernova se refiere a la formación de metales preciosos. Como ya lo vimos, las estrellas son las fábricas de los elementos químicos pesados. Pero los elementos que son más pesados que el hierro no pueden ser generados en el núcleo estelar, ¿cómo llegaron a existir?

Cuando una supernova explota, los núcleos sufren transformaciones y lanzan al rededor las otras partículas (protones y neutrinos), estas partículas se unen a los átomos de la capa exterior de la estrella y forman núcleos más pe-



FIGURA 2. NEBULOSA.

FUENTE: SCI.AMER., 1999.

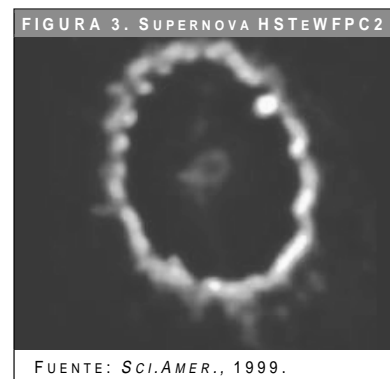


FIGURA 3. SUPERNOVA HSTWFPC2

FUENTE: SCI.AMER., 1999.

sados. Cuando una supernova explota, genera en su explosión todos los elementos que siguen al hierro en la tabla periódica. La explosión de una estrella genera, por ejemplo, más oro que cualquier lanzamiento cinematográfico.

Esta historia tan lejana súbitamente se transforma en la nuestra. ¿Cómo? Basta tomar las manos de nuestras mujeres, encender la luz, conducir nuestros vehículos, para que entremos en contacto con estos preciosos materiales que tuvieron origen en la explosión de una estrella antigua y ya extinta, que seguramente explotó cuando el Sol que vemos todos los días era apenas una inmensa y oscura nube de gas. Así, la enriqueció de tal manera que al formarse el Sol y los planetas éstos tuvieron una gran variedad de elementos, lo cual proporcionó las condiciones para que la vida, como la conocemos, se formara y surgiera. 🏠