



Conceptos previos

EL NACIMIENTO DEL SOL

LAS ESTRELLAS nacen, evolucionan y mueren. Su aparición, su vida y su muerte no son de ninguna manera caóticas, sino que obedecen a reglas precisas que la astrofísica moderna empieza a desentrañar. ¿Cómo ha sido esto posible? Nadie ha vivido lo suficiente como para ver nacer y morir a una estrella; la vida misma de toda la humanidad representa apenas un brevísimo suspiro en el tiempo de vida de una estrella. ¿Cómo es entonces que podemos hablar del nacimiento, la evolución y la muerte de las estrellas? El secreto está en que el cielo está lleno de ellas y en que no todas las que vemos se encuentran en el mismo estado de evolución. Se han visto nacer y morir estrellas y se han presenciado cambios de estado en algunas otras; esto ha permitido elaborar modelos de evolución estelar bastante satisfactorios que concuerdan con las observaciones cada día más abundantes. En la actualidad se pueden obtener en las rápidas y potentes computadoras las soluciones a las ecuaciones teóricas que gobiernan el estado de una estrella y obtener así un modelo del camino evolutivo de las estrellas en función de su masa y su composición química.

En términos generales, el proceso se inicia al azar. El gas y el polvo que se encuentra en el espacio va concentrándose por colisiones de las partículas y por atracción gravitacional a lo largo de millones de años hasta formar en algún lugar una enorme nube fría. Conforme el proceso de concentración continúa, empiezan a aparecer núcleos de concentración aquí y allá que son los embriones de los que más tarde surgirán estrellas. Estos embriones o *protoestrellas* son enormes, mucho mayores que todo nuestro sistema solar, y relativamente fríos, radiando sólo en el rango invisible del infrarrojo. Conforme continúa la concentración gravitacional, la protoestrella se vuelve cada vez más densa, se contrae cada vez con mayor velocidad y su temperatura es cada vez más alta. Una protoestrella que tenga aproximadamente la misma cantidad de materia que nuestro Sol se encoge desde su diámetro original de billones de kilómetros hasta el diámetro del Sol en aproximadamente 10 millones de años; para entonces, su parte central o núcleo ha alcanzado una temperatura del orden de 10 millones de grados y se inician las reacciones de fusión que convierten hidrógeno en helio: la estrella comienza a arder. Al principio, la estrella joven girará muy rápido y tendrá mucha actividad magnética, pero no seguirá ciclos regulares; un viento estelar intenso irá frenando su fogosidad y unos 20 millones de años después la estrella se estabiliza, se vuelve más brillante, gira en forma más lenta, su viento se vuelve más suave y menos masivo y su actividad magnética empieza a obedecer ciclos regulares; permanecerá en ese estado estable los próximos 10 000 millones de años, la etapa más larga de su existencia. Nuestro Sol tiene ya 5 000 millones de años en esta etapa que podríamos llamar madura y le esperan en ella otros 5 000 más. Desde la formación de la corteza terrestre el Sol ha sido una estrella muy semejante a la que es ahora y miles de millones de generaciones venideras seguirán viendo el mismo Sol. Después de esto, el Sol iniciará una serie de procesos que lo conducirán finalmente hasta su muerte; el fin inevitable de todas las estrellas. Pero no todas ellas duran lo mismo que el Sol. Mientras más masa tiene una estrella más corta es su vida. Una estrella con una masa 10 veces mayor

que la del Sol es 1 000 veces más brillante, pero sólo puede vivir 100 millones de años, mientras que las estrellas pequeñas pueden llegar a arder incluso decenas de billones de años.

Nuestra galaxia —la Vía Láctea— con unos 15 000 millones de años, sigue siendo aún un terreno fértil para la formación de estrellas. Se han formado en ella estrellas grandes y pequeñas; han nacido y muerto en ella miles de millones de ellas y el material que la compone sigue reciclándose en un ir y venir de nuevos astros. Se cree que nuestro sistema solar surgió de los restos de una enorme estrella que explotó en el pasado remoto; todo en él, incluyendo los átomos que forman nuestros cuerpos, formó parte alguna vez de una estrella gigante y espléndida que completó su ciclo de vida y devolvió al espacio su materia cumpliendo un proceso de reciclaje cósmico que mantendrá por siempre la formación de nuevas estrellas. Y es este proceso de reciclaje el que ha permitido la aparición de planetas como el nuestro donde se dieron todos los elementos necesarios para la evolución de la vida, aparición que pudo haber ocurrido en millones de otros sistemas planetarios. No existe ninguna razón para suponer que somos los únicos, ni los primeros, ni los últimos. La vida inteligente no es más que la herencia de las estrellas, un cierto paso más en el proceso evolutivo de un Universo vivo que en majestuosa armonía hace nacer estrellas y hombres y un sin fin de cosas aún insospechadas.

LA MUERTE DE UNA ESTRELLA

La energía de las estrellas no es inagotable; tarde o temprano, en forma tranquila o explosiva, cada estrella llega a su fin. Las características de las etapas finales de su evolución dependen de su masa: las estrellas pequeñas mueren de forma más modesta que las grandes, se extinguen simplemente, mientras que las gigantes tienen esplendorosos finales explosivos. Nuestra estrella es de las modestas.

Figura 29. Los residuos de una supernova. La famosa nebulosa del Cangrejo está formada por los residuos en expansión de una enorme estrella que al final de sus días estalló como

una esplendorosa supernova, hace casi mil años. El núcleo de la estrella quedó convertido en un pulsar que emite intensos pulsos de radiación 30 veces por segundo.

Por efecto del viento solar, el Sol seguirá rotando cada vez de manera más lenta, pero su frenamiento será ligero, ya que el viento solar actual y futuro es un viento tenue. Posiblemente la actividad magnética también continuará disminuyendo y las ráfagas serán menos violentas. Pero los cambios más importantes se irán originando en el interior del Sol, en el horno nuclear de fusión que cada vez tendrá menos hidrógeno y más helio. Como consecuencia de esto, el Sol se hará más caliente y más brillante. En unos 1 500 millones de años a partir de ahora su luminosidad será un 15% mayor que la actual y el helio de los casquetes polares en la Tierra se derretirá totalmente.

La temperatura del Sol no aumentará de forma indefinida; dentro de unos 4 o 5 000 millones de años, el Sol prácticamente habrá quemado todo el hidrógeno de su núcleo y lo habrá convertido en helio; para entonces su luminosidad será casi el doble de la actual y su tamaño habrá aumentado en un 40%. Las reacciones de fusión en su núcleo empezarán a extinguirse y ya no habrá presión suficiente para mantener su tamaño; empezará a contraerse y con ello a calentarse más, y nuevas reacciones de fusión de hidrógeno se iniciarán ahora en las capas circundantes al núcleo ya agotado. Éstas producirán una nueva expansión del Sol y en los 1 500 millones de años siguientes alcanzará un diámetro de más de tres veces su tamaño actual y su luminosidad será también tres veces mayor. La temperatura en la Tierra será para entonces superior al punto de ebullición del agua y todos los océanos hervirán, evaporándose y concentrándose en densas nubes.

El Sol será entonces lo que se conoce como una *subgigante roja*, pues su temperatura superficial disminuirá y su apariencia se tornará rojiza.

En los siguientes 250 millones de años el Sol seguirá creciendo y su luminosidad irá en aumento mientras que su superficie se tornará más fría; al final de esta etapa será una *gigante roja* de color intenso, con un diámetro 100 veces mayor que su tamaño actual y una luminosidad 500 veces más intensa. Mercurio será tragado por el Sol en esta etapa y la superficie de la Tierra será lava fundida.

El Sol no durará mucho en este estado. En sólo 250 millones de años su fase de gigante roja terminará bruscamente, se agotará prácticamente todo el hidrógeno y el centro del Sol se contraerá de nuevo; esta contracción irá aumentando la temperatura central que finalmente alcanzará un valor de 100 millones de grados. A esta temperatura, el helio, que hasta entonces había sido sólo un material residual, producto de la quema del hidrógeno, se convierte en un nuevo combustible con el que se iniciarán nuevas reacciones de fusión, ahora de núcleos de helio para formar núcleos de carbono con renovada liberación de energía; esto calentará aún más el núcleo y las reacciones de fusión se acelerarán, aumentando a su vez la temperatura central del Sol hasta un valor de 300 millones de grados.

El encendido del helio en el núcleo del Sol será un suceso explosivo que se llevará a cabo en unos cuantos minutos, por lo que se le conoce como "el estallido del helio". Esta explosión arrojará al espacio una cantidad considerable de la masa del Sol, tal

vez un tercio de ella, después de lo cual la masa restante se contraerá y el Sol se reducirá a sólo 10 veces su tamaño actual y su color se volverá anaranjado debido a una mayor temperatura superficial. Después del estallido del helio, el Sol será ya inestable y sufrirá una serie de oscilaciones en periodos relativamente cortos. Pero su luminosidad seguirá aumentando y volverá a crecer quizá hasta un tamaño de 25 veces el actual. Sin embargo, ahora sus capas externas serán tan diluidas y su núcleo tan pequeño que su radiación misma acabará por barrer toda su envoltura gaseosa dejando desnudo su centro mismo y formando lo que se conoce como una *nebulosa planetaria*.

Figura 30. Una nebulosa planetaria. Otra de las formas como una estrella puede terminar su vida es formando una nebulosa planetaria en la que la mayor parte de su material se ha esparcido dejando en el centro desnudo una estrella enana blanca. Este es el fin que muy probablemente tendrá nuestro Sol.

Finalmente toda la envoltura del Sol se difundirá y lo que quedará será sólo una pequeña estrella de la mitad de la masa del Sol actual, donde el material se hallará en un estado de altísima compresión, ocupando una esfera de diámetro similar al de la Tierra, un centésimo del diámetro del Sol en nuestros días. Su temperatura superficial será muy alta, del orden de 10 000 grados, por lo que se verá brillar con luz blanca; el Sol se habrá convertido entonces en una *enana blanca*. Esto ocurrirá cuando el Sol tenga alrededor de 15 000 millones de años de edad, dentro de unos 10 000 millones de años. Su luminosidad será entonces de un milésimo de la actual, la Tierra se enfriará nuevamente y tal vez, si logró retener sus nubes, las cuencas de sus océanos se llenarán de nuevo.

El núcleo, ya casi en su totalidad de carbón, del Sol que ha quemado ya su helio, nunca alcanzará temperaturas suficientemente altas para quemar el carbón. De ahí en adelante el Sol seguirá encogiéndose y enfriándose, aunque tal vez tenga todavía algunos estallidos que lo abrillanten en forma momentánea. Pero ahora ya se dirige hacia su fin; al enfriarse se volverá gradualmente amarillo y después rojo y finalmente, después de algunos miles de millones de años, se extinguirá para siempre dejando eternamente helado y en tinieblas a su sistema de planetas.

¿Qué futuro le espera a la especie humana? ¿Será en definitiva aniquilada cuando el Sol inicie la evolución hacia su fin, dentro de unos 5 000 millones de años? La civilización humana tiene sólo unos miles de años sobre el planeta Tierra; es aún muy joven comparada con todo lo que aún le falta por vivir al amparo del Sol y ha demostrado ya una gran capacidad de desarrollo. ¿Quién puede predecir lo que serán las civilizaciones terrestres dentro de 5 000 millones de años? Pero si hemos de guiarnos por la historia, podemos esperar que el hombre encontrará la manera de preservar su especie, de salvar su herencia cultural y transportarla al futuro. Los viajes espaciales son ya una realidad y aunque aún estamos lejos de poder colonizar otros mundos, aunque aún no conocemos otros mundos hospitalarios a los que poder emigrar, esto no se ve ya muy remoto. 5 000 millones de años son tiempo de sobra para resolver los problemas que en la actualidad ya están planteados. El instinto de supervivencia, la utilización racional de su inteligencia y la conciencia del valor de la conciencia han hecho del hombre la especie más empeñada y más capaz de sobrevivir en un universo cambiante y podemos abrigar grandes esperanzas de que lo lograra.