

# NEBULOSAS PLANETARIAS

## PILARES E INCERTIDUMBRES

Por Alejandro Márquez Lugo (IAA-CSIC)

### Pilares

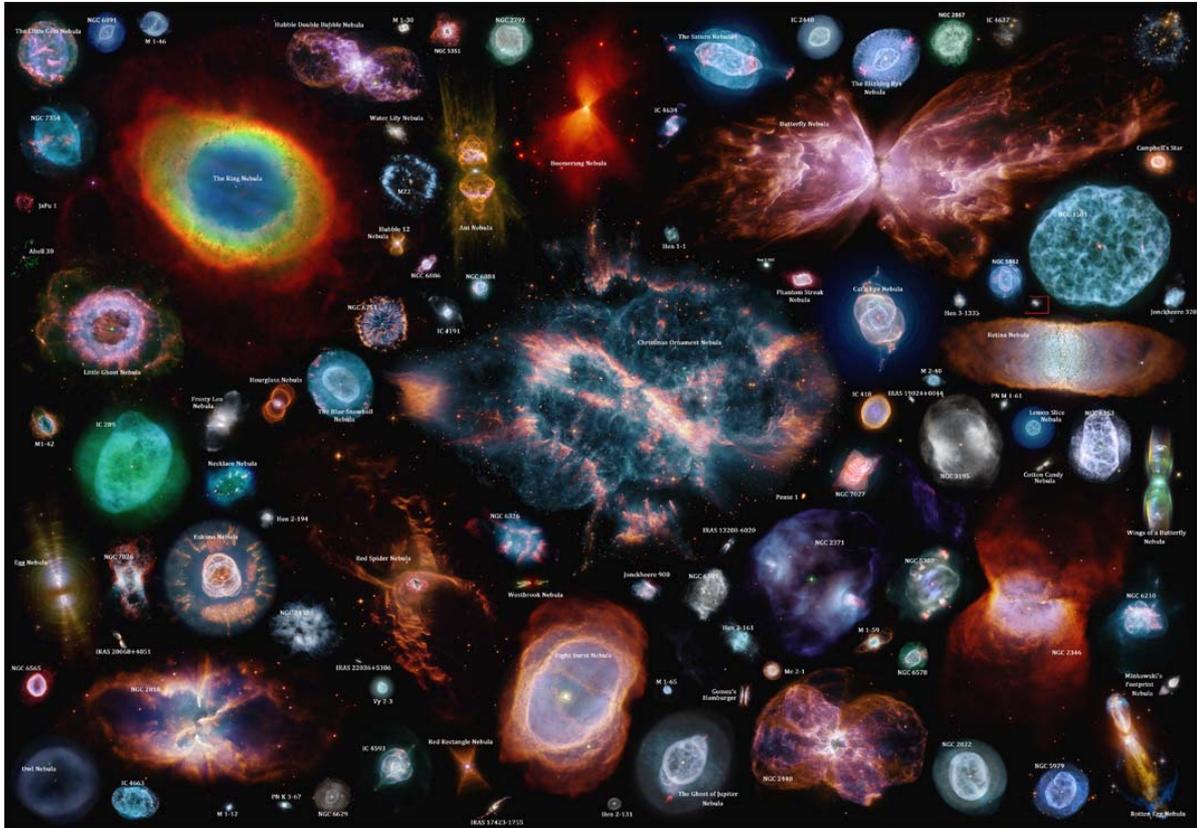
A finales del siglo XVIII se estaban catalogando los objetos astronómicos de aspecto nebuloso, entre los que se encontraban unos de apariencia gaseosa y con una única estrella central. Por su parecido superficial con los planetas exteriores del Sistema Solar se los denominó nebulosas planetarias (NPs), aunque no existe relación entre ellas y los planetas.

Ahora se sabe que las NPs son una etapa evolutiva tardía de las estrellas de masa baja e intermedia, esto es, entre 0.8 y ocho veces la masa solar. El proceso general de formación de las NPs está razonablemente bien entendido dentro del contexto de la teoría de la evolución estelar. Las estrellas son enormes esferas de hidrógeno que, debido a su autogravitación, están sometidas a un proceso de contracción más o menos intenso en función de su masa. Las estrellas, durante la mayor parte de su existencia, generan energía a partir de reacciones de fusión nuclear del hidrógeno que se encuentra en su centro, que alcanza una temperatura de unos veinte millones de grados. Esta energía, en su camino hacia el exterior de la estrella, produce una presión que se contrapone a la contracción gravitacional alcanzando un estado de equilibrio hidrostático. Típicamente, solo el 10% del hidrógeno de la estrella está disponible para la fusión y, más tarde o más temprano, el centro de la estrella comienza a llenarse de núcleos de helio; entonces el ritmo de las reacciones de fusión de hidrógeno decae y con él la producción de energía. Esto hace que la contracción gravitacional venza a la presión interna y la estrella se comprime.

En este punto se dispara un proceso de autorregulación: la contracción gravitacional de la estrella aumenta la temperatura de su centro y, cuando alcanza los cien millones de grados, los núcleos de helio colisionan y se fusionan para formar carbono (e incluso oxígeno). Esta energía es suficiente para volver a hinchar la estrella, que alcanza un radio de varias decenas de millones de kilómetros. La enorme expansión de las capas externas las enfría, por lo que se vuelven más rojas. A esta fase de desarrollo se le llama estrella gigante roja. Mientras el núcleo estelar fusiona helio, la capa de hidrógeno inmediatamente por encima de este alcanza la temperatura necesaria para fusionarse, y cuando la estrella tiene reacciones nucleares de manera simultánea en dos zonas distintas su producción energética se hace muy inestable. Esto provoca sucesivas rupturas del equilibrio hidrostático, lo que implica que la estrella pulse y, dado que sus capas más exteriores están sujetas muy débilmente por la gravedad, terminan por desprenderse.

Así pues, las NPs son estrellas que han expulsado sus capas externas dejando expuesto su núcleo. Este, que recibe el nombre de enana blanca, presenta un radio similar al de la Tierra, una temperatura superficial de varias decenas de miles de grados y emite intensamente en el ultravioleta. Dado que en el interior de la enana

blanca han cesado las reacciones nucleares, no se trata propiamente ya de una estrella sino de un remanente. El material expulsado forma una envoltura de gas y polvo a su alrededor, que absorbe parte de la radiación ultravioleta y luego la reemite de maneras características que dependen del tipo de material y de sus condiciones físicas. El polvo una NP reemite la mayor parte de su energía en forma de radiación infrarroja mientras que el gas lo hace en la parte óptica del espectro



Fuente: Julie Schmidt.

### **Incertidumbres**

En el caso ideal una estrella es un objeto con una simetría aproximadamente esférica, lo que implica una pérdida de masa y la formación de NPs en consecuencia. Pero la naturaleza real no es tan simple, y nos muestra una enorme riqueza y diversidad morfológica cuando de NPs se trata. La mayor parte de las NPs resueltas por los telescopios muestran simetrías distintas a la esférica: se observan NPs anulares, elípticas, bipolares, multipolares, helicoidales e irregulares. En la actualidad se trabaja intensamente en el esclarecimiento de las diversas morfologías de las NPs. Muchas de las simetrías pueden explicarse por efectos de perspectiva a partir de una morfología real básica de tipo bipolar, similar a un diábolo. Para explicar la bipolaridad se han propuesto una gran diversidad de mecanismos, entre ellos la misma rotación de la estrella, la existencia de una estrella compañera, un sistema planetario o el efecto de campos magnéticos. Parece haber una relación entre la masa de la estrella progenitora de la NP y la morfología, según la cual las estrellas menos masivas producen NPs esféricas y las más masivas generan NPs bipolares o en casos extremos irregulares, mientras que las elípticas corresponderían a estrellas de masa intermedia entre ambos extremos. Las estructuras de tipo helicoidal y multipolar parecen estar relacionadas con la precesión del eje de rotación de la estrella central aunque aún se discute la razón de la precesión misma.

Con la mejora en las observaciones y la ampliación del espectro electromagnético empleado se han detectado estructuras más complejas (por ejemplo anillos, rayos,

halos o grumos) incluso en las NPs que inicialmente se creían más simples. Hoy por hoy se busca de manera afanosa la explicación de estas estructuras y su dinámica. Las NPs representan una de las áreas más dinámicas y fascinantes de la astrofísica moderna y prometen aún la revelación de muchos secretos.

**Alejandro MÁRQUEZ LUGO (IAA-CSIC)**  
Este artículo aparece en el número 43, junio 2014,  
de la revista *Información y Actualidad Astronómica*,  
del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC)