

ARTÍCULO

## LAS NEBULOSAS PLANETARIAS, UNA ETAPA ESPECTACULAR EN LA EVOLUCIÓN DE LAS ESTRELLAS

Dra. Silvia Torres



## **Las nebulosas planetarias, una etapa espectacular en la evolución de las estrellas**

### **Resumen:**

Las nebulosas planetarias son las etapas finales de la evolución de las estrellas similares al Sol. Estos objetos son brillantes y espectaculares por lo que su estudio nos ha dado información sobre las estrellas progenitoras, así como sobre las modificaciones que sufrido el gas en nuestra galaxia. Son muchos los aspectos que se estudian sobre estos objetos tan interesantes.

### **Palabras clave:**

astrofísica, materia interestelar, nebulosas planetarias.

## **Planetary nebulae, a spectacular stage in stellar evolution**

### **Abstract:**

Planetary nebulae are the final stages of the evolution of stars similar to the Sun. They are bright and spectacular thereby their study has provided information about their progenitor stars, as well as about the changes that the interstellar matter has undergone. There are many topics of interest about these exciting objects.

### **Keywords:**

astrophysics, interstellar matter, planetary nebulae.

### **La materia entre las estrellas**

El espacio entre las estrellas no está vacío. Existen en él gas y pequeñísimas partículas sólidas. A esto se le llama materia interestelar. Aunque las densidades a las que se encuentran son bajísimas, los volúmenes del espacio son tan grandes que la cantidad de materia que hay en éste no es despreciable. Hay sitios en donde la materia está más densa y forma nubes que ocupan parte del espacio, mientras que en otros se encuentra más diluida, ocupando todo el espacio.

Son muchas las condiciones en las que se encuentra la materia interestelar, pues en algunas direcciones se encuentra en forma de nubes brillantes; en otras en forma de nubes densas y oscuras, en las que el gas se encuentra en estado molecular y a partir de las cuales se están formando estrellas; en otras más se encuentra muy diluida a altísimas temperaturas, etcétera. Dependiendo de su estado, son distintas las observaciones que se pueden hacer para entender las condiciones en las que se encuentra. Es decir, a distintas longitudes de onda, se pueden apreciar diferentes fases del gas; diversos estados de ionización, y distintas condiciones de

densidad y temperatura. Este gas puede estar a distintas temperaturas y densidades, y se manifiesta de diferentes formas. En las nubes más frías se encuentra en forma de moléculas, de H<sub>2</sub>, CO, etcétera, y emite radiación de microondas; en las nubes donde el hidrógeno es neutro, emite ondas de radio, y en las nubes donde el hidrógeno está caliente, se observa en luz visible. En algunos sitios que se encuentran a altísimas temperaturas, se puede observar el gas en rayos X.

Acompañando al gas está el polvo, que son partículas sólidas muy pequeñas que están presentes en el espacio interestelar. El polvo se descubrió porque hay zonas en el cielo que parecen estar desprovistas de estrellas. Ahí se ve el cielo muy oscuro, en contraste con el brillo en zonas cercanas. En estas zonas, la deficiencia aparente de estrellas se debe a que hay nubes densas de gas y polvo delante de ellas, en las que éste impide ver las estrellas más alejadas, ya que absorbe su luz.

Podemos decir que la material que hay entre las estrellas es principalmente hidrógeno y helio, y con pequeñas cantidades de todos los demás elementos químicos. Por su parte, el polvo interestelar está constituido por elementos como carbono, silicio, magnesio y oxígeno, que no son muy abundantes en el espacio interestelar. Además están recubiertos de hielos de amoníaco, metano y agua.

El estudio del gas y el polvo permite determinar la estructura de la Galaxia y los movimientos de éste en las distintas partes de los brazos espirales. También se puede determinar la densidad, la temperatura y la composición química del gas en las distintas regiones, así como la interacción entre éste y las estrellas. En las nubes densas, su estudio nos ayuda a entender los procesos de formación de nuevas estrellas.

Además de estudiar el estado de las diferentes regiones de gas, los astrónomos intentamos entender los procesos que dieron lugar a ellas y cuál es el estado que sigue a ellas. Es decir, si se trata de una nube de gas caliente, requerimos entender a qué se debe que esté caliente el gas, cómo se formó y cuáles son los procesos de destrucción a los que está sujeta.

## **Nebulosas planetarias**

Entre los objetos más interesantes se encuentran las llamadas Nebulosas planetarias. Se trata de un conjunto formado por una estrella caliente, al final de su evolución, rodeada por una nube de gas que la estrella misma arrojó al espacio recientemente. La combinación de estrella caliente y gas cercano a ésta, hacen que el gas se ilumine debido a la radiación ultravioleta de la estrella, por lo que el gas brilla en forma espectacular.



**Figura 1. La nebulosa planetaria NGC 5307 en la constelación de Centauro. Es un ejemplo de una nebulosa planetaria con forma espiral. Imagen cortesía del Telescopio Espacial Hubble de NASA/ESA.**

Se trata de las fases finales de estrellas semejantes al Sol (a las que llamamos estrellas de masa intermedia), las cuales después de agotar su combustible nuclear se despojan de las partes externas de la estrella, arrojándola al espacio, y mientras tanto la region central de la estrella que se encuentra muy concentrada, evoluciona hasta alcanzar el estado de enana blanca. La fase de nebulosa planetaria es muy breve en tiempos astronómicos, pues no se prolonga más allá de cerca de entre 10,000 y 100,000 años, dependiendo de la estrella progenitora. Esto debido a que el gas que fue parte de la estrella se aleja de ésta y se diluye cada vez más y simultáneamente la estrella central brillará cada vez con menor intensidad.

En el caso del Sol, sabemos que lleva 4 600 millones de años en un estado semejante al actual, puesto que en su interior está transformando hidrógeno en helio, lo que genera enormes cantidades de energía, que es la que mantiene la fase en la que se encuentra el Sol por tiempos muy prolongados. Finalmente dentro de 7 300 millones de años, después de varias fases como estrella gigante, el Sol dará origen a una nebulosa planetaria.

En realidad, los tiempos de evolución de las estrellas y las fases por las que transcurren dependen de la masa original de las estrellas. Aquellas semejantes al Sol (entre el 0.6 y 8 masas solares) terminan su evolución como nebulosas planetarias.

Las de masa menor que el 60% de la masa solar no han tenido tiempo de agotar su combustible, aún cuando se hayan formado desde el principio de la formación de nuestra galaxia. Por su parte, las de mayor masa que 8 veces la masa del Sol, tendrán una evolución muy rápida dando lugar a supernovas con residuos que pueden ser estrellas de neutrones, u hoyos negros. Se piensa que son las estrellas de más de 40 masas solares las que dan lugar a un hoyo negro.

Estos datos se refieren a la evolución de las estrellas aisladas. El problema se complica en el caso de las estrellas dobles que intercambian masa. Como la combinación posible de pares de estrellas es muy variada, el estudio de la evolución de las estrellas dobles es mucho más complejo.

### **Las estrellas enriquecen el espacio**

Cuando se formó el Universo, hace trece mil setecientos millones de años, sólo se formaron dos tipos de átomos: el hidrógeno y el helio. Las primeras estrellas se formaron a partir de la contracción de las nubes de gas que contenían exclusivamente esos elementos tan simples y fue durante su evolución que crearon los demás elementos. Cuando estas primeras estrellas concluyeron su evolución arrojaron materia al espacio, parte de ella enriquecida con los elementos químicos nuevos que ellas mismas sintetizaron, como el carbono y el oxígeno.

Las estrellas de gran masa que explotan como supernovas, son las que producen todos los elementos químicos distintos del hidrógeno y lanzan este material al espacio, es decir, producen todos los elementos químicos, incluyendo los más pesados que el hierro, que van a contribuir a modificar el gas entre las estrellas.

Las estrellas de masas intermedias, similares al Sol, consumen hidrógeno dentro de sus núcleos para producir helio. Posteriormente transforman este último en carbono, nitrógeno y oxígeno. Estas sustancias se mezclan con el material original en las capas externas, las cuales son arrojadas al espacio.

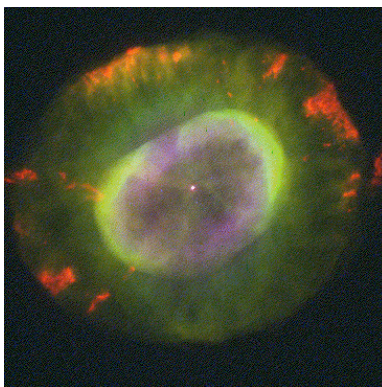
Aunque las supernovas son las principales responsables de la modificación de los gases entre las estrellas, también las nebulosas planetarias contribuyen al proceso

de enriquecimiento del medio interestelar, aunque lo hacen principalmente con helio, carbono y nitrógeno fresco. La contribución por cada una de estas estrellas es muy modesta, sin embargo éstas son mucho más numerosas que las supernovas, por lo que su efecto neto es importante. Se considera que la contribución de la modificación de helio, y carbono es de cerca del 50%, debido a las supernovas y otro tanto debido a las nebulosas planetarias, en tanto que estas últimas han producido el 80% del nitrógeno del Universo.

Durante toda la historia de la galaxia ha habido un entramado de formación y destrucción de estrellas, cada una de ellas a su propio ritmo, ya que los tiempos de vida son muy distintos para las estrellas de mucha masa, que para las estrellas de poca masa. Cada una de las estrellas que se destruye contribuye a modificar un poco el medio interestelar. Así, la siguiente generación de estrellas se forma de un material ligeramente diferente del anterior. Se requieren

varias generaciones de estrellas para enriquecer el medio interestelar, a fin de que se puedan formar sistemas solares como el nuestro, donde la abundancia de elementos como el oxígeno y el carbono sea considerable.

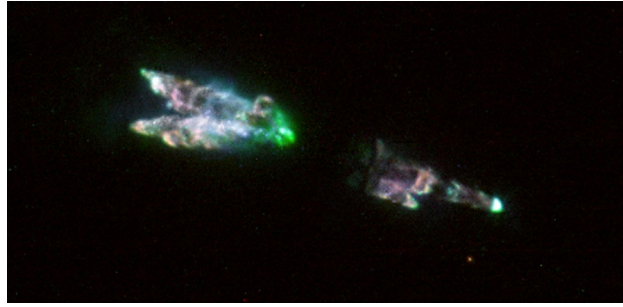
Mediante el estudio de las nebulosas planetarias y otras nubes gaseosas, se ha descubierto que en las regiones centrales de la galaxia hay una abundancia mayor de elementos como el oxígeno, hierro y otros elementos distintos del hidrógeno, que en las partes externas. Esto se debe a que la tasa de formación estelar es mayor en el centro que en la orilla, debido a que es mayor la cantidad de materia disponible para la creación de estrellas.



**Figura 2. La nebulosa planetaria NGC 7662 en la constelación de Andrómeda, también conocida como bola de nieve azul. Su tamaño angular es de 30". Imagen cortesía del Telescopio Espacial Hubble de NASA/ESA.**

Nosotros mismos estamos constituidos por una gran variedad de elementos químicos. La base de nuestro cuerpo son el oxígeno, el carbono, el hidrógeno y el nitrógeno. Además tenemos, aunque en menor proporción, otros elementos. Recordemos que hemos dicho que el hidrógeno y el helio se formaron desde los primeros momentos de la Gran Explosión, pero el resto de los elementos se formó en el interior de las estrellas. Éstos fueron lanzados después al espacio y de ahí se formó el Sistema Solar, del que formamos parte. Es decir, que gran parte de nuestro cuerpo estuvo en el interior de alguna estrella. ¡Somos polvo de estrellas!

Los estudiosos de las nebulosas planetarias intentan determinar su distancia, las propiedades de las estrellas centrales y el gas, sus movimientos de expansión, la edad de la formación de la envolvente, su composición química, su distribución de los distintos estados del gas (moléculas, gas neutro, gas ionizado, etcétera) y las propiedades del polvo de la envolvente, entre otras preguntas.



**Figura 3. Este objeto todavía no es una nebulosa planetaria, pues la estrella central no está suficientemente caliente. Se trata de CRL618 en la constelación del Cochero (Auriga). Imagen cortesía del Telescopio Espacial Hubble de la NASA/ESA.**

La búsqueda de nebulosas planetarias en nuestra galaxia nos permite conocer apenas cerca de 3,000 objetos, mientras que en otras galaxias la exploración ha sido muy eficaz. En unos cuantos años se han identificado cerca de 7,000 diferentes nebulosas planetarias en más de 55 galaxias. Estas investigaciones no solamente nos permiten conocer mejor las propiedades de las nebulosas mismas, sino que también se emplean para determinar algunas características de las galaxias, tales como la distancia a la que se encuentran, las velocidades de rotación y el tamaño de las mismas.

Puedo decir que las nebulosas planetarias han apasionado a muchos astrónomos desde su descubrimiento en 1738 y nos siguen intrigando, pues aunque conforme pasa el tiempo se conocen más detalles de las mismas, cada vez surgen nuevas preguntas sobre ellas.

### **Bibliografía**

Torres, S., Fierro, J. (2009) *Nebulosas planetarias: la hermosa muerte de las estrellas*. México: Fondo de Cultura Económica.