

L'ESPLENDOR DELS MAUSOLEUS CÒSMICS

El Sol és un estel comú amb una quantitat de matèria no gaire gran en comparació amb la dels estels més massius. La massa dels estels determina la seua evolució i en particular com han de ser les etapes finals de la seua vida. Hem parlat en aquestes pàgines (vegeu MÈTODE, 29) de la manera com estels amb quantitat de matèria superior a vuit vegades la massa del Sol acaben els seus dies esclatant com una supernova. El final del Sol –i dels estels semblants– no ha de ser tan catastròfic, però produirà, si més no, un objecte celest d'extraordinària bellesa. Són les nebuloses planetàries: mausoleus còsmics on reposen les restes d'estels ordinaris que varen brillar durant milers de milions d'anys.

La vida del Sol, com a l'estel que ara ens enlluerna i fa habitable la Terra, serà d'uns deu mil milions d'anys. L'astre que regna al sistema solar ja ha viscut la meitat d'aquest període. En l'interior del Sol, les reaccions termonuclears transformen l'hidrogen en heli (aquest procés s'anomena fusió nuclear).

L'energia generada en el nucli per aquestes reaccions produeix pressió cap a l'exterior que compensa la tendència a col·lapsar de les capes més externes, deguda a la força gravitatòria. Mentre es manté l'equilibri entre aquestes forces l'estel roman estable. En anar esgotant-se el combustible –la quantitat d'hidrogen– no es pot produir suficient pressió per compensar la gravetat, aleshores l'interior de l'estel comença a contraure's. La temperatura i la densitat al nucli augmenten considerablement i això permet reactivar les reaccions termonuclears per transformar ara heli en carboni. Aquest procés produeix una gran quantitat d'energia que fa augmentar la lluminositat de l'estel; al mateix temps, però, l'estel s'infla –el diàmetre augmenta unes 200 vegades– i com a conseqüència d'aquesta expansió la temperatura minva: l'estel es va convertint gradualment en un gegant roig. Aquesta evolució és molt més ràpida com més massiu és l'estel. Finalment també s'esgota l'heli, i el nucli, format per carboni i oxigen amb una massa d'aproximadament el 60% de la massa



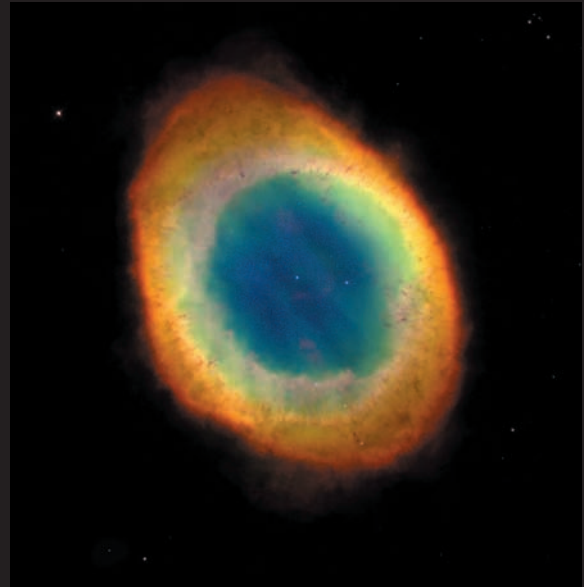
La nebulosa planetària de la Formiga. L'any 1997, els astrònoms B. Balick i V. Icke utilitzaren el telescopi espacial Hubble per obtenir una imatge d'aquesta nebulosa. R. Sahai i J. Trauger obtingueren una altra imatge amb diferents filtres un any després. La imatge reproduïda, cortesia de NASA, ESA i del Hubble Heritage (STScI/AURA), és una composició de les dues.

del Sol, roman inactiu rodejat per dues capes estretes amb heli i hidrogen que continuen cremant-se. La combustió en les capes externes produeix inestabilitats i pulsacions violentes en la superfície de l'estel que donen lloc a l'expulsió dels embolcalls exteriors. Quan observem estels en aquesta fase, podem apreciar que les capes de gas més externes –formades fonamentalment per hidrogen– són llançades a l'espai exterior amb una velocitat d'unes desenes de km/s (molt inferior a les velocitats d'expansió de milers de km/s dels embolcalls de les supernoves).

L'interior de l'estel es converteix en un nan blanc, un estel petit aproximadament de la grandària de la Terra, però molt més massiu. La densitat assolida en l'interior d'aquests nans blancs, com a conseqüència de comprimir en un volum com el de la Terra una massa poc inferior a la del Sol, és de l'ordre d'un milió de g/cm³. La temperatura a la superfície pot arribar als 200.000 K (la temperatura superficial del Sol és de 5.700 K). Malgrat ser tan calents, la brillantor dels nans blancs –en observar-los des de la Terra– és petita com a conseqüència de la seua minúscula superfície. Tenen tonalitats blanques i blavoses. La radiació, però, representa un altre paper molt important: la llum ultraviolada emesa pel nan blanc enlluerna el gas dels embolcalls expulsats i ens permet observar la nebulosa planetària com un gas fluorescent amb diferents tonalitats segons la seua composició química.

El terme nebulosa planetària va ser encunyat per William Herschel l'any 1785 com a conseqüència de l'aparença d'aquets astres extensos en veure'ls a través d'un petit telescopi. Certament s'assemblen més als discs dels planetes que a la imatge puntual d'un estel. Ja hem explicat, però, que no tenen res a veure amb els planetes. Malgrat tot, el nom s'ha mantingut.

Des del temps de Herschel fins ara s'han observat i fotografiat unes dues mil nebuloses planetàries en la nostra galàxia. En molts casos, els nans blancs a l'interior de les nebuloses són observables amb el telescopi. Algunes tenen formes relativament esfèriques, com la nebulosa de l'anell en la constel·lació de la Lira (encara que l'anell és més aviat el·líptic que no pas circular). Altres, com la nebulosa de la Formiga, tenen formes marcadament bipolars. Aquestes estructures emmagatzemen una informació crucial sobre les darreres etapes evolutives dels estels que les produïren. En el cas de la nebulosa de



La nebulosa planetària de l'anell en la constel·lació de la Lira. Els colors corresponen als diferents constituents químics: el blau per a l'heli, el verd per a l'oxigen, i el roig per al nitrogen. Cortesia de la NASA i The Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

la Formiga, les formes espectaculars que s'aprecien revelen la possible presència d'un estel molt pròxim orbitant al seu voltant. La influència gravitatòria d'aquest estel seria la responsable de la disposició observada en els embolcall gasosos. Altra hipòtesi apunta a la presència de vents estel·lars –com el vent solar però molt més intensos i ràpids– produïts pel camp magnètic de l'estel central. Aquests vents haurien modelat la forma de les nebuloses planetàries.

En qualsevol cas, aquests mausoleus còsmics són, al mateix temps, llavors que donaran lloc a noves generacions d'estels. Els gasos llançats a l'espai contenen carboni i nitrogen provinent de l'atmosfera de l'estel mort. Aquests núvols de gas, junt amb els elements més pesants procedents d'explosions de supernoves, poblen el medi interestel·lar. Serviran per a formar nous estels i, eventualment, sistemes planetaris en els quals ja està garantida la presència dels elements químics necessaris per a la vida.

VICENT J. MARTÍNEZ
*Director de l'Observatori Astronòmic de la
 Universitat de València*