

Estudio morfológico de nebulosas planetarias con GEMINI

R.A. Pignata^{1,3}, D. Mast^{1,3}, W. Weidmann^{1,3} & G. Oio^{2,3}

¹ Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC, Argentina

² Instituto de Astronomía Teórica y Experimental, CONICET-UNC, Argentina

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

Contacto / rafaelpignata@unc.edu.ar

Resumen / Debido a que el proceso de formación de las nebulosas planetarias es extremadamente complejo, existen muchos factores que dan lugar a una amplia variedad de formas y tamaños. Estas pueden consistir en simetrías multiaxiales, sistemas organizados de nudos y jets de baja ionización. Utilizando los instrumentos GMOS-N y GMOS-S se tomaron imágenes con filtros de banda angosta a 4 NPs poco estudiadas y se las clasificó morfológicamente.

Abstract / Since the formation process of planetary nebulae is extremely complex, there are many factors that give rise to a wide variety of shapes and sizes. These can consist of multiaxial symmetries, organized systems of knots, and low ionization jets. Using the GMOS-N and GMOS-S instruments, 4 poorly studied PNs were imaged with narrow-band filters and morphologically classified.

Keywords / planetary nebulae: individual (K 3-46, K 3-82, M 2-53, WRAY 16-64) — ISM: structure

1. Introducción

Una estrella que abandona la rama asintótica de las gigantes (AGB por sus siglas en inglés) expulsa sus capas externas, dejando su núcleo expuesto, y continúa su proceso evolutivo hasta transformarse en una enana blanca. Previo a ese punto la estrella ionizará el cascarón expulsado, haciéndolo brillar, dando origen a lo que llamamos nebulosa planetaria (NP).

A partir de que Shklovsky (1956) mencionara por primera vez que las nebulosas planetarias (NPs) eran la etapa final de la vida de una estrella de baja masa, estas reliquias gaseosas de la evolución estelar, presentes tanto en nuestra galaxia como en otras, se transformaron en laboratorios astrofísicos donde no solo es posible el estudio de las poblaciones estelares y la evolución estelar, sino también la cinemática y dinámica del gas, el polvo y las moléculas.

El proceso de formación de las NPs es extremadamente complejo. Campos magnéticos, rotación estelar, vientos supersónicos y la presencia de sistemas binarios, producen un amplio abanico de tamaños, formas y características, que alejan a estos objetos de la simple morfología esférica (Morris, 1987, 1990; Soker, 1990, 1997; Bujarrabal et al., 2001; Blackman et al., 2001; Jones & Boffin, 2017).

Clasificar morfológicamente las NPs es un punto inicial importante para determinar qué mecanismos físicos pueden o no influir en el proceso de moldear las diferentes características nebulares.

Dentro de los múltiples esquemas de clasificación morfológica de NPs (Zuckerman & Aller, 1986; Schwarz et al., 1993; Corradi & Schwarz, 1995; Manchado et al., 1997) uno de los más actuales y detallados es el presentado por Sahai et al. (2007) y Sahai et al. (2011), siendo

este último el que será utilizado en este trabajo para realizar la clasificación morfológica de cuatro NPs poco estudiadas.

2. Datos y reducción

Los cuatro objetos incluidos en este trabajo forman parte de una muestra de 19 NPs confeccionada a partir de los siguientes criterios: haber sido poco estudiadas, presentar una morfología aparente interesante, y un tamaño angular entre 10''–30''.

Las observaciones fueron realizadas en la modalidad Poor Weather (PW) con un bineado 2×2, obteniendo así una escala de imagen de 0.16'', y utilizando los filtros de banda angosta *Ha_G0310*, *OIII_G0318* y *SII_G0317* del instrumento Gemini Multi-Object Spectrographs* North (GMOS-N) para las nebulosas M 2-53, K 3-46 y K 3-82, y *Ha_G0336*, *OIII_G0338* y *SII_G0335* del instrumento Gemini Multi-Object Spectrographs South (GMOS-S) para WRAY 16-64. Para cada NP se tomaron cuatro integraciones de 750s en cada filtro.

Todos los datos fueron reducidos en su totalidad utilizando el *software* de reducción de GEMINI: DRAGONsv2.1.1.

3. Clasificación morfológica

La clasificación morfológica se llevó a cabo siguiendo los tipos definidos por Sahai et al. (2011), desarrollada utilizando datos obtenidos por el Telescopio Espacial Hubble (HST por sus siglas en inglés). La calidad de los datos utilizados para la mencionada clasificación

*<https://www.gemini.edu/instrumentation/gmos>

Tabla 1: Resultados

Nombre	WRAY 16-64	K 3-46	K 3-82	M 2-53
PN G	283.8-04.2	069.2+03.8	093.3-00.9	104.4-01.6
Clasificación morfológica	S, t, *	B, o, t, ps(s,t)	E, pr, wv	B, o, *, bcr(o), wv, h
Clasificación previa	Posible B ⁽¹⁾	B ⁽²⁾	E ⁽³⁾	E ⁽⁴⁾
Filtros usados en la clasificación	H α , [OIII] y [SII]	H α	H α	H α , [OIII] y [SII]
Figura	1	2	3	4

(1) Miszalski et al. (2013), (2) Dobrinčić et al. (2008), (3) Reimers et al. (2000), (4) Akashi & Soker (2021)

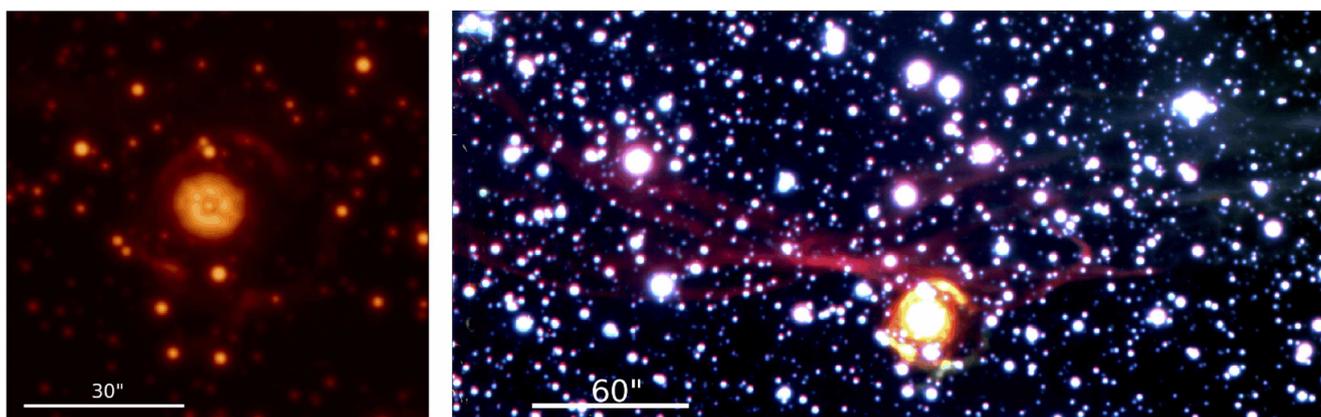


Figura 1: Imágenes de WRAY 16-64. *Panel izquierdo*: filtro H α . *Panel derecho*: filtros [OIII] (rojo), H α (verde) y [SII] (azul), en la que se observa por encima de la NP filamentos que emiten principalmente en [OIII] a la izquierda y en H α a la derecha. FWHM = 1.18". Orientación: este arriba, norte a la izquierda

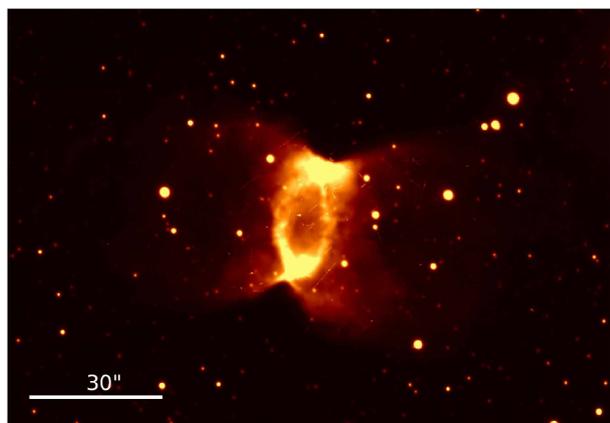


Figura 2: Imagen de K 3-46 en el filtro H α . FWHM = 0.70". Orientación: este a la izquierda, norte abajo

permitted to develop the more detailed method until the moment.

Sahai et al. (2011) destacan el hecho de que los filtros de banda angosta que cubren las líneas [OIII] 5007Å y H α son sensibles a la morfología. En las observaciones reportadas en este trabajo incluimos además el filtro [SII] 6717Å.

El análisis de los datos se realizó utilizando las imágenes en H α para K 3-46 (Fig. 2) y K 3-82 (Fig. 3) debido a que, para estos objetos, los filtros [OIII] y [SII] no presentaban importantes detalles. En las 2 NPs restantes, WRAY 16-64 (Fig. 1) y M 2-53 (Fig. 4) se utilizaron los 3 filtros. La imagen de M 2-53 fue pro-

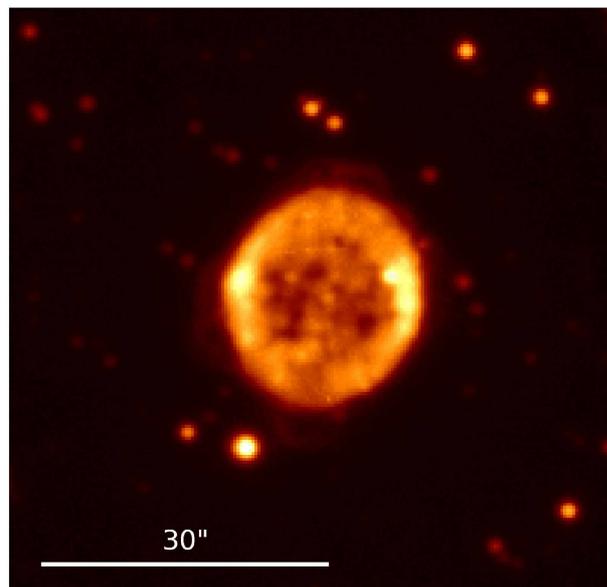


Figura 3: Imagen de K 3-82 en el filtro H α . FWHM = 1.18". Orientación: este a la izquierda, norte abajo

cesada por T. A. Rector (University of Alaska Anchorage/NSF's NOIRLab), J. Miller (Gemini Observatory/NSF's NOIRLab), M. Zamani & D. de Martin (NSF's NOIRLab).

En la Tabla 1 se presenta la clasificación de cada NP. La letra mayúscula representa la clasificación primaria, en minúscula y símbolos, la clasificación secundaria.

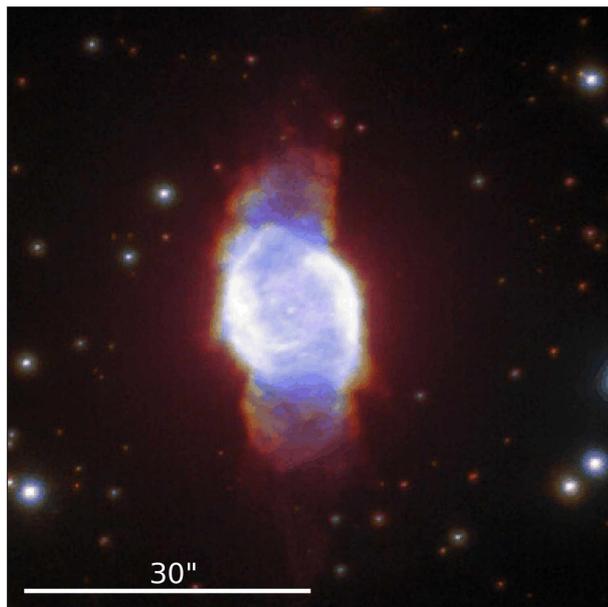


Figura 4: Imagen de M 2-53 en los filtros $H\alpha$ (rojo), [OIII] (azul) y [SII] (verde). FWHM = $0.60''$. Orientación: este abajo, norte a la derecha.

3.1. Clasificación primaria

A WRAY 16-64 se la clasificó como espiral (S) debido a que se observa una estructura de dos brazos espirales en la imagen obtenida con el filtro $H\alpha$ (*panel izquierdo* Fig. 1). Un brazo se observa en la parte superior y se extiende hacia la derecha, y otro en la parte inferior que se extiende hacia la izquierda. De igual manera, en la parte inferior se observa una estructura que se extiende hacia la derecha, aunque nosotros no concluimos que se conecte con el brazo superior. Por otra parte, debido a la estructura filamentosa, detectable en los filtros [OIII] y $H\alpha$, que se observa en la parte superior de la NP (*panel derecho* Fig. 1), la clasificación S puede ponerse en duda. No tenemos elementos para inferir si estos filamentos son parte de la nebulosa. En este sentido, los brazos podrían no ser parte de la NP, o sí y ser lóbulos cerrados, en cuyo caso la clasificaríamos como bipolar (B), como Miszalski et al. (2013). Para definir su clasificación sería necesario un estudio cinemático-espacial.

A K 3-46 se la clasificó como una B, a K 3-82 como una NP elongada (E), y por último a M 2-53 como una B. Algo interesante a destacar es que a esta última Akashi & Soker (2021) la designaron como E y a los lóbulos los llaman orejas. Nosotros diferimos y la clasificamos como B ya que sin importar si son jets u orejas, la presencia del par de lóbulos es consistente con una nebulosa bipolar.

3.2. Clasificación secundaria

En la clasificación secundaria se observa que WRAY 16-64 junto con M 2-53 presentan visible a su estrella central (*). Tanto K 3-46 como WRAY 16-64 presentan

una estructura brillante toroidal (t) en la región central. En muchos casos, NPs B (como es el caso de K 3-46) no presentan geometría de toro, sino que muestran una apariencia de barril y para describirlas se utiliza bcr (región central en forma de barril). En M 2-53 se puede visualizar dicha estructura abierta (bcr(o)), que sería la región elíptica brillante de la cual se extienden los lóbulos. También se observa en ella una estructura con patrones (wv), como una trama o un moteado, al igual que en K 3-82, y por último se puede identificar un halo (h).

K 3-46 muestra lóbulos que terminan abiertos (o) y poseen una forma geométrica general simétrica de punto ps(s) y una cintura que tiene una estructura simétrica de punto ps(t). También K 3-82 presenta lóbulos, 4 menores cerrados, los cuales se encuentran en la parte superior, inferior, izquierda y derecha, diametralmente opuestos (pr).

4. Conclusiones

Para complementar y confirmar ciertas características morfológicas identificadas en la presente clasificación, serán necesarios otros estudios, por ejemplo, cinemáticos. De todas maneras es importante destacar que el presente trabajo utilizó datos de excelente calidad y resolución espacial que provee GEMINI, aún en modo Poor Weather, considerando que la clasificación de Sahai et al. (2011) fue realizada con imágenes del HST. El trabajo se continuará con la clasificación morfológica del resto de las NPs de la muestra y obteniendo datos a partir de espectroscopía de ranura larga y de campo integral para determinar características físicas de sus componentes morfológicas.

Referencias

- Akashi M., Soker N., 2021, ApJ, 913, 91
 Blackman E.G., Frank A., Welch C., 2001, ApJ, 546, 288
 Bujarrabal V., et al., 2001, A&A, 377, 868
 Corradi R.L.M., Schwarz H.E., 1995, A&A, 293, 871
 Dobrinčić M., et al., 2008, AJ, 135, 2199
 Jones D., Boffin H.M.J., 2017, Nat. Astron., 1, 0117
 Manchado A., et al., 1997, H. Habing, H. Lamers (Eds.), *Planetary Nebulae*, 24–25, Springer Netherlands, Dordrecht
 Miszalski B., et al., 2013, MNRAS, 436, 3068
 Morris M., 1987, PASP, 99, 1115
 Morris M., 1990, M.O. Mennessier, A. Omont (Eds.), *From Miras to Planetary Nebulae: Which Path for Stellar Evolution?*, 520
 Reimers C., Dorfi E.A., Höfner S., 2000, A&A, 354, 573
 Sahai R., Morris M.R., Villar G.G., 2011, AJ, 141, 134
 Sahai R., et al., 2007, AJ, 134, 2200
 Schwarz H.E., Corradi R.L.M., Stanghellini L., 1993, R. Weinberger, A. Acker (Eds.), *Planetary Nebulae*, vol. 155, 214
 Shklovsky I.S., 1956, AZh, 33, 315
 Soker N., 1990, AJ, 99, 1869
 Soker N., 1997, ApJS, 112, 487
 Zuckerman B., Aller L.H., 1986, ApJ, 301, 772