



Desarrollo Morfo-Cinemático de nebulosas planetarias en etapas avanzadas de su evolución.

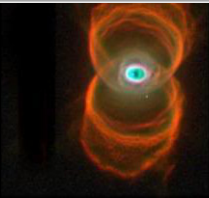
Teresa García Díaz

Instituto de Astronomía, UNAM
Campus Ensenada

COLABORADORES:

*Alberto López
Diego González
Michael Richer
William Henney
Wolfgang Steffen*





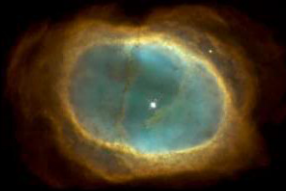
MyCn18



NGC6543



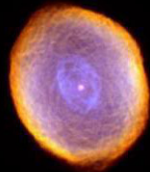
NGC6826



NGC3132



NGC2392



IC418



M2-9



IC4406

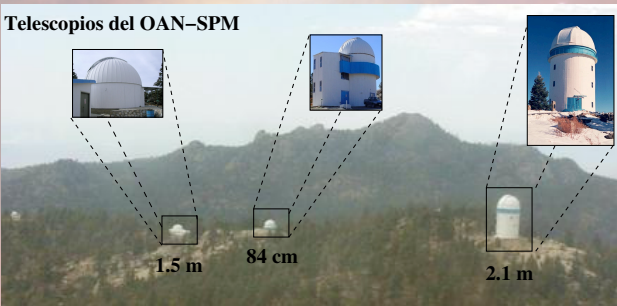


Técnicas de investigación

Espectroscopía con MEZCAL

- Espectroscopía de alta resolución espectral (Echelle) con resolución espacial (rendija larga).

Telescopios del OAN-SPM



- Espectroscopía de baja resolución B&Ch
- Imagen directa
- Fotometría integral de campo con el instrumento RATIR





The SPM Kinematic Catalogue of Planetary Nebulae

López, J. A., Richer, M. G., García-Díaz, Ma. T., Clark, D. M., Meaburn, J., Riesgo, H., Steffen, W., & Lloyd, M.,
2012, RevMexAA, 48, 3.(pdf)

The SPM Catalog of Extragalactic Planetary Nebulae

Richer, M. G.; López, J. A.; Díaz-Méndez, E.; Riesgo, H.; Báez, S.-H.; García-Díaz, Ma. T.; Meaburn, J.;
Clark, D. M.; Calderón Olvera, R. M.; López Soto, G.; Toledano Rebolo, O.,
2010, RevMexAA, 46, 191.(pdf)

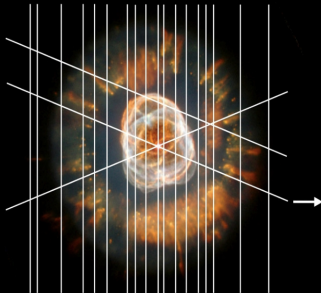


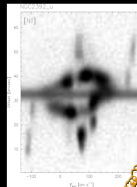
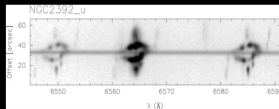
Image Credit: The Hubble Heritage Project. The overlaid lines indicate the position of the long slits over the nebula (see catalogue).

Select database to enter:

Galactic Extragalactic

Log in

Note: If you use information from this database for publication or teaching purposes, the authors kindly ask you to cite the appropriate reference listed above. Thank you.



Construcción y Manejo de Cubo de Datos

Parámetros



Momentos de velocidad:

$$M_k = \int_{V_1}^{V_2} v^k I(v) dv$$



Construcción y Manejo de Cubo de Datos

Parámetros

- 1 Brillo superficial de línea, $S = M_0$
- 2 Velocidad media, $\langle V \rangle = M_1/M_0$
- 3 Raíz cuadrática media, $\sigma^2 = (M_2/M_0) - \langle V \rangle^2$



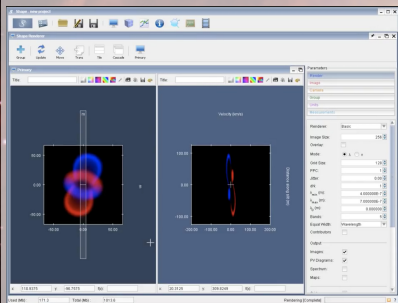
Momentos de velocidad:

$$M_k = \int_{V_1}^{V_2} v^k I(v) dv$$



Modelo Mofa-cinemático

Steffen et al. (2011; 2017)

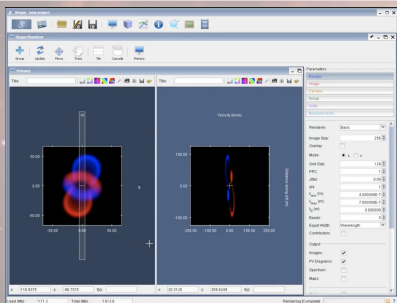


- Definir la forma geométrica
- Distribución de emisividad para cada objeto
- Ley de velocidad en función de posición.
- Los parámetros del modelo se ajustan iterativamente hasta obtener una solución satisfactoria



Modelo Mofa-cinemático

Steffen et al. (2011; 2017)



- Definir la forma geométrica
- Distribución de emisividad para cada objeto
- Ley de velocidad en función de posición.
- Los parámetros del modelo se ajustan iterativamente hasta obtener una solución satisfactoria

Resultado: una imagen bidimensional y arreglos PV sintéticos

Una de las ventajas de SHAPE es que permite modelar elementos de forma independiente con diferentes leyes de velocidad para cada componente de la NP.



THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 761:172 (11pp), 2012 December 20

doi:10.1088/0004-637X/761/2/172

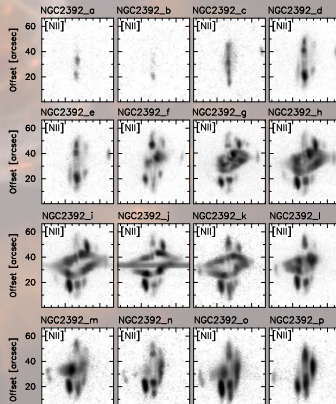
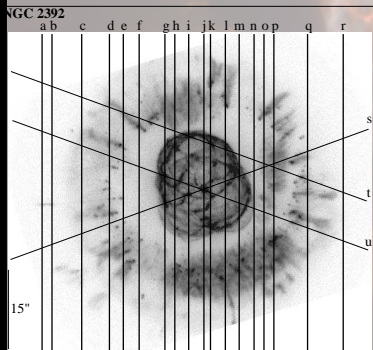
© 2012. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in the U.S.A.

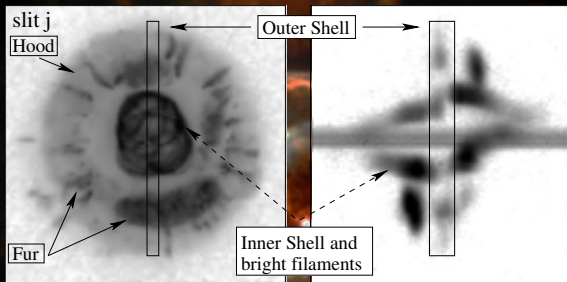
A DETAILED MORPHO-KINEMATIC MODEL OF THE ESKIMO, NGC 2392: A UNIFYING VIEW WITH THE CAT'S EYE AND SATURN PLANETARY NEBULAE

MA. T. GARCÍA-DÍAZ, J. A. LÓPEZ, W. STEFFEN, AND M. G. RICHER

Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Ensenada, Ensenada, Baja California, 22800, Mexico; tere@astrosen.unam.mx,jal@astrosen.unam.mx, wsteffen@astrosen.unam.mx, richer@astrosen.unam.mx

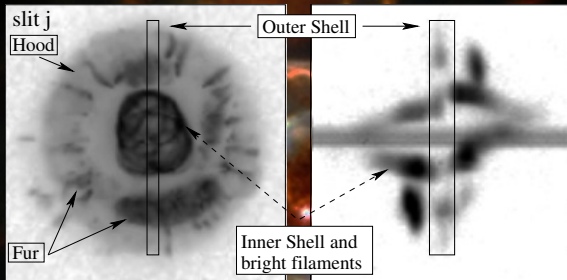
Received 2012 June 26; accepted 2012 November 6; published 2012 December 5





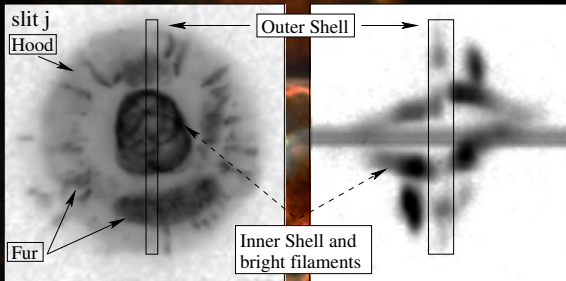
- CASCARON INTERNO: Elipse de velocidad inclinada y distorciónada (forma de cacahuete)





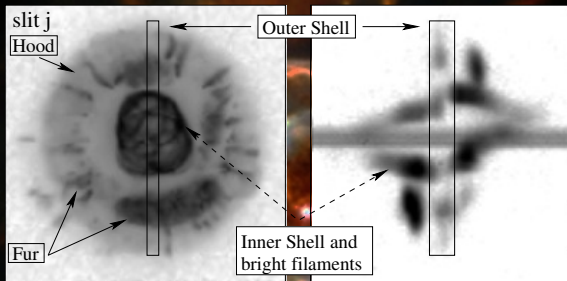
- Rendija central j: $V_{exp} \approx 120 \text{ km s}^{-1}$.





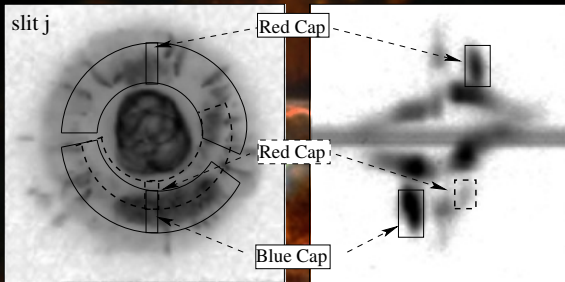
- **CASCARON EXTERIOR:** La forma del elipsoide de velocidad es uniforme y suave, indicando que el cascarón exterior es parecida a una esfera en expansión ($V_{exp} \approx 16 \text{ km s}^{-1}$.)





- NUDOS cometarios: La velocidad de los nudos cometarios coincide con la v_{sys}



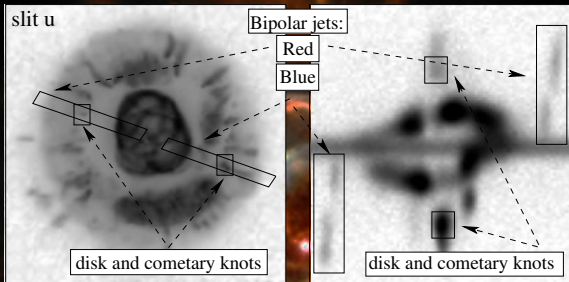


- CAPS: Formado de nudos brillantes y material difuso
Los caps se localizan en 3 grupos extendidos.

$$V_{exp} = \pm 55 \text{ km s}^{-1}.$$

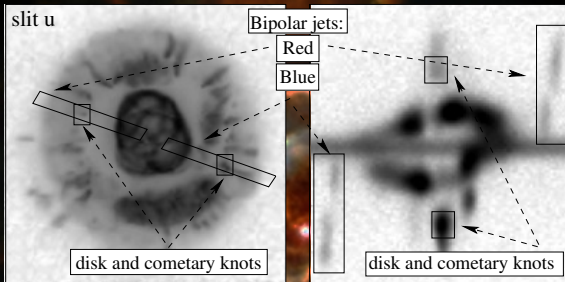
Estos caps se parecen mucho a las regiones de emisión de baja ionización como las presentes en NGC 7009 y NGC 6543 (Balick et al. 1987, Reed et al. 1999)





- Los jets se aprecian en la rendija u. $V_{hel} = -95$ y $+235$ km s^{-1} , $V_{exp} = \pm 165$ km s^{-1} .
Los jets continúan aumentando su velocidad con la distancia hasta alcanzar velocidades de $V_{hel} = -110$ y $+250$ km s^{-1} , $V_{exp} = \pm 180$ km s^{-1} .

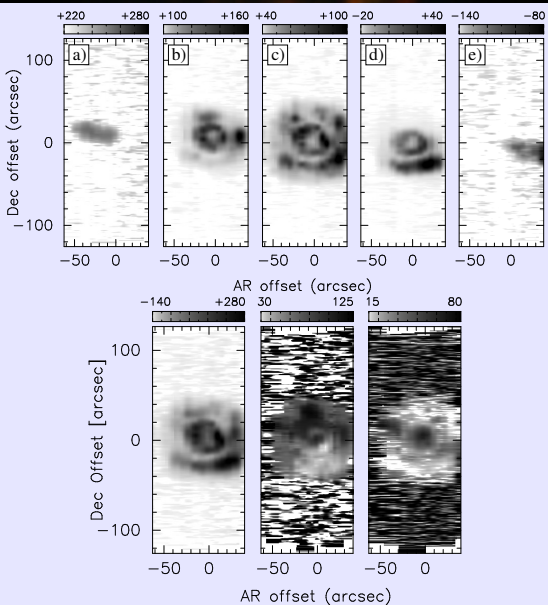




- Aproximadamente a $12''$ donde los jets parecen salir del cascarón interno. La emisión del jet sufre una discontinuidad y se desdobra en dos secciones en ambas direcciones, en este punto los jets parecen sufrir una ligera aceleración.



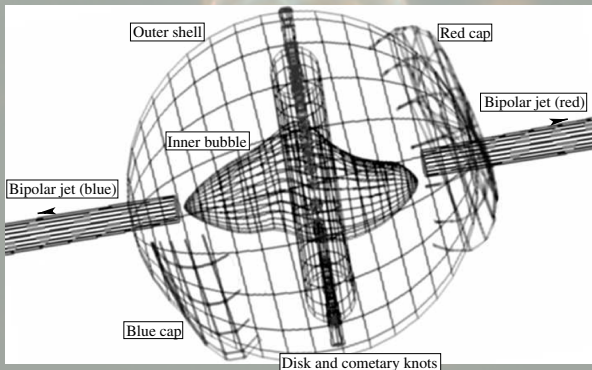
Mapa de brillo superficial

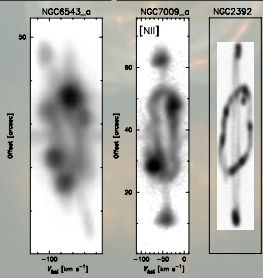
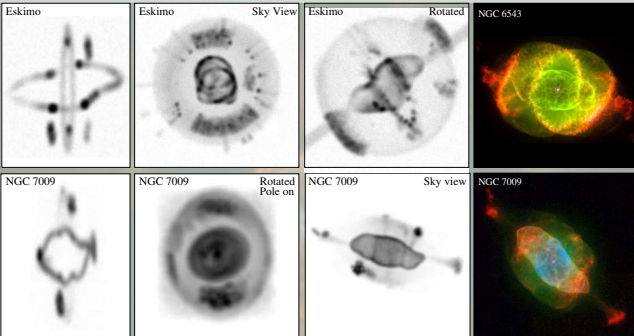


Modelo 3-D

Combinamos la información espectroscópica con una imagen del HST para construir el primer modelo detallado 3-D del Eskimo.

- Esferas: región interna y externa
- Cilindros: nudos cometarios situados en un toroide plano, y jets
- Caps: secciones de esferas





Animación 3-D



Nebulosa Kn 61

THE ASTRONOMICAL JOURNAL, 148:57 (9pp), 2014 September
 © 2014. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in the U.S.A.

doi:10.1088/0004-6256/148/3/57

A SPECTROSCOPIC AND PHOTOMETRIC STUDY OF THE PLANETARY NEBULAE Kn 61 AND Pa 5

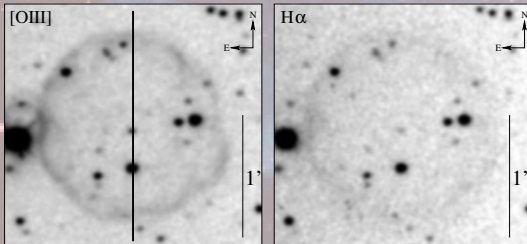
MA. T. GARCÍA-DÍAZ¹, D. GONZÁLEZ-BUITRAGO¹, J. A. LÓPEZ¹, S. ZHARIKOV¹, G. TOVMASSIAN¹,
 N. BORISOV², AND G. VALYAVIN²

¹ Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Km 103 Carretera Tijuana-Ensenada, 22860 Ensenada, Baja California, Mexico;
tere@astro.unam.mx, dgonzalez@astro.unam.mx, jal@astro.unam.mx, zhar@astro.unam.mx, gag@astro.unam.mx

² Special Astrophysical Observatory of the RAS, 369167, Nizhny Arkhyz, Karachaevo-Cherkesia, Russia; borisov@sao.ru, gvalyavin@gmail.com

Received 2014 March 13; accepted 2014 June 12; published 2014 August 18

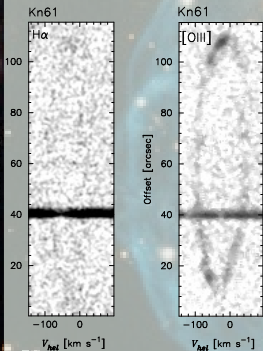
- Kn 61 fué descubierta por Kronberger et al. (2011)
- PN con núcleo binario, periodicidad de 6 días (Long et al. 2013, Kronberger et al. 2011)



- No se detectó emisión en [N II], o [S II].
- A 30 y A 78: [O III] expulsado en un último pulso térmico.
- Kn 61 Cáscara deficiente de H al dejar la AGB



Espectro echelle de rendija larga



Velocidad de expansión de $\approx 68 \text{ km s}^{-1}$.

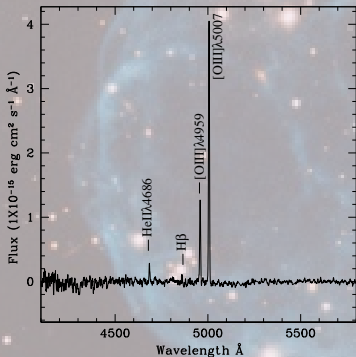
Velocidad sistémica: $\approx -25 \text{ km s}^{-1}$

Anisotropía: Con el tiempo tendremos una morfología elíptica (-29 a -12 km s^{-1})

Edad cinemática $1.6 \times 10^4 \text{ yr}$, tomando una distancia de 4 kpc (Gemini observatory).



Espectro nebular (Observatorio Astrofísico Especial de la Academia de Ciencias de Rusia)

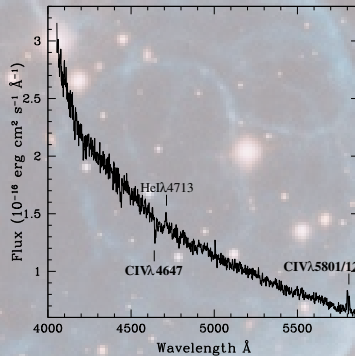


Kn 61		
ID	Wavelength Rest \AA	$F_{\lambda}/F(\text{H}\beta)$ measured
He II	4685.68	0.88
O III	4958.93	4.27
O III	5006.85	14.42
H I	6562.82	2.69

$\log F(\text{H}\beta) = -14.49 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



Espectro estelar (Observatorio Astrofísico Especial de la Academia de Ciencias de Rusia)

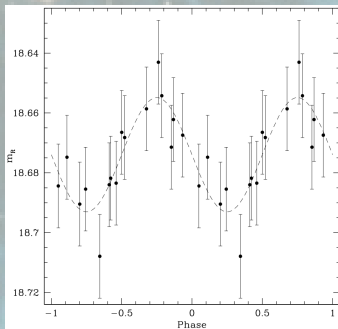


- Líneas características: C IV 4647 \AA , C IV 5801, 5812 \AA .
- Estrella central deficiente de hidrógeno tipo PG 1159
- Estrella PG 1159: Muy calientes, estrellas post-AGB deficientes de H.



Curva de luz

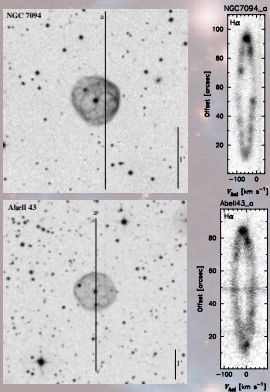
- Fotometría integral de campo con el instrumento RATIR del OAN-SPM
- 16 noches.
- Periodo $5.7 (\pm 0.4)$ días



- Núcleos binarios: Kn 61 no tiene flujos colimados y es simétricamente esférica.



PG 1159



- Burbujas esféricas filamentarias
- Estrellas tipo PG 1159
- $v_{exp} \geq 50 \text{ km s}^{-1}$
- Pulso térmico tardío durante la AGB
- Trazas evolutivas en el diagrama HR



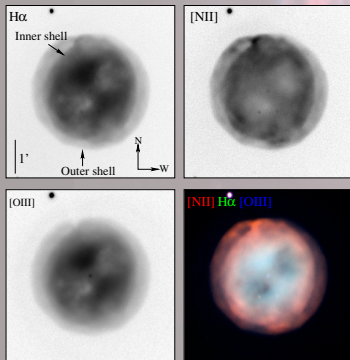
Nebulosa del Búho

The Owl and other strigiform nebulae: multipolar cavities within a filled shell

Ma T García-Díaz ✉, W Steffen ✉, W J Henney ✉, J A López, F García-López, D González-Buitrago, A Áviles

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 479, Issue 3, 21 September 2018, Pages 3909–3922,

<https://doi.org/10.1093/mnras/sty1590>

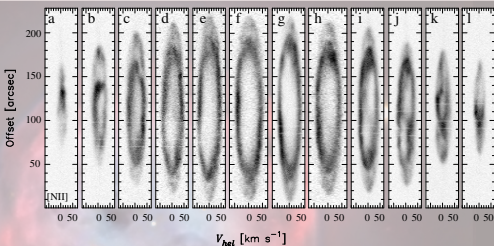
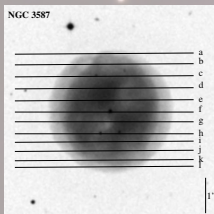


- Frew et al. (2016): 0.87 ± 0.26 kpc
- Cuidad interna bipolar: ojos de Búho.
- Detalles finos de las cavidades de la nebulosa: imagen del observatorio de Calar Alto.



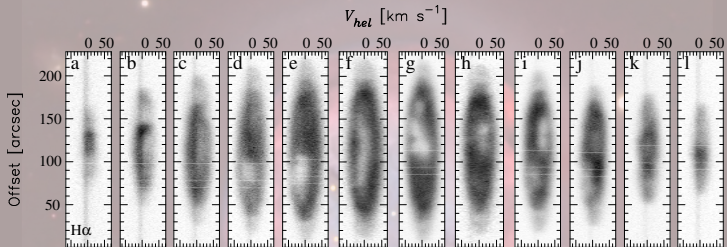


Cinemática



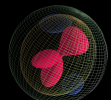
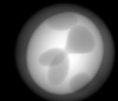
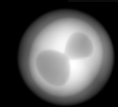
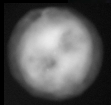
- Espectroscopía de alta resolución
- Rendija 150 μm
- Separación 20''
- I+S MEZCAL
- Nueva información crucial en la estructura espacio cinemática 3D
- Elipses cerradas, expansión radial homóloga
- $v_{sys} = +3 \text{ km s}^{-3}$, $v_{exp} = 39 \text{ km s}^{-3}$



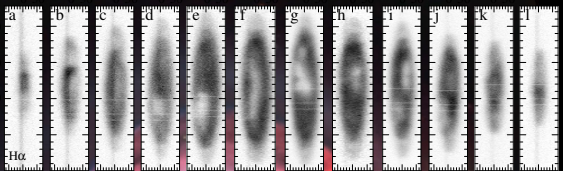
Arreglo P-V en $H\alpha$ 

- $v_{exp} = 28.5 \text{ km s}^{-1}$
- Guerrero et al. (2003) estructura bipolar.
- Elipses cerradas: d, e, g, h
- Cavidades corridas al azul: d – f (abajo), f – g (superior), i - j
- Dedos en g
- Cavidades corridas al rojo: h – j





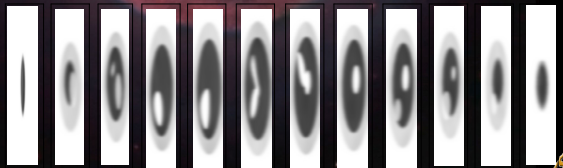
Offset [arcsec]

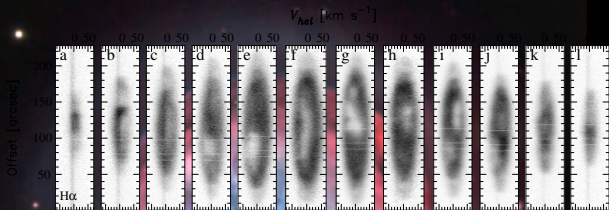
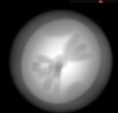
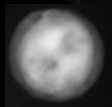


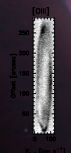
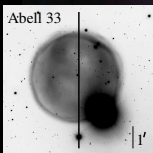
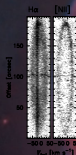
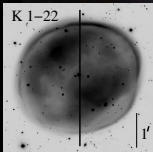
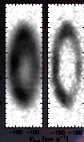
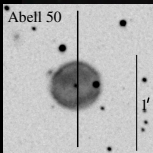
Bipolar model



Triangular model







Nebulosas Estrigiformes

- Nebulosa evolucionada
- Doble cáscara
- Estrella de baja luminosidad
- No hay presencia de viento estelar
- Estructura interna compleja axisimétrica a pesar de su etapa tardía de evolución
- Estrella central
 - $L = 100 L_{\odot}$
 - $T_{eff} = 100kK$
 - $v_{exp} = 30 - 40 \text{ km s}^{-1}$
- Binarias de largo periodo
- NGC 6894, K 1-20, IC 1454, NGC 1360



Discusión

- Intensos campos magnéticos de estrellas en la Rama Asintótica de Gigantes (García-Segura et al. 1999; García-Díaz et al. 2008): La mayoría de las NPs no presentan campos magnéticos intensos.
- Estrellas binarias (Balick 1987, Corradi & Schwarz 1995, Livio & Sokerr 1988): Este sigue siendo un tema de debate, puesto que los núcleos binarios constituyen sólo el 20 % de las estrellas centrales de NPs.
- Después de 30 años aún no se conoce el mecanismo que causa la expulsión de la masa que se aleja de la simetría esférica.

