

El Alpy200 para objetos poco luminosos – primeros resultados

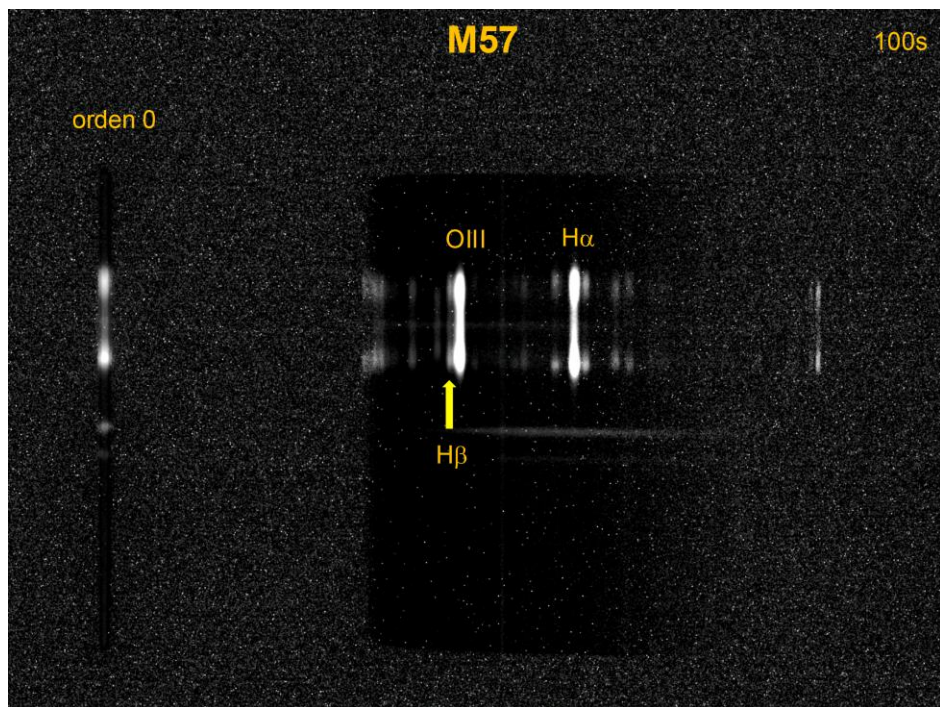
Juan José Pueyo Mur

Observatorio de Azara



Cuando se dispone de telescopios de poca apertura, como es el caso de la mayoría de aficionados, puede ser difícil obtener espectros de objetos poco luminosos. Es el caso de la evolución de supernovas y muchas novas, nebulosas planetarias y estrellas Wolf-Rayet de poca luminosidad, nebulosas, cometas, quasares. Para ello sería necesario poder acceder a objetos en el rango de magnitudes de +14 a +18. Las pruebas, en este caso se han efectuado con un **telescopio RC de 12"** (300mm).

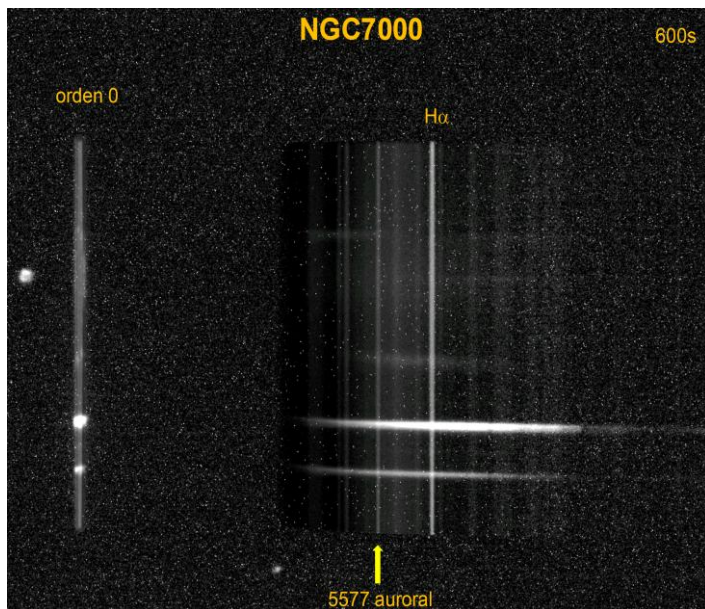
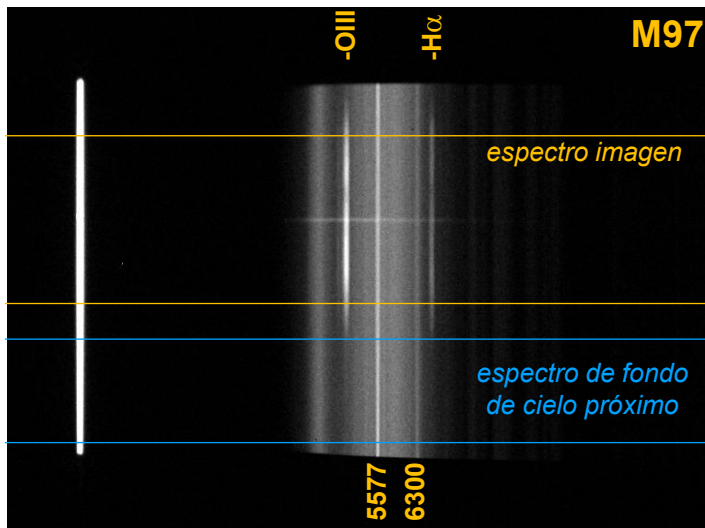
El **Alpy200** es un espectroscopio de rendija (23 μm), con una resolución ~ 130 , una dispersión $\sim 8,6 \text{ \AA/pixel}$ (con binning x1 y pixel 3,75 μm) y una apertura f/4. Su red de transmisión de 200 líneas /mm tiene el *blaze* dirigido al primer orden. Este espectroscopio ha sido comercializado por *Shelyak* a propuesta de Robin Leadbeater, aficionado inglés interesado en clasificación y seguimiento de supernovas.



La obtención de los espectros imagen o 2D podría hacerse de diversas formas, utilizando diversos programas. Optamos por utilizar el programa **RSpec** y recortando la imagen en el sensor de modo que se captaran los órdenes 0 y 1.

RSpec permite un método de calibración de longitud de onda muy simple basado en el uso del orden 0 y una línea del orden 1 (o una sola línea del orden 1 si se conoce la dispersión). Es posible usar esta calibración dada la poca resolución utilizada. También podrían usarse más líneas, de longitud de onda conocida, si están disponibles.

El espectro imagen de **M 57** (nebulosa Anillo, Lyr), muestra un orden 1 muy intenso si lo comparamos con el orden 0 (imagen no dispersada de la rendija). Se trata de un objeto extenso que ocupa la quinta parte de la longitud de la rendija. La doble línea aislada de la parte derecha correspondería a las dos líneas OIII que el segundo orden resuelve, aunque con mucha menos intensidad. M57 es una nebulosa planetaria muy luminosa ($M \sim + 8.8$; BS $\sim 17.8 \text{ M/arcsec}^2$).

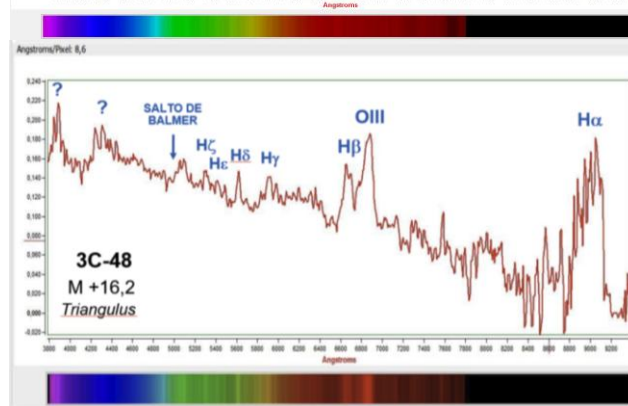
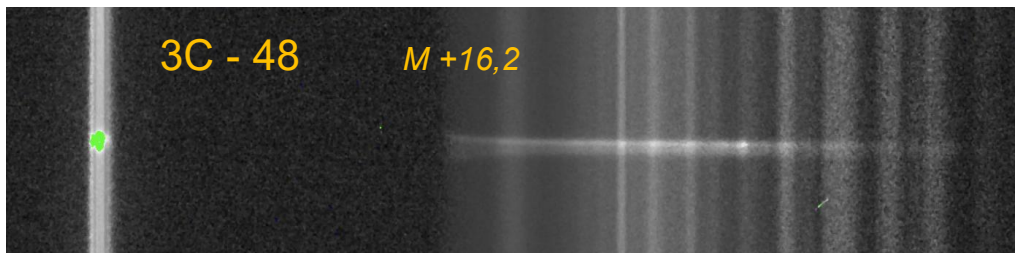
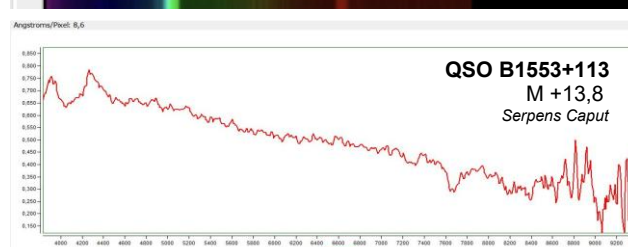
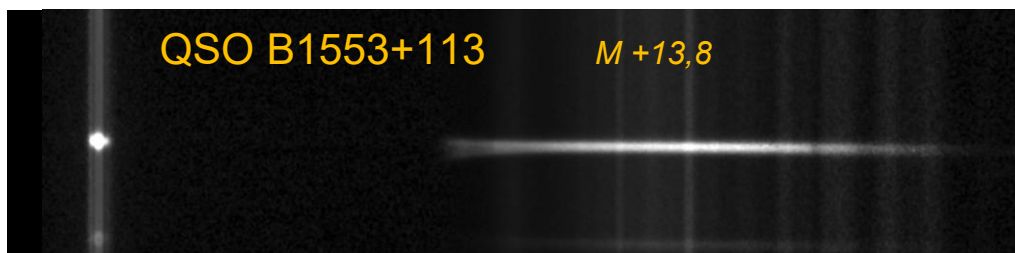
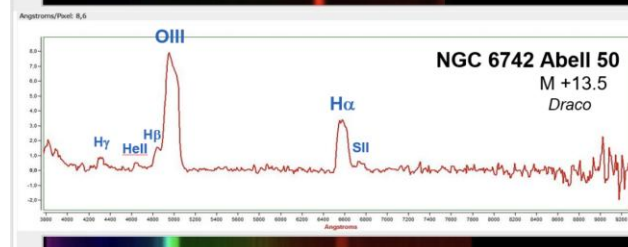
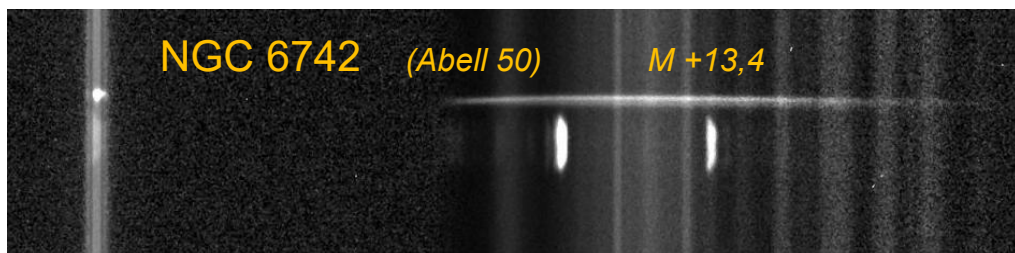
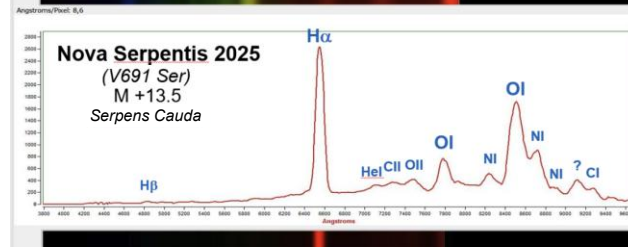
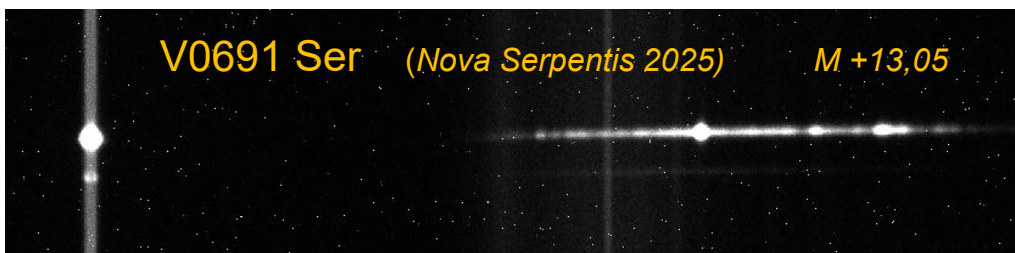


El espectro imagen corresponde a **M 97** (nebulosa Lechuga, UMa; $M \sim +9.9$; $BS \sim 21.2$ mag/arcsec²). Se trata de un objeto más extenso que M57 y ocupa algo más de la mitad de la longitud de la rendija. Se trata de una nebulosa planetaria de menor intensidad luminosa que obliga a una mayor exposición (1500 s). Debido a ello, además de las líneas de la nebulosa aparecen las líneas aurales 5577 Å (verde) y, más débil, 6300 Å (rojo-naranja), presentes siempre en el fondo de cielo. El fondo más continuo con dos bandas, una más estrecha en el azul-violeta y otra más amplia en torno al verde, se debe a contaminación LED en la zona suburbana donde se obtuvo el espectro. Las nebulosas muy extensas como **NGC 7000** ($BS \sim 22.7$ mag/arcsec²) ocupan la totalidad de la rendija y, salvo excepciones, son de baja intensidad luminosa. Este hecho, que hace difícil obtener espectros de este tipo de nebulosas utilizando mayor dispersión, no lo es a la dispersión del Alpy 200. Recordemos que los *Star Analyser* solo son adecuados para objetos estelares y no para objetos extensos.

La idea de usar *R Spec* y de captar los órdenes 0 y 1 permite prescindir de la unidad de calibración Ne-Ar, ya que la idea consiste en **utilizar el orden 0 y las líneas aurales para calibrar la longitud de onda**, que estarán siempre presentes en larga exposición, propósito para el que ideó el uso de este espectroscopio. Además, utilizando *RSpec* puede restar el fondo de cielo y hacer la corrección instrumental.

Para **restar el fondo de cielo** se obtienen dos perfiles espectrales, uno en la posición del espectro imagen del objeto en estudio y otro del fondo de cielo en una posición paralela al anterior (ver el proceso en la siguiente página aplicado a un blazar). El fondo de cielo se elimina restándolo mediante la opción *sustracción* con lo que se eliminan tanto las líneas aurales como la contaminación de fondo de cielo.

La **corrección instrumental** se realiza a partir de la relación entre un espectro obtenido con el mismo equipo (telescopio, espectroscopio, cámara) de una estrella brillante tipo A0 (frecuentemente Vega, A0 V) con su espectro sintético, extraído de una base de espectros de referencia. Para ello se divide el espectro de Vega por su espectro sintético. La curva de relación, alisada de las líneas espectrales, se guarda como archivo fit o dat, y servirá para corregir instrumentalmente los espectros que vayamos obteniendo tras haber sido depurados del fondo de cielo. Dicha corrección modifica considerablemente el continuo de los perfiles espectrales originales que, salvo pequeñas correcciones cosméticas, quedan acabados.



A continuación se muestra una serie de espectros de objetos con magnitudes superiores a +13. Han sido obtenidos en idénticas condiciones, variando algo la exposición total. En muchos de los casos con exposiciones individuales de 1500s.

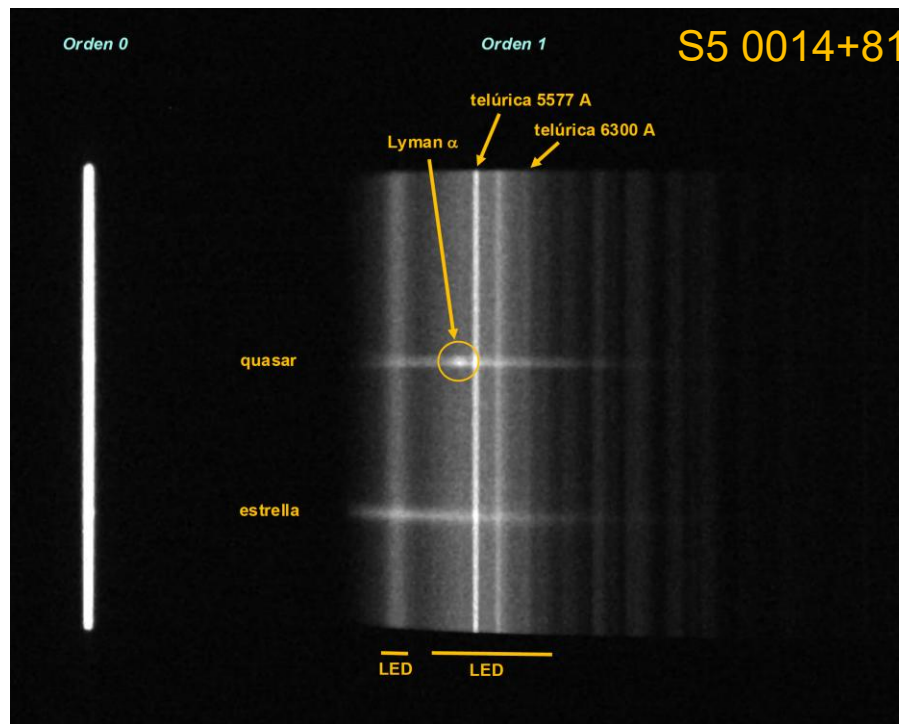
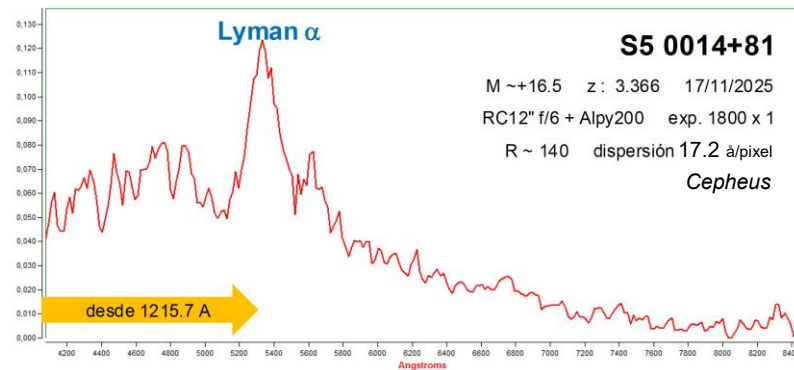
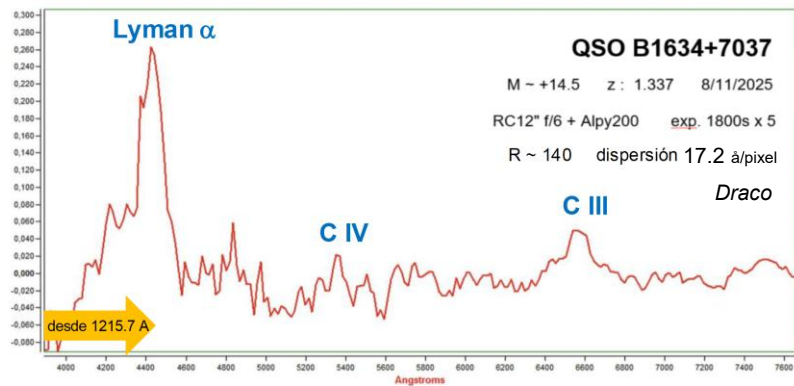
WR 142 es una estrella Wolf-Rayet rara, de tipo WO con líneas de oxígeno ionizado. La anchura de las líneas es enorme y su T superficial > 200000 K.

Nova Serpentis 2025 (V0691 Ser) es una nova clásica con importante emisión en el IR próximo además de líneas de Balmer.

De la nebulosa planetaria **Abell 50** (NGC 6742; BS ~ 20.7 mag/arcsec2)) se capta poco mas que las dos intensas líneas de [OIII] y Hα. Su anchura se debe a que son mezcla, respectivamente de 2 líneas [OIII] y de dos líneas [NII] situadas a ambos lados de Hα.

Los blazares como **QSO B1553+113** de tipo **BL Lac** se caracterizan por espectros con un continuo sin líneas.

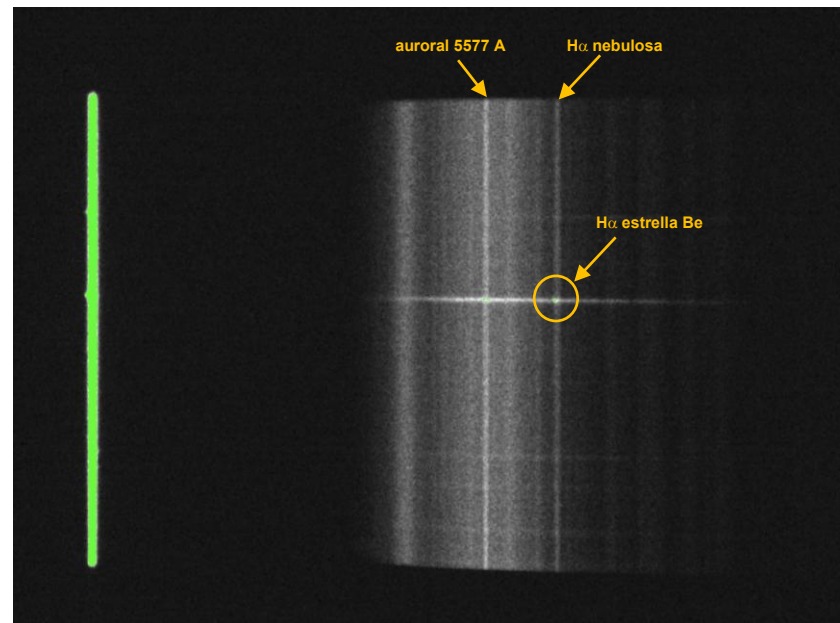
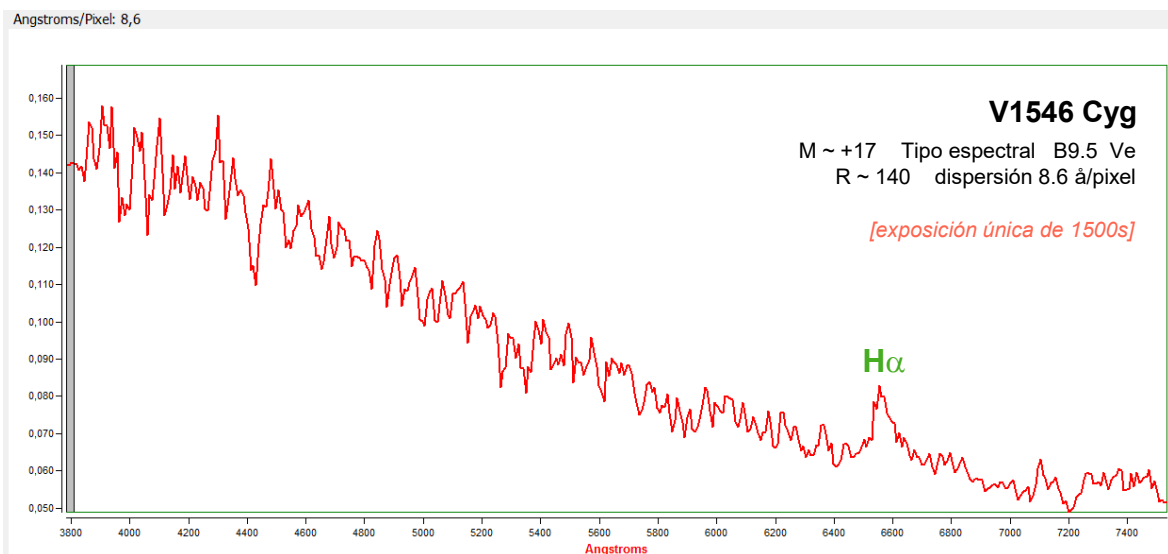
3C 48 es un quasar con gran desplazamiento al rojo ($z = 0,367$). Hα está en el infrarrojo a más de 9000 A.



QSO B1634+7037, situado entre zet Dra y Phercad (gam UMi). Su $z = 1,337$ hace que la línea Lyman α sea ya visible en el rango óptico (en el añil).

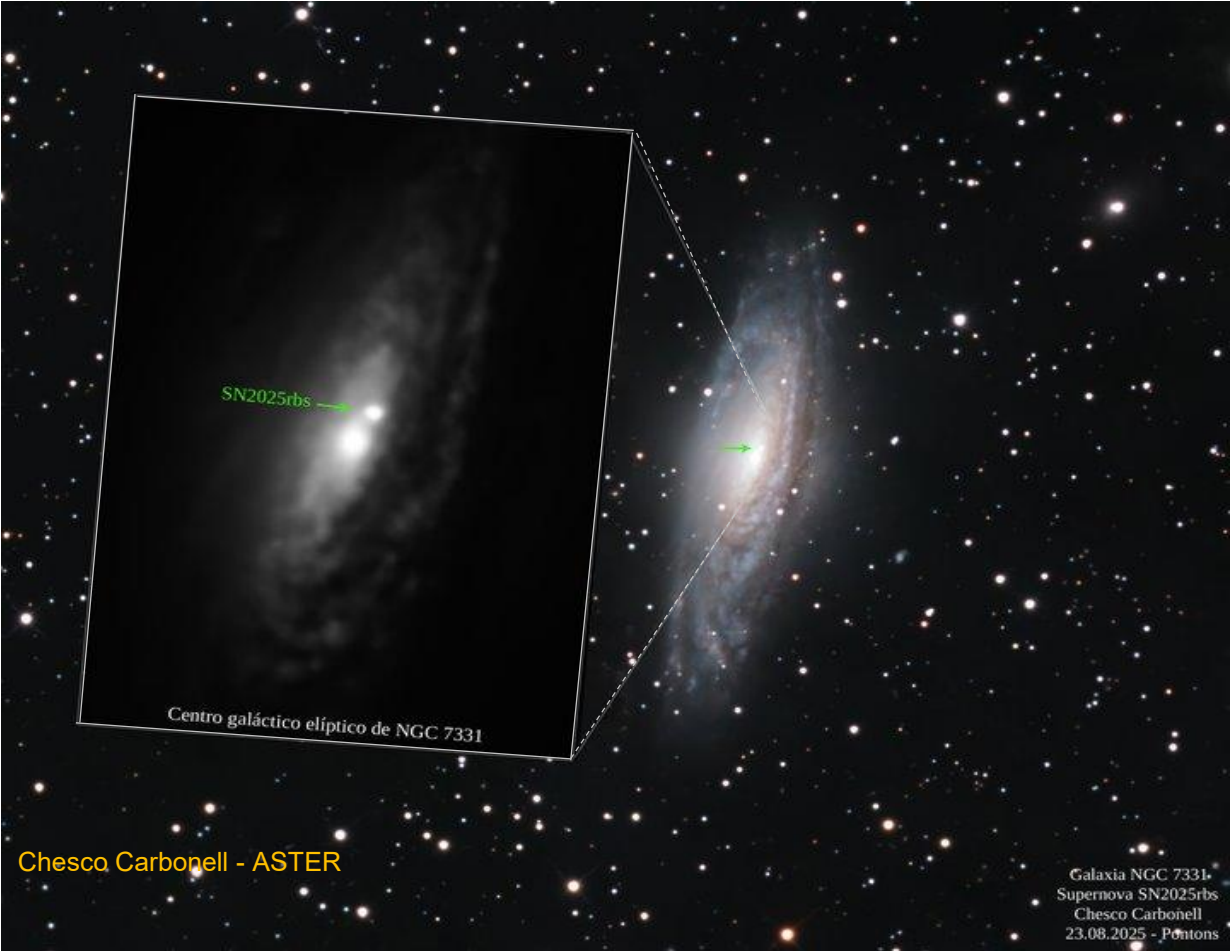
S5 0014+81 o **6C 001403+811827**, situado entre Errai (gam Cep) y Polaris (alp UMi), Su $z = 3,366$ muestra la línea Lyman α más desplazada y situada ya en el verde.

Una prueba muy al límite se hizo con **V1546 Cyg**, una estrella de tipo Be, de M ~ +17, que está superpuesta a la nebulosa NGC 7000. La imagen corresponde a una **exposición única de 1500s**. De haber podido apilar varias exposiciones el ruido que se observa en el perfil espectral de la izquierda sería muy inferior. Se observa la línea de emisión $H\alpha$, típica de este tipo de estrellas, superpuesta a la misma radiación procedente de la nebulosa.



Además de los anteriores objetos se ha seguido la evolución de la supernova **SN2025rbs** (en NBS 7331, Pegasus) durante un par de meses, simultáneamente al seguimiento fotométrico realizado por **Observadores de Supernovas** (figura inferior). Se han obtenido 9 espectros desde algo antes del máximo de luminosidad.

Se observa el enfriamiento de la supernova, que se refleja en el progresivo desplazamiento al rojo del perfil del continuo; la intensa banda de absorción causada por [Si II] característica de las supernovas tipo SN Ia; el aumento de la emisión infrarroja en los espectros (5 y 7) y el progresivo aumento de la emisión del hierro [Fe II] que, en la fase anterior al máximo estaba en absorción.



El cambio se debe a la recombinación de [Fe II], lo que da lugar a una disminución en la densidad de electrones en la envoltura y a un aumento en la transparencia de la misma, lo que es coherente con la emisión IR de los estadios posteriores.

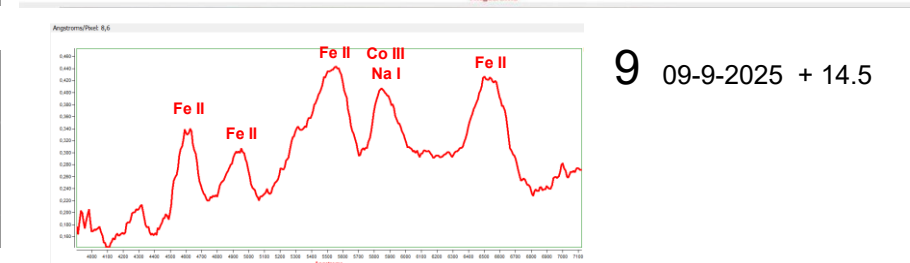
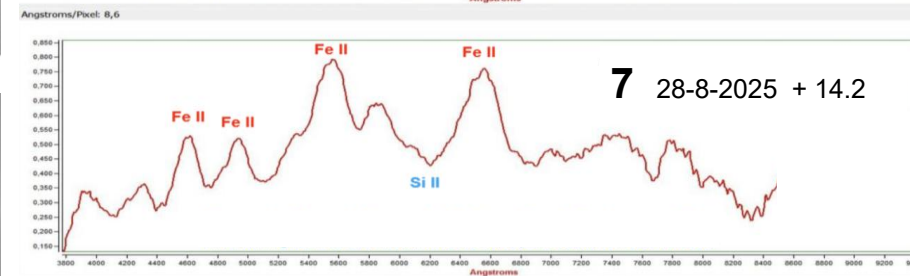
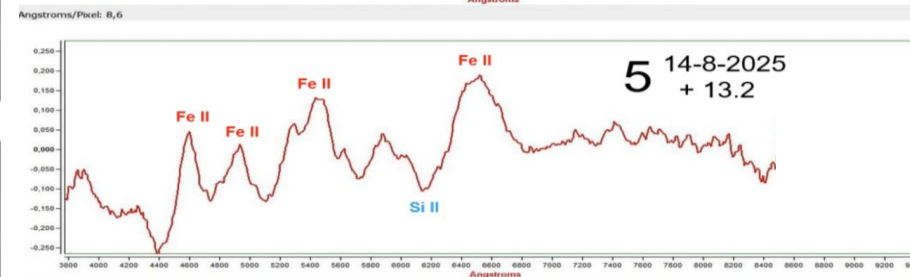
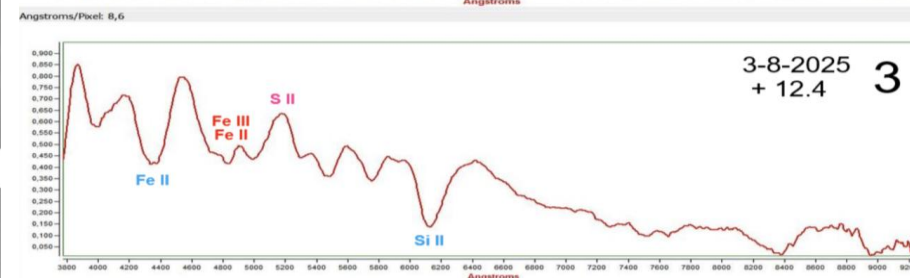
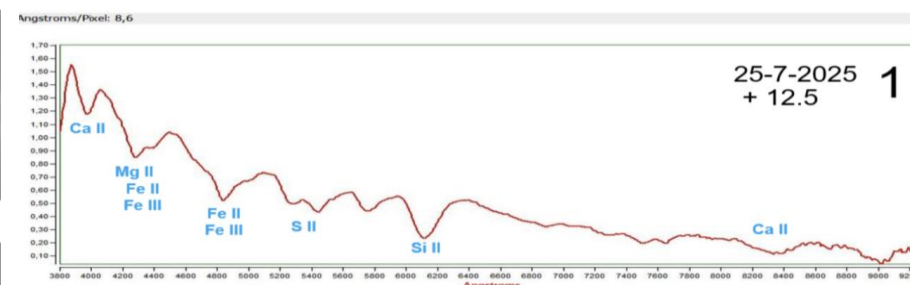
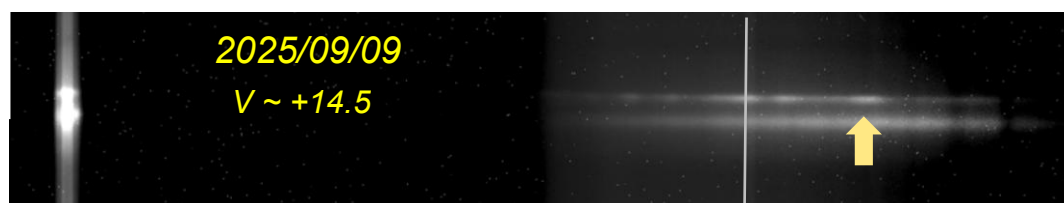
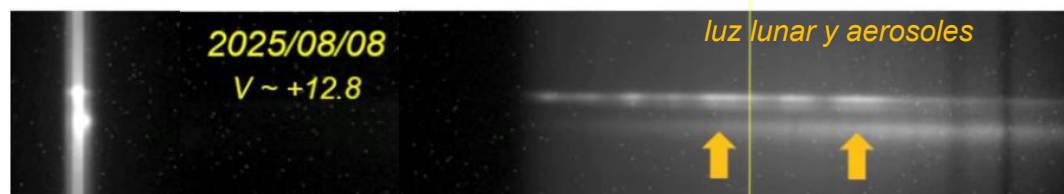


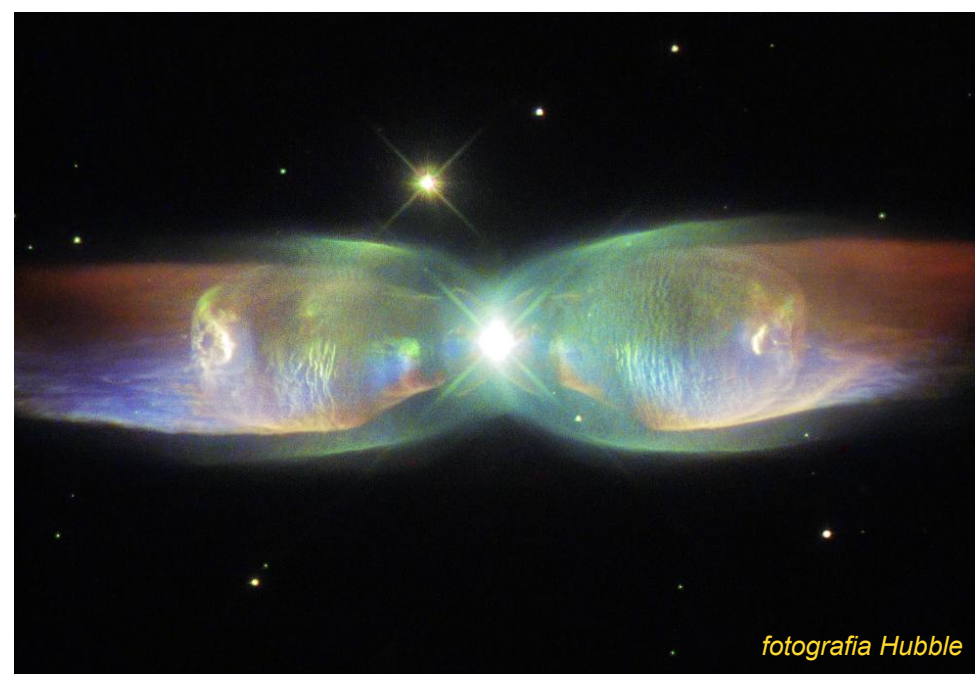
SN 2025 RBS

Perfiles espectrales de la evolución de la supernova SN2025rbs entre finales de julio y principios de septiembre de 2025.

El enfriamiento de la supernova se pone de manifiesto por su progresivo enrojecimiento. Los últimos perfiles, así como la fotometría, muestran un aumento del rojo y del infrarrojo.

Se observa un aumento en la cantidad de elementos del grupo del hierro, así como una intensa absorción sobre los 6100 $\text{\AA}$ debido a silicio ionizado (Si II) característica de las supernovas de tipo SN Ia.





M2-9

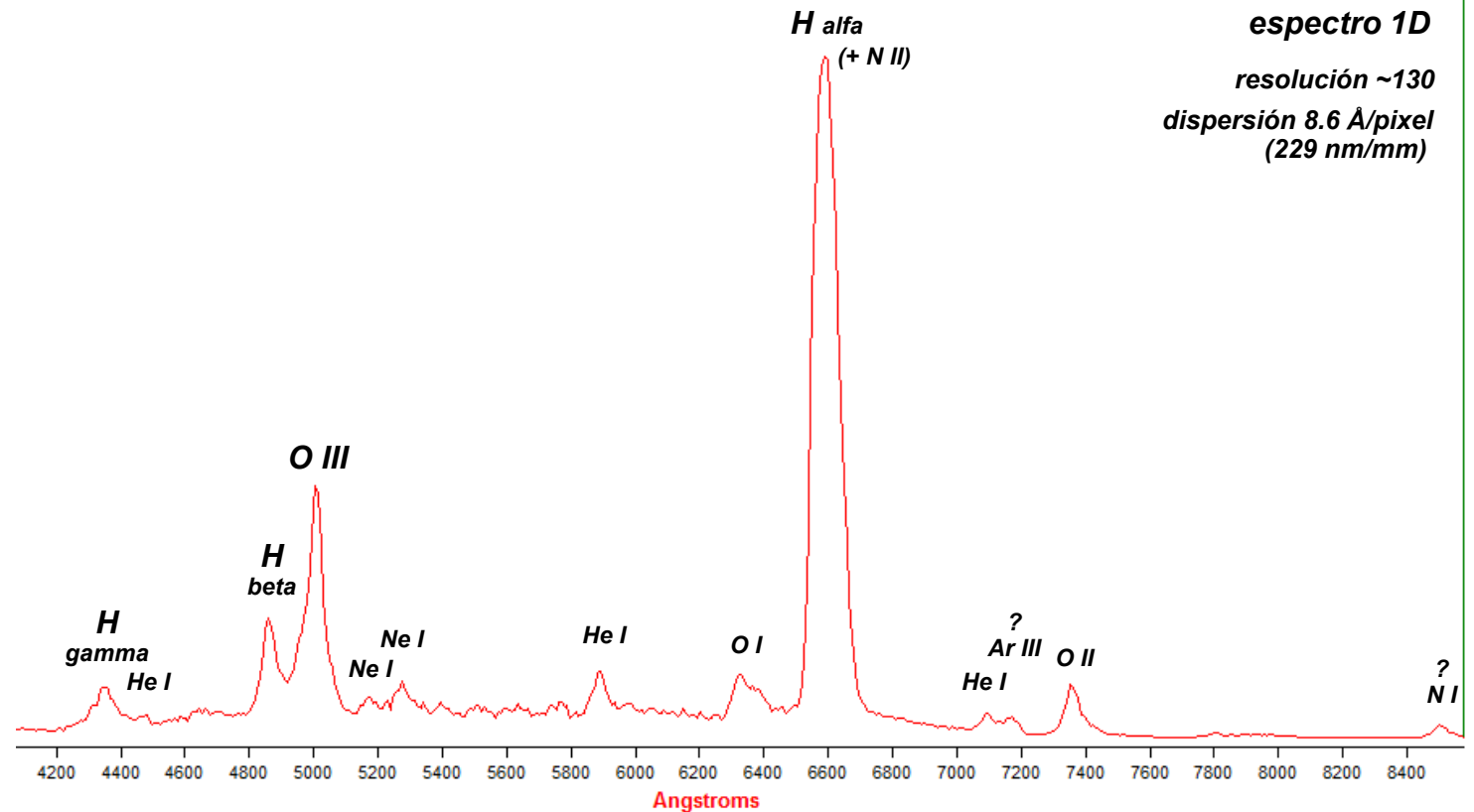
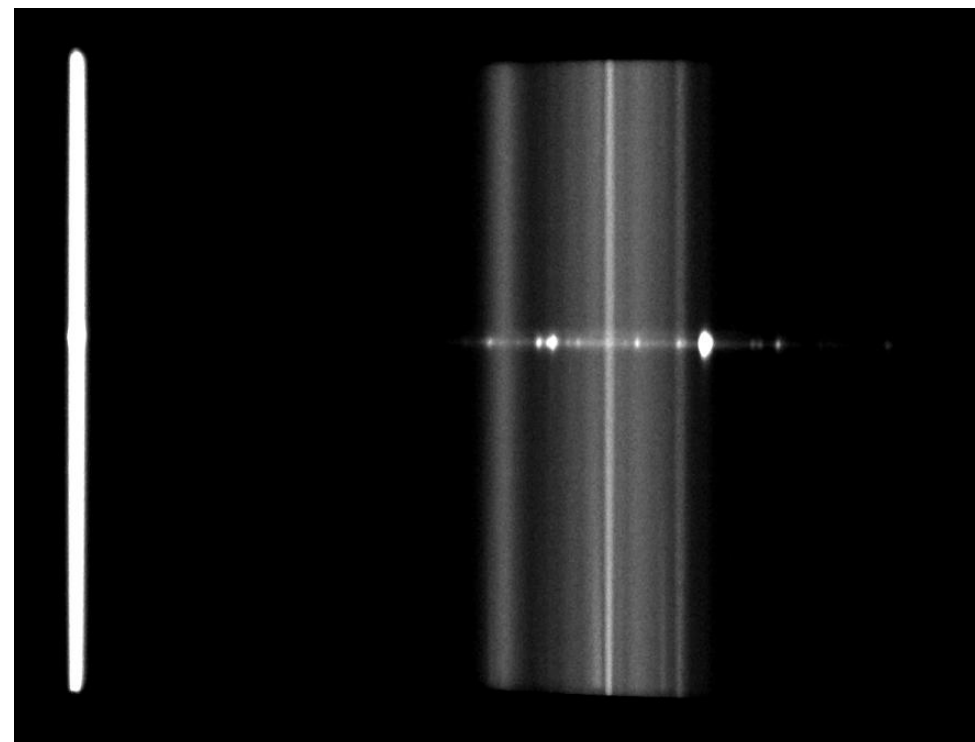
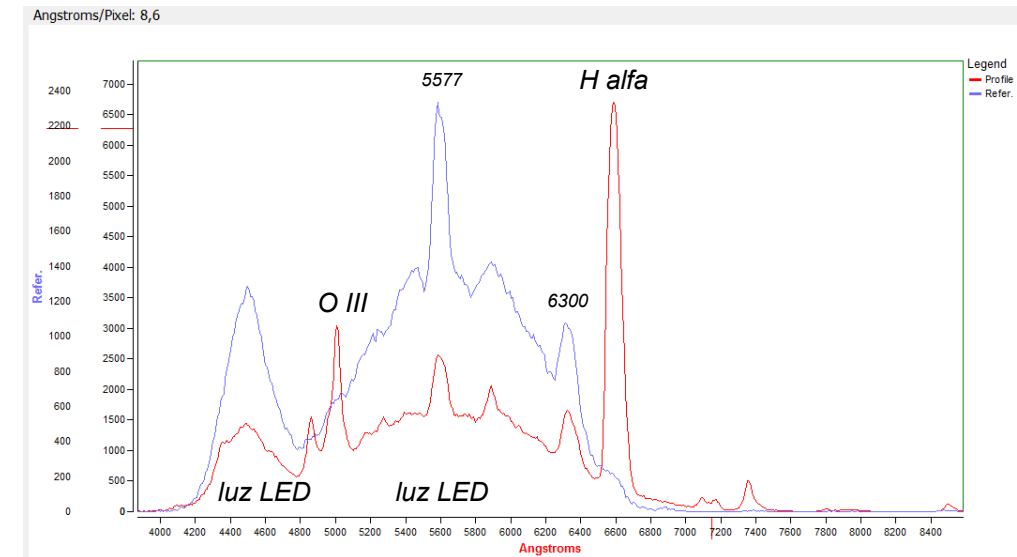
La Mariposa de Minkowski

Twin Jet Nebula

Nebulosa planetaria
en Ophiuchus

$M \sim +14.7$
+15.2 a una altura de 35 a 25°
BS ~ 21.5 mag/arcsec²

Tamaño angular
115 x 18"



CONCLUSIONES

En todos los casos, incluso con objetos por debajo de $M +16$, **la señal es suficiente** para obtener un perfil espectral bien definido. El fondo de cielo, tanto natural como debido a contaminación antrópica se resta fácilmente (las observaciones descritas han sido realizadas con *bortle* 4,3). Solo se percibe algo de ruido hacia el infrarrojo.

La calibración de longitud de onda basada en utilizar **líneas aurales** es de utilidad. Dichas líneas, exentas de desplazamiento doppler están siempre presentes en los espectros obtenidos mediante larga exposición.

La ventaja respecto de la espectroscopia sin rendija, de resolución similar, radica en que **la rendija es muy selectiva** impidiendo la superposición de espectros causados por estrellas próximas al objeto en estudio.

Problemas que aparecen cuando se trabaja con objetos de baja luminosidad:

- Necesidad de un **guiado lo mas preciso posible**. En caso contrario las pérdidas de la luz que entra a través de la rendija son importantes.
- Las cámaras deben de estar bien ajustadas en lo referente a la **ganancia** y al **binning** para que ofrezcan su máximo rendimiento.
- Las **dificultades de observación**, a través de la cámara de guiado, para poder situar el objeto en la rendija se incrementan. En casos extremos se puede usar la técnica de situar el objeto a ciegas, habiendo determinado previamente sus coordenadas-pixel mediante observaciones previas de larga duración.
- El progresivo **incremento de la señal de fondo de cielo** tanto natural como antrópica.

BIBLIOGRAFIA

- Alsabti A., Murdin P (Eds.). 2017. *Handbook of supernovae*. Springer. 2691pp.
- Barria D. & Kimeswenger. 2018. HST / WFPC2 imaging analysis and cloudy modelling of the multiple-shell planetary nebulae NGC 3242, NGC 6826 and NGC 7662. *MNRAS* 480: 1626-1638.
- Bertrand E. 2017. Quasar PSS J1458+6813 avec C8". *phPBB SpectroAras.com (Aras Spectroscopy forum)*, 25 May 2017: 2 pp.
- Chatzichristou et al. 1999. Spectroscopic mapping of the quasar 3C 48 at sub-arcsec resolution. *Astronomy & Astrophysics*, 343: 407-419.
- De Elias, J. 2022. *Conoce tu cámara astronómica*. Conferencias de la AAM (youtube): <https://www.youtube.com/live/q3LrmWQkGu4>
- Filippenko A. 1997. Optical spectra of supernovae. *Annu. Rev. Astronomy & Astrophysics*, 35: 309-355.
- Filippenko A. et al. 2014. Estimating the first light time of the type Ia supernova 2014J in M82. *The Astrophysical Journal Letters*, 783, 1: L24, 5pp.
- Guerrero M.A. et al. 2003. Physical structure of planetary nebulae. I. The Owl nebula. *ArXiv:astro-ph/0303056v1*: 10pp.
- Hiltner W.A., Schild R.E. 1966. Spectral classification of WR stars. *The Astrophysical Journal*, 143: 770.
- Leadbeater R. 2022. (quien propuso a Shelyak la construcción del Alpy200)
<https://rspec-astronomy.groups.io/g/main/message/11594>
- Observadores de Supernovas (ObSN):
<https://sites.google.com/view/sn2017eaw/p%C3%A1gina-principal>
- Polcaro V.F. et al. 1966. The WO stars IV. Sand 5: A variable WO star? *Astronomy & Astrophysics*, 325: 178-188.
- Pueyo JJ. 2023. Espectroscòpia de baixa resolució de noves. *Butlletí 74 (època V)*. ASTER - Agrupació Astronòmica de Barcelona: 31-33.
- Pueyo JJ. 2023. Espectroscòpia d'estrelles Wolf-Rayet. *Butlletí 76 (època V)*. ASTER - Agrupació Astronòmica de Barcelona: 8-12.
- Pueyo JJ. 2025. Espectroscòpia de quasars. *Butlletí 84 (època V)*. ASTER - Agrupació Astronòmica de Barcelona: 39-41.
- Pueyo JJ. 2026. Espectroscòpia de nebuloses planetàries. *Butlletí 85 (època V)*. ASTER - Agrupació Astronòmica de Barcelona:
- RSpec (programa util para StarAnalyser y Alpy200. Hay otras posibilidades)
<https://rspec-astro.com/>
<https://rspec-astro.com/star-analyser/>
- Rudy et al. 2024. Post-outburst and nebular phase of the Fe II-type nova V378 Serpentis. *Research Notes of the AAS*. October 24 2024: 4pp.
- Stockton et al. 2007. The nature of optical features in the inner region of the 3C-48 host galaxy. *The Astrophysical Journal*, 659: 195-204.
- Tramper et al. 2015. Massive stars on the verge of exploding: the properties of oxygen sequence Wolf-Rayet stars. *Astronomy & Astrophysics*, 581: A110. 16 pp.
- Trypsteen M., Walker R. 2017. *Spectroscopy for amateurs astronomers*. 151 pp. Cambridge University Press.
- Varshni Y.P. et al. 2006. Emission lines identified in planetary nebulae. <https://laserstars.org/data/nebula/identification.html>
- Walker R. 2017. *Spectral atlas for amateur astronomers*. 277 pp. Cambridge University Press.
- Walker R., Rifferswil CH. 2029. Quasar 3C273. Optical Spectrum and determination of the redshift. V.2.2. 15pp.
- Williams R.E. 1992. The formation of novae spectra. *The Astrophysical Journal*, 104, 2: 725-733.
- Williams R.E. 1993. The Tololo nova survey: spectra of recent novae. *The Astrophysical Journal Supplementary Series*, 90, 1: 297-316.