EL ALPY200 PARA OBJETOS POCO LUMINOSOS- PRIMEROS RESULTADOS

Juan José Pueyo

El objetivo de este trabajo es explorar hasta qué magnitud puede realizarse espectroscopía de objetos astronómicos débiles con un equipo amateur. Las observaciones se han llevado a cabo desde un pequeño municipio de unos 140 habitantes, bajo un cielo de calidad aproximada de 4,6 en la escala de Bortle, afectado además por la iluminación LED. Por tanto, no se trata de un emplazamiento especialmente oscuro.

He utilizado un espectrógrafo comercial Alpy 200, equipado con una red de difracción de 200 líneas por milímetro y un poder de resolución del orden de R = 140. Es un instrumento de baja resolución, inferior a la de otros modelos de la misma familia, pero adecuado para estudiar fuentes de poco brillo: al reducir la dispersión de la luz, se concentra más señal en cada elemento espectral.

Las observaciones se han realizado con un telescopio Ritchey-Chrétien de 12 pulgadas y con un reflector Newton de 10 pulgadas. Aunque he utilizado más el primero por tenerlo instalado de forma estable, el Newton me resulta especialmente apropiado por su relación focal, que permite trabajar sin el reductor focal que requiere el otro equipo.

Registro simultáneo del orden cero y del primer orden

En las imágenes espectrales he procurado registrar simultáneamente el orden cero, es decir, la imagen no dispersada de la rendija, y el primer orden, que contiene el espectro. Esta configuración resulta particularmente útil al trabajar con exposiciones prolongadas y objetos de magnitud elevada.

La razón es que las exposiciones largas permiten registrar las líneas de emisión del propio cielo nocturno. Estas líneas, combinadas con la posición del orden cero y el conocimiento de las distorsiones del espectrógrafo, proporcionan referencias para calibrar la longitud de onda sin depender necesariamente de una lámpara de calibración.

Entre las referencias más útiles se encuentran las líneas del oxígeno atmosférico próximas a 5577 y 6300 Å. También es posible reconocer la contribución de la iluminación artificial, en especial la de las lámparas LED, que aparece como bandas de emisión relativamente anchas en el espectro del fondo del cielo.

Nebulosas planetarias y emisión nebular

Una de las primeras pruebas se realizó con la nebulosa planetaria M57, la nebulosa del Anillo. Su luminosidad permite registrar el espectro con una exposición relativamente corta, de unos 100 segundos. En él destacan las líneas del oxígeno doblemente ionizado, [O III], alrededor de 4959 y 5007 Å, así como la región de Hα, acompañada por las líneas próximas del nitrógeno ionizado, [N II]. Debido a la baja resolución del instrumento, estas últimas no se separan con claridad.

La nebulosa del Búho, M97, es más extensa y menos brillante, por lo que se emplearon exposiciones del orden de 1000 segundos. Al ocupar solo una parte de la rendija, se puede extraer un espectro de la nebulosa y otro de una zona libre de emisión nebular. La diferencia entre ambos permite sustraer la señal del fondo del cielo.

También se observó la nebulosa Norteamérica, NGC 7000, que ocupa prácticamente toda la rendija. En este caso destaca especialmente la emisión Hα, mientras que las líneas atmosféricas siguen ofreciendo una referencia útil para la calibración. La presencia de estrellas que cruzan la rendija puede añadir trazas espectrales que deben reconocerse durante el tratamiento.

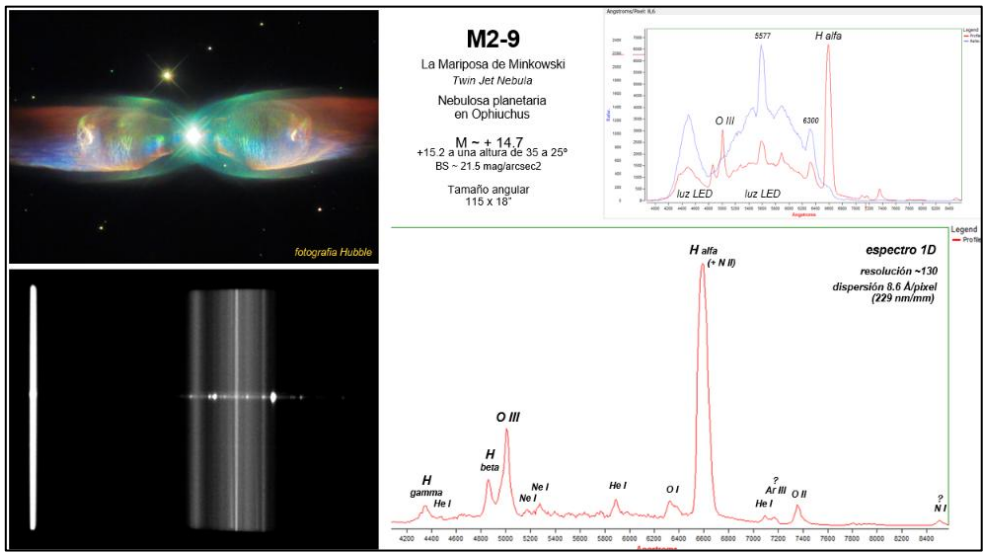

Figura 1. Espectro de M2-9

Estrellas peculiares, blázares y cuásares

El instrumento se ha aplicado asimismo a objetos muy diversos: una estrella Wolf-Rayet de la secuencia de oxígeno, una nova, otras nebulosas planetarias, blázares y cuásares. La comparación de estos objetos pone de manifiesto tanto la variedad de los espectros como las posibilidades y limitaciones de la baja resolución.

En algunos blázares se obtiene un continuo prácticamente sin líneas identificables a esta resolución. En cambio, el cuásar 3C 48 presenta líneas de emisión desplazadas hacia longitudes de onda mayores. La identificación de líneas conocidas, como las del oxígeno y del hidrógeno, permite reconocer el desplazamiento al rojo cosmológico.

Se mostraron además espectros de cuásares con desplazamientos al rojo aproximados de z = 1,33 y z = 3,36. En estos casos resulta especialmente ilustrativa la línea Lyman α del hidrógeno: aunque su longitud de onda en reposo se encuentra en el ultravioleta, alrededor de 1216 Å, aparece desplazada hacia el visible. Uno de estos objetos tenía una magnitud cercana a 16,5.

Para conseguir señal suficiente suelo realizar varias exposiciones de 25 o 30 minutos y combinarlas posteriormente. No obstante, las condiciones meteorológicas han limitado algunas observaciones a una sola exposición, con el consiguiente aumento del ruido.

Una estrella Be de magnitud 17

Una observación particularmente exigente fue la de una estrella de tipo Be situada sobre la región de emisión Hα de la nebulosa Norteamérica, con una magnitud próxima a 17. Solo fue posible obtener un espectro de unos 1500 segundos.

Después de calibrar la longitud de onda, restar el fondo del cielo y corregir la respuesta instrumental mediante una estrella de referencia, el perfil conservaba bastante ruido. Sin embargo, permitía identificar la emisión Hα propia de la estrella, superpuesta inicialmente a la emisión de la nebulosa. La sustracción del fondo nebular resultó fundamental para distinguir ambas contribuciones.

Este ejemplo muestra que, incluso con una señal limitada, es posible reconocer rasgos espectrales significativos en objetos muy débiles. Una serie de varias exposiciones habría mejorado notablemente el resultado.

Seguimiento espectroscópico de una supernova

Otro trabajo consistió en seguir durante aproximadamente dos meses la evolución espectral de una supernova, observada también fotométricamente por otros aficionados. Su proximidad aparente al núcleo de la galaxia anfitriona complicaba la separación de ambas fuentes.

La campaña coincidió con condiciones atmosféricas desfavorables, entre ellas episodios de aerosoles y polvo sahariano, que dificultaron alcanzar las magnitudes previstas. En las imágenes espectrales podía distinguirse la contribución de la supernova y, por debajo, la del núcleo galáctico. A pesar de las limitaciones, el espectro de la supernova seguía siendo reconocible cuando su brillo había descendido aproximadamente hasta magnitud 14,5.

La experiencia sugiere que el seguimiento podría haberse prolongado más tiempo, aunque la meteorología y las dificultades de observación llevaron a interrumpirlo. Es un ejemplo de cómo la espectroscopía amateur puede complementar las curvas de luz obtenidas mediante fotometría.

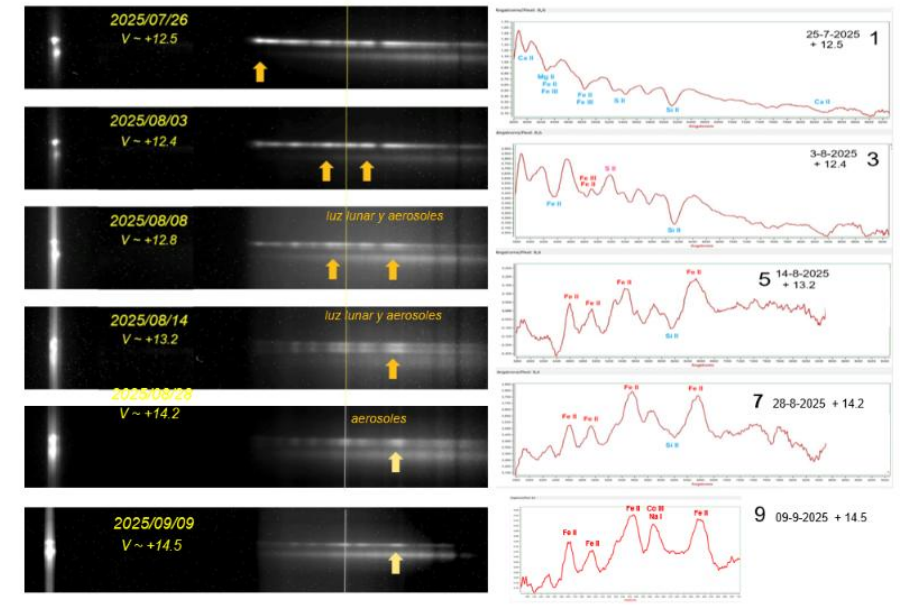

Figura 2. Espectro evolutivo de una supernova

Extracción y corrección de los espectros

En otra nebulosa planetaria débil se mostró con detalle el proceso de reducción: identificación del orden cero y del primer orden, localización de las líneas atmosféricas, extracción del espectro del objeto y de un espectro adyacente de fondo de cielo, y sustracción de ambos.

Tras la calibración en longitud de onda y la corrección de la respuesta instrumental respecto a una estrella de referencia, se obtiene un perfil espectral corregido. Para estas tareas se ha utilizado el programa de análisis espectroscópico habitual en este tipo de observaciones. Es importante tener presente que los gráficos de objeto y fondo pueden utilizar escalas diferentes, de modo que la altura aparente de las curvas no siempre refleja directamente sus intensidades relativas.

Límites prácticos y posibilidades de mejora

Mi impresión es que, con buenas condiciones atmosféricas y una puesta a punto adecuada, este equipo puede alcanzar al menos la magnitud 18. Se trata, por ahora, de una estimación basada en la experiencia y no de un límite demostrado mediante una campaña sistemática. De confirmarse, permitiría acompañar espectroscópicamente una parte importante de los objetos que los aficionados ya siguen por métodos fotométricos.

Hay varios aspectos técnicos que pueden mejorar la sensibilidad. El primero es la precisión del guiado: si la imagen del objeto se desplaza respecto a la rendija, se pierde una parte significativa de la luz, algo especialmente perjudicial con fuentes débiles. También conviene optimizar la ganancia y el binning de la cámara, así como la estabilidad mecánica y las condiciones del cielo.

Uno de los problemas principales es localizar y mantener centrados objetos de magnitud 16 o 17, que apenas resultan visibles en las exposiciones breves de la cámara de guiado. En alguna ocasión he recurrido a una estrella cercana más brillante: mediante una exposición larga se mide la separación entre ambos objetos en píxeles y después se desplaza el campo la distancia calculada. Es una forma de apuntar prácticamente a ciegas que, con práctica, puede funcionar.

En definitiva, la baja resolución es una elección deliberada para ganar sensibilidad. La prioridad no es separar líneas extremadamente próximas, sino obtener información espectral de objetos que normalmente se estudian solo mediante fotometría.

Preguntas

¿Puede cambiar el espectro de un blázar cuando varía su brillo?

En este trabajo no he realizado una comparación sistemática del mismo blázar en distintos estados de luminosidad. Durante la discusión hemos comentado que los núcleos galácticos activos pueden presentar cambios espectrales asociados a variaciones en la acreción de materia, incluidas modificaciones en líneas de emisión anchas. Para comprobarlo necesitaríamos observaciones espectroscópicas repetidas del mismo objeto. También considero necesario controlar la extinción atmosférica y la orientación de la rendija, que pueden afectar al espectro registrado.

¿Cómo pueden aprovecharse científicamente los espectros de supernovas obtenidos por aficionados?

Creo que es muy valioso compartir los espectros en repositorios de transitorios astronómicos, para que otros investigadores puedan consultarlos y descargarlos, por ejemplo como tablas de longitud de onda y flujo. Considero especialmente valiosas las observaciones realizadas poco después del descubrimiento de una supernova, porque ayudan a clasificarla y a documentar fases tempranas que pueden perderse si los grandes observatorios no disponen de tiempo o de condiciones meteorológicas favorables.

¿Hasta qué magnitud podría llegarse desde un cielo más oscuro?

Creo que un emplazamiento con menor contaminación lumínica reduciría la contribución del fondo de cielo y facilitaría el trabajo con fuentes débiles. Considero plausible alcanzar magnitudes 17 o 18 con mi equipo, e incluso mejorar ese límite, pero todavía no he podido realizar las pruebas necesarias para establecerlo con seguridad.