

Virginia Cúneo<sup>1,3</sup>, Emiliano Jofré<sup>1,3</sup>, Olga Pintado<sup>2,3</sup>, Mercedes Gómez<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba

<sup>2</sup> INSUGEO

<sup>3</sup> CONICET

## Resumen

En el presente trabajo se expone un análisis preliminar de las abundancias químicas de la compañera óptica del agujero negro en el sistema binario V4641 Sgr (XTE J1819-254), a partir de espectros GMOS obtenidos desde el telescopio Gemini Norte. Este análisis permite buscar posibles anomalías químicas que pudieran ser atribuidas a la contaminación de elementos pesados (Si, Ti, Fe, etc.) generados durante la explosión de supernova que dio origen al agujero negro. Con este estudio se busca testear el escenario de formación de un sistema binario que contiene un agujero negro, resultado de la explosión de supernova de una estrella masiva, y proporcionar información clave para comprender mejor las etapas finales en la evolución de estrellas masivas y progenitores de agujeros negros.

## Introducción

Los agujeros negros de masas estelares son una consecuencia del colapso gravitacional de las estrellas masivas durante las etapas finales de su evolución. Las reacciones nucleares en las estrellas masivas producen una serie de elementos químicos, siendo el hierro (Fe) el más pesado de ellos. Cuando la masa y la temperatura del núcleo que se contrae son lo suficientemente grandes, el núcleo colapsa rápidamente hasta alcanzar una alta densidad específica. Luego, el material nuclear se vuelve repulsivo generando la expansión de las capas externas de la estrella, resultando en una supernova, una gran explosión de materia y energía (ver, por ejemplo, Woosley & Heger 2002). Pareciera que al menos parte del material eyectado durante la supernova es capturado por la componente visible en el sistema binario, contaminando su atmósfera. En este escenario, las compañeras visibles de los agujeros negros de masas estelares deberían tener metalicidades mayores que las estrellas aisladas y abundancias en metales diferentes que las estrellas normales de los mismos tipos espectrales. Para investigar este escenario se decidió estudiar los objetos del catálogo de agujeros negros de masas estelares en la Galaxia de Cúneo & Gómez (2012) con los telescopios Gemini. Se comenzó estudiando la componente visible del sistema binario V4641 Sgr, que posee un agujero negro confirmado.

## Observación y reducción

En la Figura 1 se muestra el espectro de ranura larga obtenido con el instrumento GMOS (Gemini Multi-Object Spectrograph) del telescopio Gemini Norte para la compañera óptica en el sistema binario V4641. El espectro tiene una resolución intermedia  $R \sim 3700$  y un rango de longitud de onda comprendido entre los 470-750nm. En este primer análisis no se usará la región de 685 a 750nm debido a la presencia de líneas de origen telúrico. Para reducir los espectros se usó el paquete GMOS de Gemini. Se calcularon espectros sintéticos utilizando el código SYNTHE y el ATLAS9, que permite obtener los modelos de atmósferas estelares (Kurucz 2005). Los parámetros correspondientes a la compañera óptica usados en estos cálculos fueron  $T_{\text{eff}} = 10500 \pm 200$  K,  $\log g = 3.5 \pm 0.1$  y  $V_{\text{rot}} \sin i = 123 \pm 4$  km/s (Orosz et al. 2001) y se asumió, además, para este análisis preliminar, abundancias solares y velocidad de microturbulencia igual a cero.

## Análisis

En el presente póster se comparan las abundancias de la compañera en el sistema binario V4641 Sgr con las solares, como una primera aproximación para nuestro estudio. La Figura 2 muestra, a modo de ejemplo, un gráfico preliminar del trabajo que se está desarrollando, correspondiente a la región espectral de 6300 a 6500 Å del espectro observado; en azul se muestra el espectro observado, en rojo el espectro sintético y en verde el espectro sintético de una estrella del mismo tipo espectral pero con abundancia solar. Se han señalado algunas de las líneas ajustadas. La Tabla 1 muestra algunas abundancias del espectro ajustado en comparación con las de la estrella del mismo tipo espectral con abundancias solares. Se observa que tanto el N como el Mg son más abundantes en la estrella observada.

Tabla 1: Abundancias químicas.

Elemento (X)	$\text{Log (X/H)}_{\text{solar}}$	$\text{Log (X/H)}_{\text{obs}}$
N	-4.12	-3.20
O	-3.21	-4.00
Mg	-4.46	-3.50
Si	-4.49	-4.60
Ti	-7.02	-7.80
Fe	-4.54	-4.80

## Discusión

La región estudiada en este póster, de 6300 a 6500 Å, muestra que algunos elementos de la compañera óptica, como el N y el Mg, son más abundantes en comparación con las abundancias solares. Las diferencias encontradas en este caso sugieren que se detectarán diferencias similares al comparar con una estrella aislada del mismo tipo espectral, por lo cual se realizará este mismo análisis en todo el rango espectral obtenido, luego de lograr un buen ajuste del espectro observado, pero comparando las abundancias con las de la estrella aislada. Esto permitirá investigar el escenario de formación del agujero negro tras la explosión de supernova de una estrella masiva, que contaminó con elementos pesados la atmósfera de la compañera óptica durante la explosión.

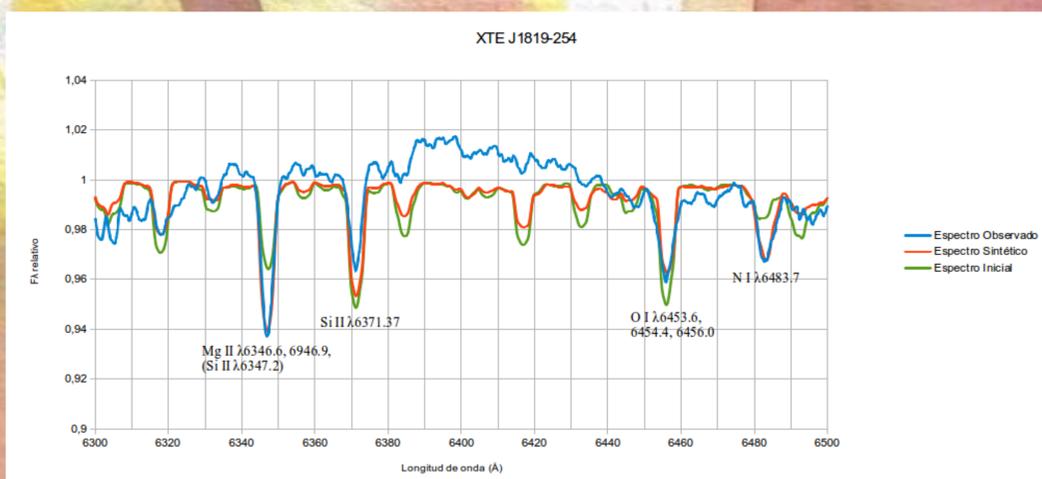


Figura 2: Fragmento del espectro de la compañera óptica en el sistema binario V4641 Sgr; en azul se muestra el espectro observado, en rojo el espectro sintético y en verde el espectro sintético de una estrella del mismo tipo espectral pero con abundancia solar.

## Trabajo futuro

Para continuar con el análisis del escenario de formación descrito, se obtuvo un nuevo turno de observación, con el telescopio Gemini Sur, para obtener espectros de las compañeras ópticas de los sistemas binarios con agujero negro confirmado SS433 y sin confirmar RX J1826,2-1450, en el mismo rango espectral y con las mismas condiciones que los espectros obtenidos para V4641 Sgr. Con estos datos se espera realizar un estudio similar al planteado para V4641 Sgr. Además, para ampliar la muestra de objetos estudiados y tener así una estadística más representativa en la evaluación del modelo de formación, se continuará con el pedido de turnos de observación en los telescopios Gemini y, posiblemente, con el espectrógrafo REOSC del Complejo Astronómico el Leoncito.

## Referencias

- Cúneo V.A. & Gómez M.N. 2012, <http://www2.famaf.unc.edu.ar/institucional/biblioteca/trabajos/611/16354>
- Kurucz R.L. 2005, *Memorie della Società Astronomica Italiana Supplement*, v.8, p.14
- Orosz J.A., Kuulkers E., Van der Klis M. et al. 2001, *ApJ*, 555, 489
- Woosley S.E. & Heger A. 2002, *Reviews of Modern Physics*, 74, 1015

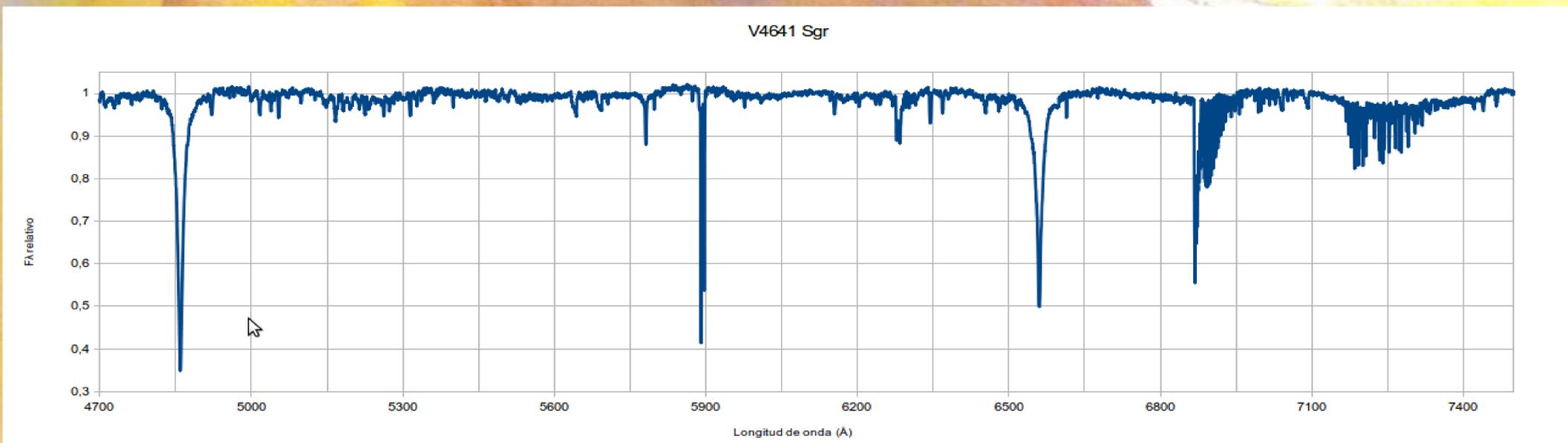


Figura 1: Rango espectral observado completo de la compañera óptica en el sistema binario V4641 Sgr.