

## Abundancias químicas de elementos de captura neutrónica en la Vía Láctea

Autor: Carlos Viscasillas Vázquez

Tesis doctoral dirigida por:

Gražina Tautvaišienė

Centro: Instituto de Física Teórica y Astronomía. Universidad de Vilnius

Fecha de lectura: 14 de septiembre de 2022

Derecha: Representaciones 3D de  $[Ba/Al]$  en función de la edad y la distancia galactocéntrica para 62 cúmulos abiertos en tres regiones galactocéntricas (interna, solar, externa) y toda la muestra vistas desde tres perspectivas diferentes.

La comprensión de la formación, estructura y evolución de la Vía Láctea es uno de los principales interrogantes en la astronomía moderna. La Galaxia está compuesta de elementos químicos que van desde los originados en el Big Bang hasta los formados por nucleosíntesis estelar. Entre ellos, hay algunos que destacan por su especial nucleosíntesis, son los llamados elementos de captura neutrónica, y que en algunos casos son producidos en eventos astronómicos extremos, como colisiones entre estrellas de neutrones o supernovas. A pesar de que los elementos de captura neutrónica representan la mayoría de los elementos en la tabla periódica, solo constituyen una pequeña cantidad de la composición global del Universo. Sin embargo, es en este pequeño porcentaje donde se encuentran las claves para comprender la evolución química de la Galaxia.

La tesis comienza introduciendo las abundancias de elementos de captura neutrónica en su contexto astrofísico. Se clasifican estos elementos según diferentes criterios y se presentan los procesos de nucleosíntesis que los generan, dividiéndolos en lentos (-s) y rápidos (-r). Se revisan sus abundancias en el Sistema Solar y se presentan los posibles lugares astrofísicos donde se producen.

Se presenta después la metodología utilizada en la tesis aplicada a dos muestras, una de estrellas de campo y otra de cúmulos abiertos. La primera consiste en 506 estrellas en el vecindario solar observadas desde el Observatorio Astronómico de Molėtai (Lituania) utilizando el espectrógrafo VUES. Se proporciona información sobre la adquisición de datos, parámetros atmosféricos, análisis de abundancias, edades y órbitas. La segunda consta de 62 cúmulos abiertos del Gaia-ESO Survey idr6, observados con el espectrógrafo UVES instalado en el VLT en Paranal (Chile). Se proporcionan detalles sobre el análisis de espectros y selección de miembros.

La tesis continúa con el análisis de las abundancias químicas, abordando primero las relaciones  $[E/Fe]$  en función de la metalicidad para diez elementos de captura neutrónica, según su clasificación: primer pico -s, segundo pico -s, elementos mixtos y elementos dominados por -r. Después se examina la relación  $[hs/ls]$  (los llamados indicadores del proceso -s) para controlar la eficiencia del proceso y la confiabilidad de los modelos GCE, encontrando un comportamiento diferenciado para las dos componentes del disco galáctico. Termina esta parte con un estudio de las relaciones  $[r/\alpha]$  versus  $[Fe/H]$ . Los resultados sugieren aquí que el proceso -r fue el único proceso de captura neutrónica activo al comienzo de la formación del disco grueso, y que existe una evolución química diferente en ambos componentes galácticos. También se proponen mejoras en los modelos teóricos.

Más tarde se abordan los gradientes de abundancia de elementos de captura neutrónica en el disco galáctico. La distribución de las abundancias químicas en la Galaxia no es uniforme en edad y posición, lo que resulta en gradientes de abundancia. Los elementos de captura neutrónica son claves, porque su producción es "específica del sitio". Por ello, tanto los mecanismos de formación del disco como la nucleosíntesis estelar dejan su marca en estos gradientes. Dividimos el estudio en gradientes temporales y gradientes espaciales. Se comparan los gradientes en los discos delgado y grueso. Las conclusiones principales son que los gradientes de abundancia de los elementos de captura neutrónica en el disco galáctico varían según la edad y la ubicación espacial. En el disco delgado, los gradientes de edad son negativos para el Sr, Y y Ba y se vuelven positivos para los elementos dominados por el proceso-r. Además, los gradientes radiales de abundancia en el disco delgado son insignificantes para los elementos dominados por el proceso-s y se vuelven positivos para los elementos dominados por el proceso-r.

A continuación examinamos el uso de las abundancias de elementos de captura neutrónica como relojes químicos. Aplicamos las relaciones  $[s/\alpha]$  a nuestras muestras, por separado para los discos delgado y grueso y OCs. Utilizamos regresiones multivariantes ponderadas en función de la edad, metalicidad y  $R_{gc}$  (figura) para describir las relaciones entre la edad de los OCs y sus características químicas. Investigamos las variaciones radiales de las relaciones  $[s/\alpha]$  y el papel de la migración, comparando nuestros resultados con los de la literatura disponible. Más tarde explicamos las relaciones de abundancia  $[Y/H]$  e  $[Y/Mg]$  de cúmulos estelares en el disco interior de la Galaxia desde un punto de vista teórico con una nueva prescripción basada en la mezcla magnética en estrellas AGB, que causa una producción menos eficiente de Y a alta metalicidad. Concluimos que las diferencias en  $R_{mean}$  pueden producir variaciones en el y-intercepto para la relación  $[Y/Mg]$ -edad. Encontramos una correlación casi despreciable de  $[Y/Mg]$  con la edad en el disco grueso, reservando la propiedad de indicadores de edad para las estrellas en el disco delgado. En cuanto a los OCs, concluimos que no hay una relación de reloj químico de edad válida para todo el disco, sino que hay una fuerte dependencia con la posición galactocéntrica. Las relaciones que involucran Ba son las más sensibles a la edad.

Para finalizar, proporcionamos una visión general de la tesis, enumerando las conclusiones, las limitaciones y las perspectivas futuras.

Tesis disponible en:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2022PhDT.....2V/abstract>