

La relación litio-edad: Calibración con cúmulos abiertos y asociaciones

Autora: Marta Lúthien Gutiérrez Albarrán
(mlgutierrez@ucm.es)

Tesis doctoral dirigida por: David Montes
Gutiérrez

Centro: Universidad Complutense de Madrid

Fecha de lectura: 10 de mayo de 2022

El litio es un elemento muy frágil que se destruye fácilmente en los interiores estelares, disminuyendo lentamente con el tiempo en la superficie de estrellas de tipo solar y poco masivas. Por ello, el litio puede usarse para estudiar la evolución estelar y es particularmente relevante para determinar la edad de cúmulos estelares. Las abundancias de litio (derivadas de la línea de Li en $6707,76 \text{ \AA}$) para estrellas de tipo tardío dependen fuertemente de la edad, pero también muestran un patrón complejo que depende de diferentes parámetros, desde la rotación a la actividad cromosférica, la metalicidad o los mecanismos de mezcla. La mejor forma de poder calibrar estos efectos es analizando en detalle conjuntos de estrellas de la misma edad, como cúmulos abiertos y asociaciones estelares.

En esta tesis partimos de una muestra de 42 cúmulos abiertos y asociaciones observados por la exploración GES, en un rango de edades desde 1 Ma a 5 Ga, con el objetivo de estudiar el litio como indicador de edad para estrellas de tipos tardíos FGK en la preselección principal y secuencia principal, y de esta forma llegar a una calibración empírica de la relación Li-edad.

Este proyecto ha hecho uso de los datos proporcionados por el último lanzamiento de datos de GES (IDR6) y por *Gaia* EDR3. *Gaia*-ESO (GES) es una gran exploración espectroscópica pública que proporciona una visión homogénea de la distribución de la cinemática y la estructura dinámica y química de la Galaxia. GES ha tomado datos de una gran cantidad de estrellas y de casi 100 cúmulos estelares, usando el espectrógrafo multiobjeto FLAMES del *Very Large Telescope* (ESO, Chile) para obtener tanto espectros de alta resolución con UVES como de resolución media con GIRAFFE.

En primer lugar, hemos realizado un detallado análisis de pertenencia para obtener listas de estrellas candidatas para cada uno de los 42 cúmulos, utilizando todos los parámetros disponibles y basándonos en los siguientes criterios: primero llevamos a cabo un estudio cinemático de las distribuciones de velocidades radiales, combinado con el análisis de los movimientos propios y las paralajes proporcionadas por *Gaia*. Se utilizan indicadores de gravedad como $\log g$ y el índice γ para descartar contaminantes gigantes de campo y de esta forma obtenemos, como resultado paralelo, un número de gigantes ricas en Li que listamos por su interés. Reforzamos las selecciones astrométricas utilizando la fotometría de *Gaia* en diagramas color-magnitud y usamos la metalicidad $[\text{Fe}/\text{H}]$ para descartar contaminantes adicionales. Con todo esto, estudiamos las candidatas en diagramas de $\text{EW}(\text{Li})$ frente a T_{eff} y obtenemos listas finales de candidatas.

Todos estos análisis de pertenencia se han complementado con una minuciosa búsqueda bibliográfica para cada cúmulo, recopilando todos los datos previos sobre abundancias de Li, estimaciones de edades, velocidades, astrometría, metalicidades y estudios previos de pertenencia. Las selecciones preliminares de candidatas para 20 de los cúmulos de la muestra

también se publicaron en 2020 en un artículo de A&A, al que se puede acceder en [este enlace](#).

Obtenidas las selecciones de candidatas, hemos llevado a cabo un estudio comparativo para poder cuantificar las dispersiones de Li observadas en cada cúmulo y analizar su dependencia con diferentes parámetros: rotación, indicadores de acreción, actividad cromosférica y metalicidad. Para el estudio de la rotación usamos tanto las velocidades de rotación proporcionadas por GES ($v \sin i$), como una serie de períodos de la literatura, incluyendo datos de TESS, K2 y Kepler. Hemos estudiado y confirmado varias correlaciones y comportamientos descritos en la literatura: observamos, por ejemplo, que candidatas con más litio tienden a ser más rápidas rotadoras y usualmente también son más activas. Por último, hemos observado cómo la metalicidad puede influir en el nivel de disminución de Li para cúmulos de las mismas edades, según sean más o menos metálicos.

Con toda esta información pasamos a la última parte del proyecto, la de calibrar una relación Li-edad. Para ello hemos creado una serie de envolventes empíricas de litio para edades claves en nuestra muestra, desde unos pocos Ma a varios Ga. Para obtener envolventes de la manera más completa posible, hemos delimitado también la zona de la LDB (el límite de disminución de litio) para los cúmulos con edades de 15-500 Ma con ayuda de varios modelos. Una aplicación de estas envolventes a la hora de usar el litio como indicador de edad es poder representar estrellas de edad desconocida en diagramas de $\text{EW}(\text{Li})$ frente a T_{eff} y usarlas como guía para estimar sus edades.

Como trabajo futuro, tenemos como objetivo principal utilizar esta relación Li-edad y las envolventes que hemos obtenido para poder estimar las edades de estrellas de campo observadas por GES cuya edad es aún desconocida, y así poder confirmar su pertenencia a diferentes grupos cinemáticos estelares de diferentes edades. Otro punto de interés es el estudio de las gigantes ricas en litio observadas en el campo de estos cúmulos durante el análisis de pertenencia, dada la naturaleza excepcional de estas estrellas y su utilidad a la hora de entender el comportamiento del litio estelar.

Tesis disponible en: <https://drive.google.com/drive/folders/1H1SBFfc30hMHu0ZFzvJU5uWSTXQIUjO>

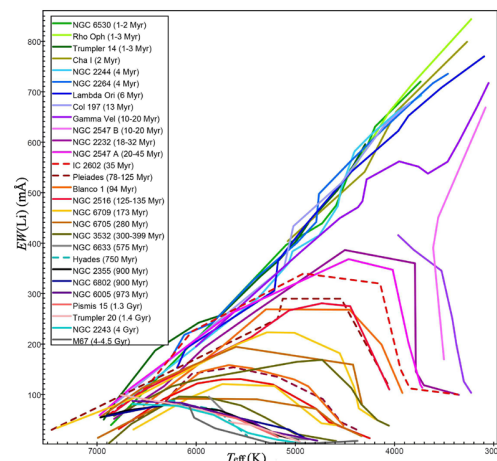


Diagrama de $\text{EW}(\text{Li})$ frente a T_{eff} mostrando las envolventes de Li empíricas obtenidas para 27 de los 42 cúmulos de la muestra, incluyendo los cúmulos jóvenes (1–50 Ma), así como los de edad intermedia (50–700 Ma) y los cúmulos viejos (> 700 Ma). Estas figuras también incluyen las envolventes de Li que se han usado a lo largo de esta tesis, mostradas en líneas discontinuas: La envolvente superior de $\text{EW}(\text{Li})$ para el cúmulo IC 2602 (35 Ma), mostrado en rojo; las envolventes superior e inferior para el cúmulo de las Pléyades (78–125 Ma), mostradas en rojo oscuro; y la envolvente superior para el cúmulo de las Híades (750 Ma), en turquesa.