

## PRESENTACION MURAL

### **Abundancias de litio y actividad estelar en estrellas con exoplanetas a partir de espectros HARPS**

M.G. Flores<sup>1</sup>, C.E. Saffe<sup>1</sup>, A.P. Buccino<sup>2,3</sup> & P.J. Mauas<sup>3</sup>

(1) *Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio (ICATE)*

(2) *Depto. de Física. FCEyN. Universidad de Buenos Aires (UBA)*

(3) *Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE)*

**Abstract.** We study the possible excess of lithium (Li) depletion found in stars with planets when they are compared with similar stars (same range of  $T_{eff}$  and  $\log g$ ) without planets. Moreover, we analyzed the possible relation between Li abundances and the stellar activity suggested by some authors. We used high-resolution spectra ( $R \sim 110.000$ ) of FGK stars with and without planets taken with the HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher) spectrograph, installed at the 3.6 m ESO telescope.

**Resumen.** Estudiamos el posible exceso en la reducción de litio (Li) presentado por las estrellas con planetas cuando se las compara con estrellas en el mismo rango de  $T_{eff}$  y  $\log g$ , que no albergan planetas. Además, analizamos la posible relación entre la abundancia del Li y la actividad estelar planteada por algunos autores. Se utilizaron espectros de alta resolución ( $R \sim 110.000$ ) de estrellas FGK con y sin exoplanetas obtenidos con el espectrógrafo HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher), instalado en el telescopio de 3.6 m del ESO.

## 1. Introducción

Un tema aún en debate es el contenido de Li en las estrellas con planetas respecto a estrellas sin planetas de la vecindad solar. Diversos estudios (e.g. González y Laws 2000) sugieren que las estrellas con exoplanetas presentan menos Li que las estrellas de campo, utilizando muestras de 7 y 28 objetos, respectivamente. Los autores descartan que ésto se deba a efectos de metalicidad o  $T_{eff}$ . Por otro lado, Ryan (2000) propuso que ambos grupos tienen una abundancia de Li similar, comparando 17 estrellas con exoplanetas en relación a objetos de campo y de cúmulos abiertos. Posteriormente, Israelian et al. (2004) encontraron un probable exceso de agotamiento del Li en una muestra de estrellas con exoplanetas para  $T_{eff}$  en el rango 5600-5850 K, en comparación con estrellas de campo en el mismo rango de  $T_{eff}$ . Luck & Heiter (2006) estudiaron 55 estrellas con exoplanetas y 216 objetos de campo, sin encontrar diferencias entre las abundancias de Li de estos grupos. Luego, mediante la utilización de espectros HARPS, Israelian et al. (2009) hallaron un exceso en la reducción del Li estudiando una muestra de 70 estrellas con exoplanetas con respecto a 381 estrellas de campo. Estos autores

afirman que la diferencia persiste para aquellas estrellas en el rango de  $T_{eff}$  5600-5900 K.

Por otro lado, Takeda et al. (2010) realizaron un análisis en una muestra de 118 estrellas tipo solar, y encontraron una posible correlación entre las abundancias de Li y la actividad estelar, y en consecuencia con la rotación estelar. Los autores sugieren que el contenido de Li está principalmente dominado por la rotación estelar. Este resultado discrepa con el obtenido por Israelian et al. (2009), donde no se encuentra dicha correlación.

En base a las diferencias planteadas, nuestro objetivo consiste en verificar los resultados obtenidos por Takeda et al. (2010) e Israelian et al. (2009) para una muestra diferente de objetos. Para ésto, nos enfocamos en la búsqueda de posibles correlaciones entre las abundancias de Li y otras propiedades estelares (tales como actividad estelar y velocidad de rotación).

## 2. Objetos de estudio y parámetros estelares

Las estrellas FGK con y sin exoplanetas junto a sus parámetros fundamentales fueron seleccionadas del catálogo de parámetros espectroscópicos para 451 estrellas del programa de búsqueda de planetas HARPS GTO (Sousa et al. 2008). En este trabajo preliminar, consideramos inicialmente el rango de  $T_{eff}$  donde Israelian et al. (2009) encuentran el exceso de agotamiento de Li. De este modo, presentamos un análisis parcial de 16 estrellas con planetas y 12 sin planetas, cuyos espectros se obtuvieron de la base de datos HARPS del telescopio de 3.6 m del ESO<sup>1</sup>.

Los parámetros estelares ( $T_{eff}$ ,  $\log g$ ,  $V_{turb}$ , y  $[Fe/H]$ ) fueron derivados por (Sousa et al. 2008), a partir de los anchos equivalentes de líneas de Fe I y Fe II medidos en los espectros HARPS, tal que verificaran el equilibrio de ionización y excitación. Se consideró LTE, y se emplearon modelos de atmósferas de capas plano-paralelas, a tal fin se utilizó el programa ATLAS9 (Kurucz 1993).

## 3. Análisis y resultados

Utilizando el programa SYNTHÉ (Kurucz & Avret 1981) efectuamos el cálculo de  $V_{sen}(i)$  ( $\text{km s}^{-1}$ ) mediante el ajuste de un conjunto de líneas del Fe I y Fe II. El espectro sintético final fue convolucionado con perfiles rotacionales e instrumentales. La dispersión en  $V_{sen}(i)$  está dada por la desviación estándar de las distintas líneas utilizadas. Posteriormente, ajustamos la línea de Li I 6707.8 Å mediante el cálculo de espectros sintéticos. Para ello, variamos la abundancia del Li en forma sucesiva y utilizamos los modelos de atmósferas ATLAS9 previamente calculados (ver Figura 1). Cuando no observamos la línea de Li I 6707.8 Å, determinamos límites superiores para las respectivas abundancias<sup>2</sup>

En la Figura 2 se observa la distribución de las abundancias de Li para estrellas con y sin planetas en función de la  $T_{eff}$  en el rango 5600-5850 K. Este rango es

<sup>1</sup><http://archive.eso.org>

<sup>2</sup>Las abundancias del Li se han medido respecto al hidrógeno mediante  $[Li/H]$ : la línea de Li I 6707.8  $[Li/H] = \log(Li/H) - \log(Li/H)_{sol}$

similar al utilizado por Israelian et al. (2004, 2009), donde la síntesis espectral fue realizada con el código MOOG (Sneden 1973).

Si bien parecería existir una diferencia entre las abundancias de Li en objetos con y sin planetas, consideramos necesario extender la muestra de objetos junto con el rango de  $T_{eff}$ , para así profundizar con más detalle en la causa que da origen a este fenómeno.

Por otro lado, intentamos verificar la correlación obtenida por Takeda et al. (2010) entre la actividad estelar vs. la abundancia de Li. Aquí, se utilizó el índice  $r_0(8542)$  como indicador de actividad estelar cromosférico, que corresponde al flujo residual (normalizado al continuo) del centro de la línea 8542.09 Å del Ca II. A diferencia de este trabajo, nosotros utilizamos el índice medio de Mount Wilson  $\langle S \rangle$  como indicador de actividad. Este índice fue obtenido a partir del cociente entre el flujo de las líneas de Ca II H (3968.47Å) y K (3933.66Å) y el flujo en dos bandas del continuo cercano (ver Figura 3). Sin embargo, es difícil inferir alguna correlación entre ambos parámetros, ya que en un alto porcentaje sólo hemos podido determinar límites superiores para las abundancias del Li.

En la Figura 4 se muestra la distribución de las abundancias de Li para estrellas con y sin planetas en función de  $\mathbf{V} sen(i)$ . Aquí, no se observa una clara correlación entre ambos parámetros. Ésto puede deberse en parte a que la muestra está limitada a un pequeño rango de  $\mathbf{V} sen(i)$ , ya que los programas de búsqueda de exoplanetas se limitan a estrellas poco activas y de baja rotación.

Se esperaría que las estrellas menos activas o con velocidad de rotación ( $v_{rot}$ ) baja, presenten abundancias menores, ya que se sostiene que el mecanismo de pérdida de Li causado por la envoltura de mezclado opera más eficientemente a medida que  $v_{rot}$  disminuye (Takeda et al. 2010). Ésto explicaría el exceso de agotamiento de Li presente en las estrellas con planetas. Un sistema planetario alteraría la evolución del momento angular de la estrella y la superficie convectiva de mezclado, causando un exceso de falta de Li (Israelian et al. 2009).

## Referencias

- González G., Laws C., 2000, AJ 119, 390  
 Israelian G., Santos N. C., Mayor M., Rebolo R., 2004, A&A 414, 601  
 Israelian G., Delgado M. E., Santos N. C., et al., 2009, Nature 462, 189  
 Kurucz R. L., Avrret E. H., 1981, SAO, Spec Rep 391.  
 Kurucz R., ATLAS9, Stellar Atmosphere Programs and 2 km/s grid, 1993  
 Luck R. E., Heiter U., 2006, AJ 131, 3069  
 Ryan S. G., 2000, MNRAS 316, 35  
 Sousa S. G., Santos N. C., Israelian G., Mayor M., et al., 2006, A&A 458, 873S  
 Sousa S. G., Santos N. C., Mayor M., et al., 2008, A&A 487, 373S  
 Santos N. C., Israelian G., Mayor M., 2004, A&A 415, 1153  
 Santos N. C., Israelian G.; Mayor M., et al., 2005, A&A 437, 1121  
 Sneden C. 1973, Ph.D. Thesis, University of Texas  
 Takeda Y., Honda S., Kawanomoto S., et al., 2010, A&A 515, 93

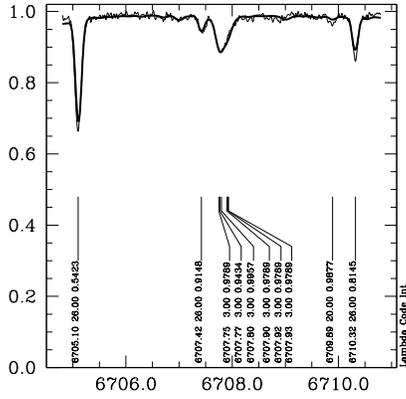


Figura 1. Ajuste de la línea de Li I 6707.8 Å para HD 134664. Las líneas continuas representan los espectros observado (línea fina) y sintético (línea gruesa).

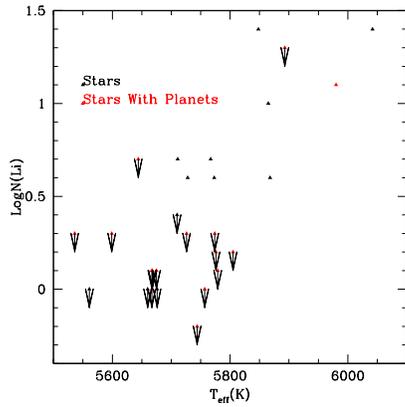


Figura 2. Abundancias de Li vs.  $T_{eff}$ , para estrellas con y sin planetas. Indicamos con flechas los límites superiores encontrados para las abundancias de Li.

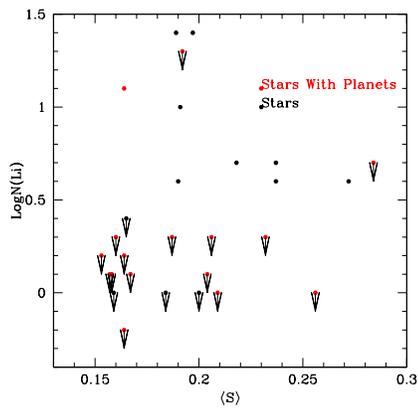


Figura 3. Li vs.  $\langle S \rangle$ , para estrellas con y sin planetas. Indicamos con flechas los límites superiores encontrados para las abundancias de Li.

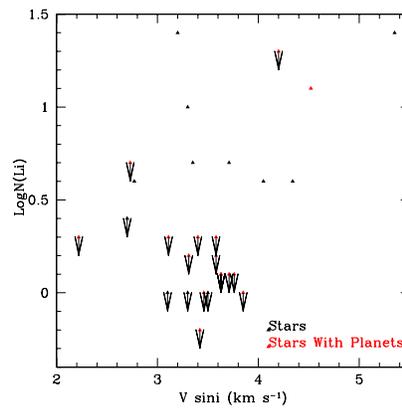


Figura 4. Li vs.  $V \sin(i)$  para todos los objetos de la muestra. Indicamos con flechas los límites superiores encontrados para las abundancias de Li.