

Posible influencia de exoplanetas sobre la actividad estelar: Nuevos resultados

M.G. Flores^{1,2}, A.E. Collado^{1,2}, M. Jaque Arancibia¹, C.E. Saffe^{1,2} & A.P. Buccino^{3,4}

¹ *Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio, CONICET-UNSJ, Argentina*

² *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNSJ, Argentina*

³ *Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio, CONICET, Argentina*

⁴ *Instituto de Astronomía y Física del Espacio, CONICET-UBA, Argentina*

Contacto / mlflores@icate-conicet.gob.ar

Resumen / El objetivo final de este trabajo consiste en analizar 2 fenómenos posiblemente relacionados y a la vez muy discutidos en la literatura. Por un lado, la diferencia en los niveles de actividad mostrados por las estrellas con y sin planetas. Por otro lado, el exceso en la reducción de Litio (Li) presentado por las estrellas con planetas cuando se las compara con estrellas de similares características que no albergan planetas. Para alcanzar el objetivo propuesto, se ha dividido el trabajo en 3 etapas. De esta manera, en esta segunda contribución presentamos un análisis de los índices de actividad calculados para la muestra total de objetos. Para tal fin, utilizamos espectros de alta resolución ($R \approx 115\,000$) de 1004 estrellas FGK tomados con el espectrógrafo HARPS (High Accuracy Radial velocity Planet Searcher), instalado en el telescopio de 3.6-m del ESO. No encontramos una diferencia significativa al comparar los índices de actividad entre estrellas con y sin planetas. Además, no se observa ninguna correlación entre la actividad cromosférica y la masa del planeta.

Abstract / Our main aim of this work is to analyze 2 phenomena possibly related and at the same time very discussed in the literature. On the one hand, the difference in the activity levels shown by stars with and without planets. On the other hand, the excess of Lithium (Li) depletion presented by stars with planets when they are compared to stars with similar characteristics that do not host planets. To reach our main aim, the work has been divided into 3 stages. Thus, in this second contribution we present an analysis of the activity indexes calculated for the whole sample. To do so, we used high resolution spectra ($R \approx 115\,000$) of 1004 FGK stars taken with the HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher) spectrograph, installed in the 3.6-m ESO telescope. We do not find a significant difference in the activity indexes of stars with and without planets. Furthermore, the chromosphere activity is not correlated with the mass of the planet.

Keywords / stars: activity — planets and satellites: general — stars: abundances

1. Introducción

La posible relación entre la presencia de exoplanetas con respecto a los incrementos en la actividad estelar de las estrellas ha sido ampliamente estudiada. Sin embargo, actualmente no hay un acuerdo en la literatura sobre este tema. Algunos autores sugieren que las estrellas con exoplanetas, en particular aquellas con planetas masivos y cercanos (e.g. Júpiter “caliente”, es decir, $P_p < 7$ días, $a < 0.1$ ua, $M_p > 0.2 M_J$), son más activas que estrellas similares sin planetas (e.g. Knutson et al., 2010; Krejčová & Budaj, 2012; Miller et al., 2015). Estos incrementos en la actividad serían consecuencia de las interacciones estrella-planeta (SPIs, star-planet interactions) de índole mecánica y/o magnética (Cuntz et al., 2000).

Trabajos de naturaleza estadística como Canto Martins et al. (2011), no encuentran diferencia entre la actividad cromosférica para una muestra de estrellas con y sin exoplanetas. Estos autores analizaron un conjunto de 74 estrellas FGK con exoplanetas y 26 estrellas FGK sin exoplanetas. No obstante, Krejčová & Budaj (2012) encontraron que el nivel de actividad puede ser afecta-

do por exoplanetas muy cercanos ($a < 0.15$ ua). Aquellas estrellas con compañeros cercanos y masivos serían las más activas. A diferencia con estudios previos, estos autores no comparan muestras de estrellas con y sin exoplanetas, sino directamente la relación entre la actividad cromosférica actual y la posible relación con las propiedades de los planetas cercanos.

En esta segunda etapa incluimos el análisis de actividad de 651 objetos provenientes del programa de búsqueda de exoplanetas HARPS GTO (*Guaranteed Time Observations*). De esta manera, los índices de actividad calculados aquí junto a los obtenidos en nuestra primera contribución (353 objetos, Flores et al., 2016b), completan la muestra total de objetos a analizar.

2. Observaciones

La muestra total está compuesta por 869 objetos sin planetas y 135 objetos con planetas, cuyos parámetros orbitales fueron tomados de la enciclopedia de planetas extrasolares*.

*<http://exoplanet.eu/>

Los espectros HARPS utilizados aquí presentan un poder resolvente de $R \approx 115\,000$ con una S/N promedio entre 100–200. Hemos seleccionado cuidadosamente sólo aquellos espectros con S/N lo suficientemente alta, para luego medir los flujos de las líneas H&K del Ca II en cada uno de los espectros y posteriormente realizar el cálculo del índice de Mount Wilson (S) de todos los objetos. Para ello, se aplicó la calibración de Lovis et al. (2011).

3. Análisis y resultados

Para comparar adecuadamente la actividad estelar cromosférica para estrellas de distintos tipos espectrales, es necesario el cálculo del índice R'_{HK} . Esto se debe a que el índice S es sensible al tipo espectral y a la contribución fotosférica presente en las líneas de emisión H&K del Ca II (ver detalles en Noyes et al., 1984). Para tal fin, primero se calculó R_{HK} :

$$R_{HK} = 1.34 \times 10^{-4} C_{cf} S \quad (1)$$

Aquí, R_{HK} representa el índice S corregido por su dependencia con el tipo espectral ($B - V$). El factor de conversión C_{cf} utilizado aquí fue estimado por Rutten (1984), quien modificó el factor obtenido por Middelkoop (1982), extendiéndolo a un rango de $B - V$ mayor ($0.3 < B - V < 1.6$). Finalmente, se tuvo en cuenta la contribución fotosférica (R_{fot}):

$$\log R_{fot} = -4.898 + 1.918(B - V)^2 - 2.893(B - V)^3 \quad (2)$$

De esta manera:

$$R'_{HK} = R_{HK} - R_{fot} \quad (3)$$

En la Fig. 1 se muestra la distribución del $\log < R'_{HK} >$ como función de la temperatura efectiva (Adibekyan et al., 2012, y sus referencias). Puede observarse que las tres poblaciones analizadas se concentran en una zona de actividad intermedia, donde las estrellas sin planetas (simples) poseen un valor medio de actividad $\bar{x} = -4.84 \pm 0.182$. Las estrellas con planetas tipo Jupiter presentan un nivel de actividad medio $\bar{x} = -4.81 \pm 0.24$, mientras que aquellas con planetas no Jupiter poseen un nivel medio de actividad $\bar{x} = -4.93 \pm 0.12$. Además, se observa que la cantidad de planetas detectados en torno a estrellas de actividad elevada es escasa.

Se ha sugerido que las estrellas con planetas más cercanos son más activas que aquellas con planetas más alejados (e.g. Cuntz et al., 2000; Krejčová & Budaj, 2012). Incluso existe evidencia de una posible dependencia de la actividad con la masa del planeta. Sin embargo, ésta suele ser atribuida a los efectos de selección relacionados con el método de velocidad radial (e.g. Canto Martins et al., 2011).

Para investigar este fenómeno, en la Fig. 2 se observa la distribución del $\log < R'_{HK} >$ en función del semieje mayor del planeta. De acuerdo a resultados anteriores, se esperaría que las estrellas con planetas más masivos ($M_p > 1M_J$) y cercanos, tengan niveles de actividad mayores que aquellas estrellas con planetas más alejados y de menor masa ($M_p < 1M_J$). Sin embargo, no se observa ninguna correlación entre la actividad cromosférica y la masa del planeta.

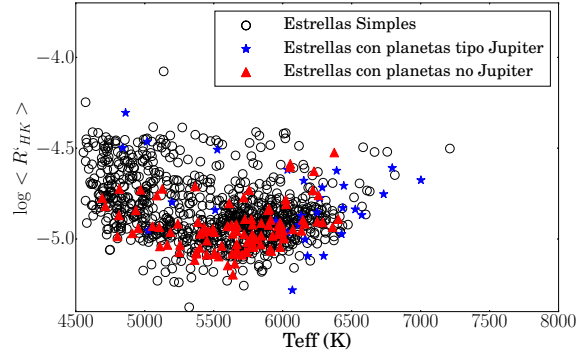


Figura 1: Distribución del índice de actividad cromosférico calculado para las tres poblaciones. Los círculos vacíos corresponden a estrellas simples. Los objetos con planetas tipo Jupiter y aquellas con planetas no Jupiter son indicadas con estrellas y triángulos, respectivamente.

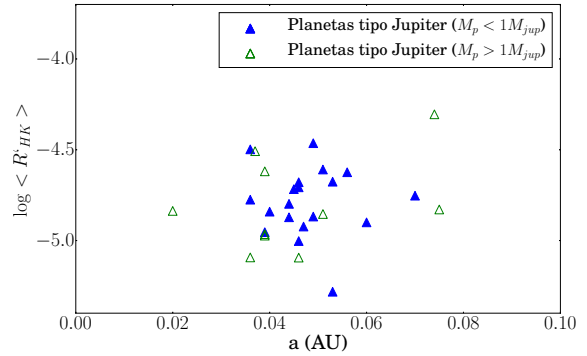


Figura 2: Índice de actividad medio en función del semieje mayor (a). Indicamos en triángulos vacíos a aquellos objetos con planetas tipo Júpiter masivos ($M_p > 1M_J$) y con triángulos sólidos a aquellos con $M_p < 1M_J$ (poco masivos).

4. Trabajo futuro

En la tercer y última etapa de nuestro trabajo confrontaremos los valores de actividad ya calculados con las abundancias de Li. De esta manera, se buscarán posibles indicios de la correlación sugerida por Takeda et al. (2010). El cálculo de las abundancias de Li y el de la velocidad de rotación estelar ($v \sin i$), se realizará a partir de la síntesis espectral empleando el programa SYNTHE (Kurucz & Avrett, 1981). Finalmente, contaremos con una extensa muestra de objetos con temperaturas entre 4000–7300 K con sus respectivos índices de actividad y abundancias de Li calculadas.

Por otro lado, se analizarán todos los objetos de la muestra en busca de posibles ciclos de actividad. Una revisión preliminar de las series temporales de estos objetos, reveló la presencia de algunas series temporales que resultan interesantes para este tipo de estudios (ver Fig. 3). Un claro ejemplo fue el objeto HD 45184, al cual se le detectó un ciclo cromosférico de ≈ 5.14 años (ver detalles en Flores et al., 2016a).

Agradecimientos: MGF y AEC agradecen a la UNSJ por el patrocinio mediante el proyecto PROJOVI2015, Res.3635. Agradecemos al árbitro por sus comentarios constructivos que mejoraron

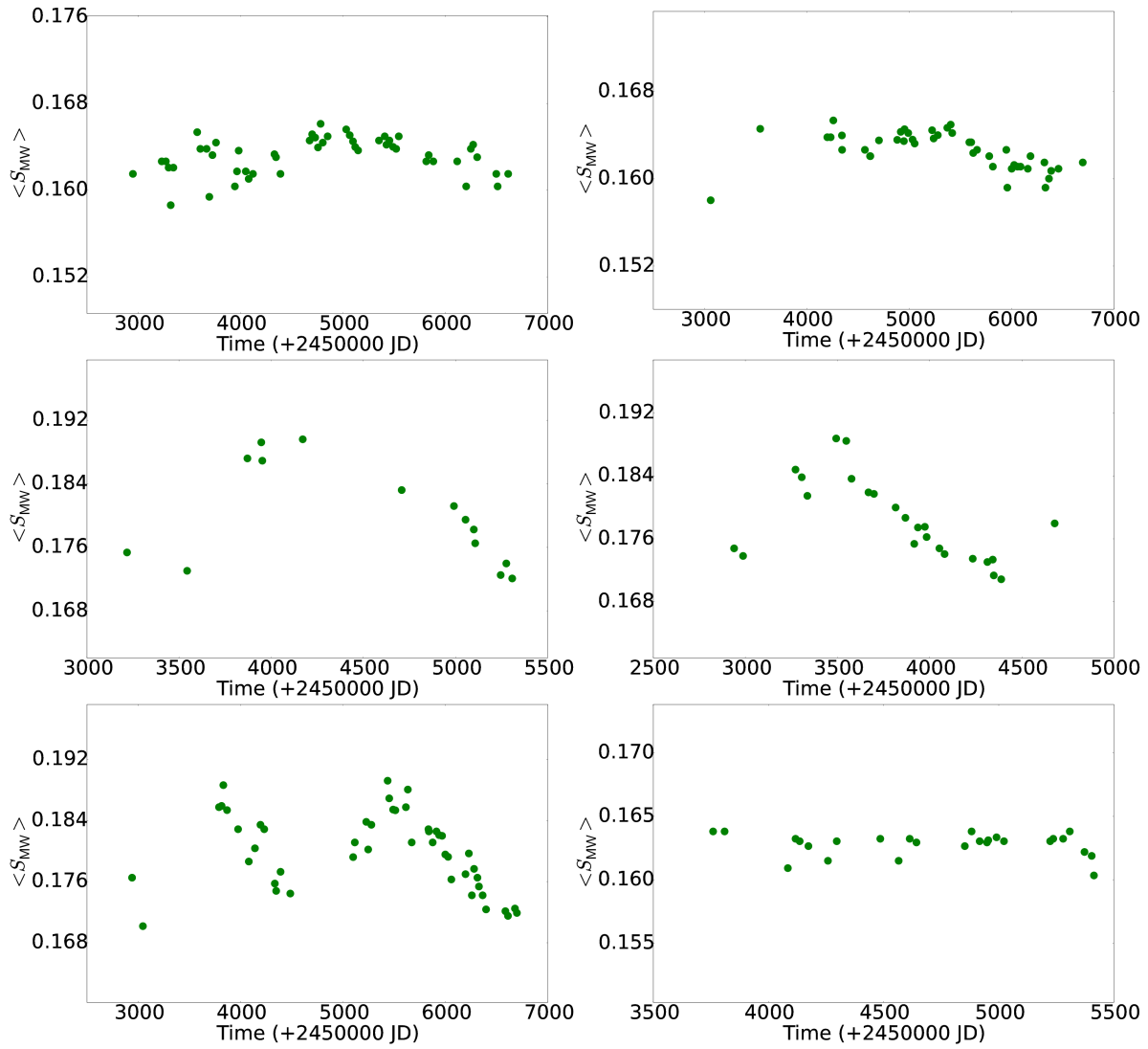


Figura 3: Series temporales para 6 de los 1004 objetos de la muestra HARPS utilizada en este trabajo.

el trabajo.

Referencias

- Adibekyan V. Z., et al., 2012, *A&A*, 545, A32
 Canto Martins B. L., et al., 2011, *A&A*, 530, A73
 Cuntz M., Saar S. H., Musielak Z. E., 2000, *ApJL*, 533, L151
 Flores M., et al., 2016a, *A&A*, 589, A135
 Flores M., et al., 2016b, *Boletin de la Asociacion Argentina de Astronomia La Plata Argentina*, 58, 325
 Knutson H. A., Howard A. W., Isaacson H., 2010, *ApJ*, 720, 1569
 Krejčová T., Budaj J., 2012, *A&A*, 540, A82
 Kurucz R. L., Avrett E. H., 1981, *SAO Special Report*, 391
 Lovis C., et al., 2011, *ArXiv e-prints*
 Middelkoop F., 1982, *A&A*, 107, 31
 Miller B. P., et al., 2015, *ApJ*, 799, 163
 Noyes R. W., et al., 1984, *ApJ*, 279, 763
 Rutten R. G. M., 1984, *A&A*, 130, 353
 Takeda Y., et al., 2010, *A&A*, 515, A93