



Abundancias químicas y parámetros físicos de estrellas con planetas

E. Vendemmia¹, O.I. Pintado² & M. Gómez¹

¹ Observatorio Astronómico de Córdoba

² Instituto Superior de Correlación Geológica (CONICET)

Contacto/ EV: evendemmia@oac.unc.edu.ar

Resumen / La elevada metalicidad en las estrellas podría favorecer la formación de planetas ya sea a través del proceso de acreción de núcleos o de la inestabilidad del disco. Debido a esto hay un gran interés en estudiar las atmósferas de estrellas que albergan planetas. Presentamos resultados preliminares del análisis de las atmósferas de cinco de estas estrellas, determinando abundancias de algunos elementos químicos relevantes y parámetros estelares tales como temperatura efectiva, gravedad superficial y velocidad de microturbulencia. Los objetos estudiados fueron observados con el espectrógrafo EBASIM de CASLEO.

Abstract / The high metallicity of stars might favor planet formation either through nucleus accretion or disk instability. For this reason there is a great interest in the study of the atmospheres of stars that host planets. We present preliminary results of an analysis of the atmospheres of five of these stars. We determine chemical abundances of relevant elements and stellar parameters, such as effective temperature, surface gravity and microturbulence. These objects were observed with the CASLEO EBASIM spectrograph.

Keywords / star: fundamental parameters—stars: abundances — stars: exoplanets

1. Introducción

Desde 1995 en que se anunció el descubrimiento del primer exoplaneta hubo un gran interés en estudiar las propiedades de los mismos (Mayor & Queloz, 1995). Gonzalez (1997) sugirió la existencia de una relación entre la metalicidad estelar y la presencia de planetas gigantes y cercanos a la estrella huésped, analizando unos pocos sistemas conocidos al momento. En años posteriores, en base a muestras más numerosas de estrellas con planetas, fue posible establecer que las distribuciones en metalicidad de las estrellas con y sin planetas son estadísticamente diferentes: aproximadamente el 80 % de estrellas con planetas poseen metalicidades mayores que la solar en tanto que sólo el 20 % de ellas tienen metalicidades subsolares (ver, por ejemplo Santos et al. 2003; Fischer & Valenti 2005). Además estos trabajos, entre otros, investigaron dos hipótesis básicas para el origen de exceso de metalicidad en las estrellas, principalmente de tipos espectrales F, G y K, con planetas: el origen primordial y el efecto de polución atmosférica por la acreción de planetesimales.

Más recientemente Petigura & Marcy (2011) mostraron que tiende a haber una sobreabundancia de carbono y oxígeno en las estrellas con planetas y que la relación entre estas abundancias juega un papel importante en la formación planetaria. Además estos autores sugieren que la relación de las abundancias de O y Fe podrían estar relacionadas con la composición química del propio disco protoplanetario. Otros autores han considerado la importancia de Be y Li en la formación de planetas (Delgado Mena et al., 2011). Por otro lado, estos elementos

minoritarios en las atmósferas estelares son trazadores de la estructura interna de las estrellas.

Estudios detallados de las atmósferas y, en particular, de la composición química de las estrellas que albergan planetas, son de gran interés ya sea por su posible vinculación con la formación y presencias de planetas, como por el conocimiento detallado de las propiedades y características de las propias atmósferas. En esta contribución se determinan las correspondientes temperaturas efectivas, gravedades superficiales, velocidades de microturbulencias y metalicidades (Fe/H) de las atmósferas de un grupo de cinco estrellas que albergan planetas.

Las ventajas de calcular la composición química, temperatura efectiva, gravedad, etc., usando espectros sintéticos han sido evaluadas por Pintado et al. (2005), Saffe et al. (2008) y Pintado & Adelman (2009). En este trabajo se presentan resultados iniciales sobre la abundancia del Fe. Sin embargo el procedimiento empleado permite determinar las abundancias de todos los elementos químicos, por lo que en un futuro se realizarán determinaciones de otras abundancias.

2. Observaciones

Se empleó la llamada *Enciclopedia de Planetas Extrasolares** para seleccionar cinco estrellas con planeta/s observables desde el hemisferio sur. En la Tabla 1 se listan las estrellas seleccionadas y algunas características de los planetas asociados.

* <https://exoplanet.eu>

Los espectros de las cinco estrellas analizadas fueron obtenidos con el espectrógrafo EBASIM de CASLEO en el mes de julio de 2014, empleando la red de 226 l/mm. Estos espectros poseen un amplio rango de longitudes de onda, entre 4000 y 7000 Å, y alta relación señal ruido (S/N=150 aproximadamente). Los mismos fueron procesados empleando técnicas estándares con IRAF y se corrigieron por velocidad radial.

Tabla 1: Estrellas con planetas de la muestra seleccionada

Estrella	Planeta	M sin i (M_{Jup})	a (UA)
HD 136352	b	0.01	0.09
	c	0.03	0.16
	d	0.03	0.41
HD 147513	b	1.21	1.32
HD 160691	b	1.68	1.5
	c	0.03	0.09
	d	0.52	0.92
	e	1.81	0.54
HD 192310	b	0.06	0.32
	c	0.08	1.18
HD 216435	b	1.26	0.07

3. Metodología

Los espectros observados se comparan con espectros sintéticos para determinar los parámetros de las estrellas de la muestra. Los valores iniciales de temperatura efectiva, gravedad superficial y velocidad de rotación se obtuvieron de SIMBAD.

Las atmósferas estelares se calcularon con el código ATLAS9 (Kurucz, 2005). Este código modela un medio en equilibrio termodinámico local (LTE) y es considerado un estándar para el estudio de atmósferas de estrellas de secuencia principal con tipos espectrales A, B, F, G, etc.

Los espectros sintéticos se calcularon con SYNTHE (Kurucz, 2005) variando los parámetros de entrada (T_{eff} , $\log g$ y $V \sin i$) y buscando el mejor ajuste, a través de un proceso de minimización de residuos. De esta manera, además de los parámetros mencionados se derivaron la velocidad de microturbulencia y las abundancias químicas.

4. Determinación de parámetros estelares

El índice de metalicidad fue calculado con la relación $\text{Fe}/\text{H} = \log(\text{Fe}/\text{H})_* - \log(\text{Fe}/\text{H})_{\odot}$, donde el $\log(\text{Fe}/\text{H})_*$ hace referencia al logaritmo de la abundancia química de la estrella y el $\log(\text{Fe}/\text{H})_{\odot}$, representa el logaritmo de la abundancia solar.

En la Tabla 2 se muestran los distintos parámetros: temperatura efectiva (T_{eff}), logaritmo de gravedad superficial ($\log g$), velocidad de rotación ($V \sin i$) e índice de metalicidad (Fe/H) para las cinco estrellas analizadas. Se indica la relación S/N (señal/ruido) de los espectros de cada objeto que se obtuvo en las observaciones. Se listan además los correspondientes parámetros solares, a los fines de comparación. Se observa que las estrellas HD 147513, HD 160691, y HD 216435 son más pobres en

metales que el Sol y que las estrellas HD 136352 y HD 192310 son más ricas en metales que el Sol. Como se mencionó en la Sección 1, las estrellas con planetas gigantes y cercanos son, en promedio, ricas en metales. Sin embargo una fracción no despreciable de estrellas con planetas ($\sim 20\%$) poseen metalicidades subsolares. Dado el pequeño número de objetos analizados en esta contribución, no es posible considerar estadísticamente los porcentajes de estrellas con planetas y metalicidades mayores y menores a la solar. Las tres estrellas pobres en metales aquí analizadas, pertenecerían al grupo minoritario de estrellas con planetas y metalicidades subsolares.

Tabla 2: Parámetros estelares de las 5 estrellas seleccionadas

Estrella	T_{eff} (K)	$\log g$	$V \sin i$ (km/s)	Fe/H	S/N
HD 136352	5572	4.16	8.30	0.20	125
HD 147513	5858	4.54	5.00	-0.20	144
HD 160691	5600	4.20	6.12	-0.20	145
HD 192310	5000	4.54	3.12	0.03	168
HD 216435	6000	4.00	3.12	-0.43	140
Sol	5777	4.44		0	

En las Figuras 1-3 se muestran tres de los espectros observados (línea de color azul) y sintéticos (línea de color roja punteada). Para el presente estudio se seleccionó una parte del espectro, entre 6419 y 6433 Å, en la cual se observan algunas líneas de Fe.

En un futuro se espera determinar las abundancias de elementos tales como: C, O y Li, entre otros, a fin de poder realizar un análisis global de las composiciones químicas de esta muestra de estrellas con planeta. Se espera además, por un lado, incrementar el número de estrellas con planetas analizadas y, por el otro, realizar comparaciones con estrellas de una muestra de control, constituida por estrellas de características similares pero sin planetas detectados.

Agradecimientos: Agradecemos al Dr. R.Kurucz y a la Dra. F. Castelli por cedernos los programas ATLAS y SYNTE. EV y OIP son Astrónomos Visitantes del CASLEO, que funciona por convenio entre CONICET y las Universidades Nacionales de La Plata, Córdoba y San Juan. Esta investigación ha hecho uso de la base de datos de SIMBAD, mantenida por el centro de datos de Estrasburgo, Francia.

Referencias

- Delgado Mena E., et al., 2011, ApJ, 728, 148
 Fischer D. A., Valenti J., 2005, ApJ, 622, 1102
 Gonzalez G., 1997, MNRAS, 285, 403
 Kurucz R. L., 2005, Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi, 8, 14
 Mayor M., Queloz D., 1995, Nature, 378, 355
 Petigura E., Marcy G., 2011, in AAS/Division for Extreme Solar Systems Abstracts Vol. 2 of AAS/Division for Extreme Solar Systems Abstracts, Carbon and Oxygen in Nearby Stars: Keys to Protoplanetary Disk Chemistry. p. 3303
 Pintado O., Adelman S., 2009, in Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series Vol. 35 of Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series, Abundance Calculations Using Synthetic Spectra. p. 303

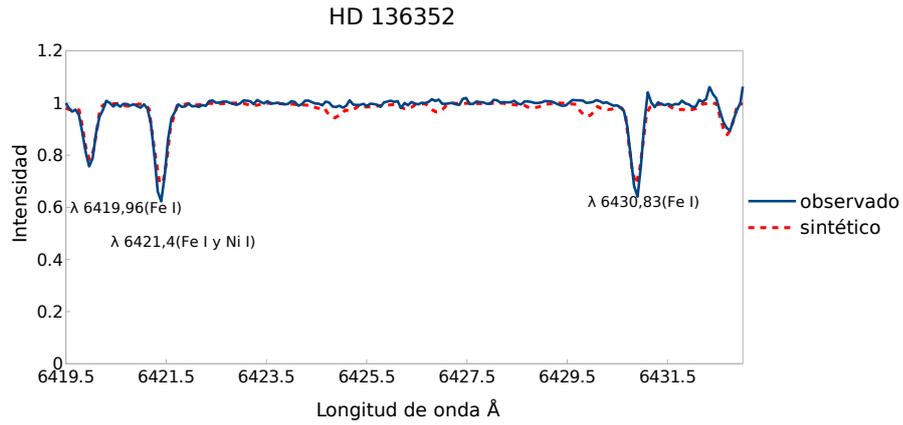


Fig. 1: HD 136352, la línea 6419.96 Å corresponde a Fe I, 6421.04 Å a Fe I y Ni I, y en 6430.83 Å a Fe I.

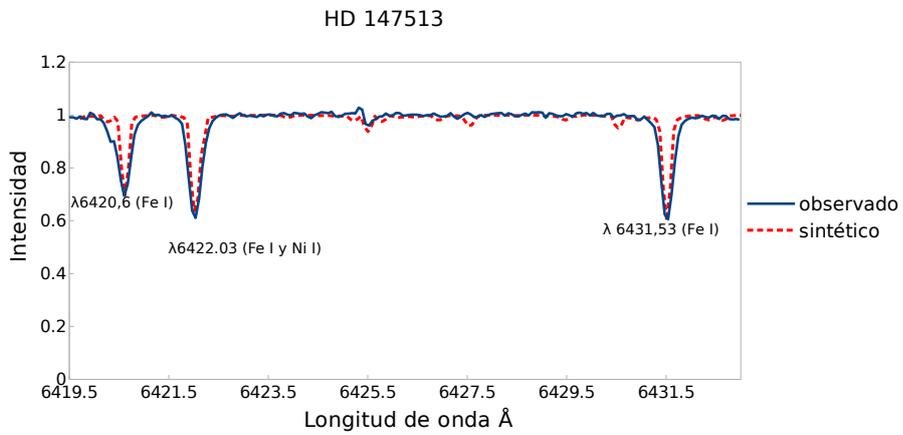


Fig. 2: HD 147513, la línea 6420.6 Å corresponde a Fe I, 6422.03 Å a Fe I y Ni I, y 6431.53 Å a Fe I.

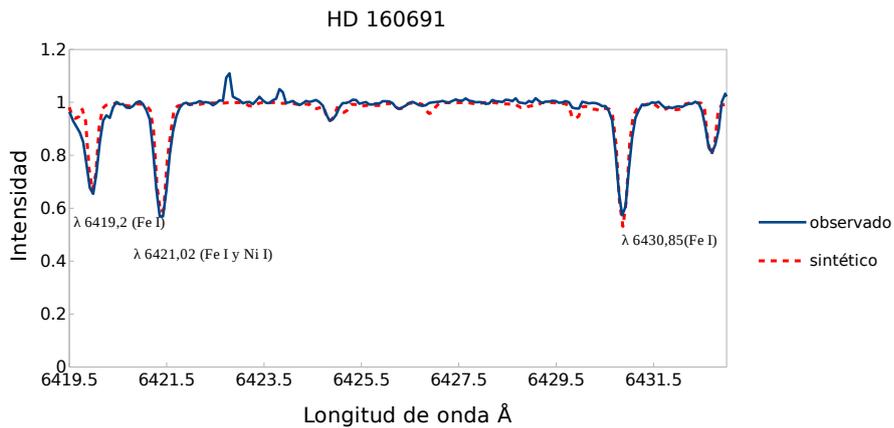


Fig. 3: HD 160691, la línea 6419.2 Å corresponde a Fe I, 6421.5 Å a Fe I y Ni I y 6430.8 Å a Fe I.

Pintado O. I., Pedrosa S. E., Adelman S. J., 2005, Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía La Plata Argentina, 48, 242
 Santos N. C., et al., 2003, A&A, 398, 363
 Saffe C., et al., 2008, A&A, 490, 297