

PRESENTACIÓN MURAL

Estabilidad y precisión del espectrógrafo EBASIM para la detección de planetas extrasolares

E. Jofré¹ y J. F. González^{1,2}

(1) *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - UNSJ*

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

Abstract. We present a long-term precision and stability analysis of the EBASIM spectrograph to evaluate the possibilities of detecting extrasolar planets using this instrument. Analysing radial velocities of standard stars over a period of 3 yr, we found that EBASIM presents small instrumental drifts of ~ 0.12 km/s around the instrumental zero-point of $+0.57$ km/s and has a radial velocity precision of 130 m/s for late main-sequence stars. These values make it capable of detecting or confirming the exoplanets known as “hot Jupiters” only if their radial velocity amplitudes are greater than 390 m/s. On the other hand, by examining a sample of 13 solar type stars, we found 6 variable stars which were previously unreported, including a double-line spectroscopy binary (HR 6786).

Resumen. Presentamos un análisis de la precisión y estabilidad a largo plazo del espectrógrafo EBASIM del CASLEO, para evaluar la posibilidad de detectar planetas con este instrumental. Analizando las velocidades radiales de estrellas estándares en un período de 3 años, encontramos que EBASIM presenta pequeños corrimientos instrumentales de ~ 0.12 km/s respecto del punto cero instrumental de $+0.57$ km/s y tiene una precisión en la medición de velocidades radiales de estrellas tardías de 130 m/s. Estos valores lo hacen apto para la detección o confirmación de planetas del tipo “Júpiter caliente”, siempre y cuando las amplitudes en velocidad radial excedan los 390 m/s. Por otro lado, analizando una muestra de 13 estrellas de tipo solar, encontramos 6 estrellas variables sin reportes previos, incluyendo una binaria espectroscópica de doble línea (HR 6786).

1. Introducción

Hasta la fecha, más de 400 planetas han sido detectados alrededor de otras estrellas (<http://exoplanet.eu>), siendo el método Doppler de velocidad radial (VR) el más fructífero en la detección. Esta técnica consiste en detectar el movimiento alrededor del centro de masa que estos objetos subestelares y/o de masas planetarias ocasionan a su estrella huésped. La amplitud típica de sus curvas de VR, varía aproximadamente entre 0.0044 km/s (HD 69830) y 12.22 km/s (HD 41004 B). Teniendo en cuenta el éxito del método Doppler en la detección de planetas extrasolares y el rápido crecimiento de este campo en los últimos años, en este trabajo analizamos la posibilidad de detectar planetas con este méto-

do utilizando el espectrógrafo EBASIM, estudiando su estabilidad y precisión a largo plazo.

2. Observaciones, mediciones de VR y análisis de variabilidad

Analizamos los espectros de todas las estrellas estándares de VR observadas en el CASLEO en el período 2003-2006, incluyendo 18 estándares CORAVEL y ELODIE de alta precisión en VR (Udry et al. 1999). Además, observamos en forma reiterada una muestra de 13 estrellas de tipo solar de baja velocidad de rotación (estrellas de programa), con el fin de buscar eventuales variaciones de VR. Los espectros fueron tomados con el telescopio de 2.15 m + espectrógrafo de banco EBASIM (R=38000), abarcan la región espectral 3800-5950 Å, tienen S/N ~ 80 y fueron reducidos con el paquete de programas IRAF. Para medir VRs, utilizamos el método de correlaciones cruzadas con la tarea *fxcor*, usando templates sintéticos y observados. Para la estrella HR 6786 - una binaria espectroscópica de doble línea (SB2) - ajustamos una función gaussiana en la región interior al FWHM de cada uno de los 2 picos de la función de correlación, obteniendo VRs para cada componente. La función de correlación para este objeto presenta un lomo ensanchado por debajo de uno de los picos, cuyo movimiento en el tiempo indicaría que el sistema binario está ligado físicamente a una tercera componente de alta rotación que se mueve en VR.

Tabla 1. VRs medias y variabilidad en estrellas estándares(*) y de programa

Estrella	V	Tipo Esp.	VR (km/s)	Error (km/s)	N	σ_r (km/s)	χ^2	$P(\chi^2)$	var/cte
HR 188*	2.04	G9II-III	13.49	0.18	3	0.22	2.46	0.48	cte
HR 6056*	2.75	M0.5III	-19.13	0.40	15	0.54	46.01	0.00	var
HR 6603*	2.78	K2III	-11.82	0.18	4	0.10	0.47	0.98	cte
HR 6970*	5.14	G8III	8.29	0.34	4	0.13	0.44	0.98	cte
HR 8183*	5.36	K0III	22.59	0.14	4	0.15	2.35	0.67	cte
HR 8232*	3.00	G0Ib	6.82	0.22	10	0.14	3.98	0.95	cte
HR 8551*	4.79	K0III	55.26	0.20	3	0.47	9.53	0.02	?
HR 6595	4.87	F6V	4.35	0.10	4	0.43	92.64	0.00	var
HR 6748	5.95	G5V	28.88	0.11	3	0.50	25.76	0.00	var
HR 6786	5.86	F2V	-52.64	1.02	4	83.62	23965.17	0.00	SB2
HR 6998	5.86	G4V	51.12	0.11	4	0.08	1.29	0.86	cte
HR 7454	5.47	F5V	-21.14	0.07	4	0.15	6.53	0.16	cte
HR 7597	4.70	G5V	-2.23	0.08	3	2.11	891.94	0.00	var
HR 7637	5.88	F8V	23.76	0.08	4	0.85	336.53	0.00	var
HR 7875	5.12	F8V	-37.69	0.07	3	0.04	0.60	0.94	cte
HR 8031	6.11	F5V	10.12	0.16	5	0.59	58.69	0.00	var

Para las estrellas con más de 3 mediciones de VR de ambas muestras, analizamos la Distribución Chi cuadrado con n grados de libertad $P(\chi^2, n)$ considerando a una estrella como variable en VR cuando $P(\chi^2, n) < 0.01$, posible variable cuando $0.01 \leq P(\chi^2, n) \leq 0.05$ y constante cuando $0.05 < P(\chi^2, n) \leq 1$. Este análisis reveló que las estrellas consideradas estándares de VR, HR 6056 y HR 8551, y las estrellas de programa HR 6595, HR 6748, HR 7595, HR 7637 y HR 8031, además de la binaria de doble línea (HR 6786), presentan variabilidad en VR. Resumimos estos resultados en la tabla 1, la cual incluye sólo las estrellas con más de 3 mediciones.

3. Estabilidad y precisión a largo plazo del espectrógrafo EBASIM

A partir de las VRs medidas y de las VRs promedio publicadas para las 18 estrellas estándares (Udry et al. 1999), determinamos la distribución de las diferencias ($VR_{EBASIM} - VR_{pub}$), con lo cual pudimos establecer el punto cero instrumental del espectrógrafo. Encontramos que existe, en promedio, una diferencia de +0.57 km/s entre las VRs absolutas medidas con EBASIM y las publicadas para estas estándares.

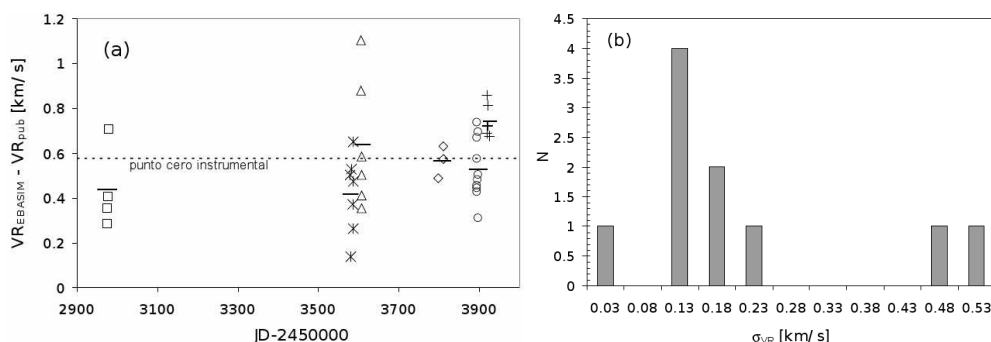


Figura 1. (a) Corrimientos instrumentales experimentados por EBASIM a lo largo de 3 años. - (b) Histograma de la dispersión de las mediciones de VR de las estrellas estándares.

Analizando $VR_{EBASIM} - VR_{pub}$ en los distintos turnos y sus diferencias con el punto cero instrumental, encontramos que existen pequeños corrimientos instrumentales desde 0.01 km/s hasta 0.17 km/s, en una escala de tiempo de 3 años (Figura 1a), que podrían deberse a la forma en que se preparó el instrumento en cada turno. La magnitud de los corrimientos encontrados es incluso menor a los corrimientos instrumentales que experimenta CORAVEL, superior a 1 km/s, en la misma escala de tiempo (Udry et al. 1999), lo cual refleja la alta estabilidad de EBASIM a largo plazo para la medición de VRs. A partir del cálculo de la dispersión cuadrática media (σ_{VR}) de las VRs de aquellos objetos estándares con más de dos mediciones y que no presentaron variabilidad, construimos la distribución de las dispersiones de VR (Figura 1b), cuyo promedio resultó ser de 0.13 km/s, valor que consideramos como la precisión de EBASIM en la medición de VRs absolutas de estrellas de tipo solar.

Por otro lado, teniendo en cuenta la precisión en VR de EBASIM y cantidades como amplitud, período y masa mínima ($M_p \sin i$) para los planetas detectados usando el método Doppler, pudimos determinar las características típicas de planetas cuya detección se vería favorecida usando este instrumento. Poniendo un límite inferior de $3\sigma_{VR} = 390$ m/s para poder establecer con seguridad las amplitudes mínimas en VR que sería posible detectar con EBASIM, encontramos que de los 228 planetas detectados por Doppler hasta Noviembre de 2008 (<http://exoplanets.org/>), 31 de ellos caen por encima de este límite inferior. En la Figura 2 graficamos $M_p \sin i$ vs. a (semieje mayor) para los planetas detectados por VR hasta esa fecha, marcando con círculos los planetas que están dentro del límite de detección del EBASIM. 23 de estos objetos tienen $a < 1$

UA con $M_p \sin i > 1.44 M_{Jup}$, de los cuales 10 corresponderían a planetas tipo “Júpiter Caliente”, es decir planetas gigantes gaseosos con $a < 0.1$ UA.

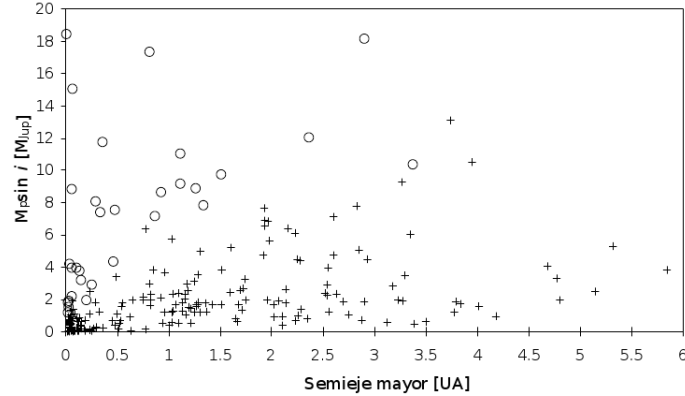


Figura 2. $M_p \sin i$ vs. a para los planetas detectados por VR. Con círculos se marcan aquellos que caen dentro del límite de detección de EBASIM.

4. Conclusiones

A partir de la medición de VRs de estrellas estándares, encontramos que el espectrógrafo EBASIM tiene una precisión de ~ 130 m/s en la medición de VRs de estrellas tardías y presenta corrimientos instrumentales de ~ 0.12 km/s respecto del punto cero instrumental calculado en $+0.57$ km/s. Estos corrimientos sugieren la observación de estrellas estándares de VR en un eventual programa de búsqueda de planetas o variables de baja amplitud, para controlar y corregir posibles corrimientos instrumentales en los distintos turnos. A partir de estos valores de precisión y estabilidad encontrados, nos es posible establecer que el instrumental del CASLEO (telescopio de 2.15m + EBASIM) es capaz de detectar planetas extrasolares, principalmente del tipo “Júpiter Caliente”, siempre y cuando las amplitudes en VR excedan los 390 m/s. Además, a partir de la muestra de 13 estrellas brillantes de tipo solar, descubrimos 6 estrellas con variabilidad en VR: HR 6595, HR 6748, HR 6786, HR 7597, HR 7637 y HR 8031. En particular, HR 6786 resultó ser una binaria espectroscópica de doble línea con posibilidades de pertenecer a un sistema triple. Asimismo, encontramos que HR 6056 y HR 8551, estrellas consideradas estándares de VR, exhiben dispersiones superiores a 0.40 km/s, por lo que también las reportamos como posibles variables.

Referencias

Udry, S., Mayor, M., and Queloz, D., 1999, *Precise Stellar Radial Velocities*, ASP Conference Series, Vol. 185, pp. 367-77, eds. J. B. Hearnshaw and C. D. Scarfe.