

*Asociación Argentina de Astronomía*  
*BAAA, Vol. 53, 2010*  
*J.J. Clariá, M.V. Alonso, A.E. Piatti & F.A. Bareilles, eds.*

## PRESENTACIÓN MURAL

### Metalicidad de estrellas gigantes con planetas

E. Jofré<sup>1</sup> & C. Saffe<sup>2,3</sup>

(1) *Observatorio Astronómico - UNC*

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

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

**Abstract.** We present an homogeneous metallicity determination for 31 giant stars (including 5 exoplanet host) to confirm recent results that establish the metallicity of this kind of objects could depend on the spectral line list and therefore it could be the responsible for overestimating or subestimating the metallicity of these objects (Santos et al. 2009). Furthermore, we compare the giant stars metallicity distribution with a 22 main-sequence exoplanet host-stars's and analyze our results in the context of the most important hypothesis that explain the high metal content of main-sequence stars with giant planets.

**Resumen.** Presentamos una determinación homogénea de metallicidades correspondiente a 31 estrellas gigantes (incluyendo 5 que albergan planetas) con el objetivo de verificar los recientes resultados que establecen que la metalicidad de este tipo de objetos podría depender de la lista de líneas espectrales utilizada y por lo tanto haber llevado a distintos grupos a subestimar o sobreestimar la metalicidad para este tipo de objetos (Santos et al. 2009). Además, comparamos la distribución de metalicidad de las estrellas gigantes con la obtenida para 22 estrellas de secuencia principal con planetas y analizamos los resultados en el marco de las hipótesis más importantes que explican el alto contenido metálico de las estrellas enanas que albergan planetas gigantes.

## 1. Introducción

Algunos estudios recientes (Pasquini et al. 2007, Takeda et al. 2008) muestran que las estrellas gigantes con planetas (EGCP) tienen la misma distribución de metalicidad que aquellas sin planetas. Este resultado, aunque controvertido, es una de las pruebas más importantes a favor de la hipótesis de auto-enriquecimiento químico o acreción y se explica en base a las variaciones en el tamaño de la zona convectiva estelar (ZC). Debido a la relativamente delgada ZC de las estrellas en la secuencia principal, los metales son mezclados sólo en una pequeña fracción de la misma ( $\sim 0.02$  Msol para una estrella de tipo solar). Sin embargo, durante la fase de gigante esta fracción puede incrementarse hasta cerca de 35 veces, por lo que la mezcla más eficiente diluye el exceso de metales a los valores primordiales. Si el exceso en metalicidad de las estrellas de secuencia principal con planetas estuviera sólo en su ZC, como supone la

hipótesis de acreción, entonces esta alta metalicidad sería fácilmente disminuía en la fase de gigante, pero si su origen fuera primordial, las EGCP deberían seguir siendo ricas en metales. De hecho, Hekker & Melendez (2007) establecen por el contrario, que existe un exceso de metalicidad en las EGCP de 0.13 dex con respecto a las sin planetas. Por otro lado, Santos et al. (2009) analizando las abundancias químicas de gigantes y enanas de secuencia en cúmulos abiertos establecen que las metalicidades de las estrellas gigantes parecen depender de la lista de líneas espectrales de hierro (Fe) usada, por lo que las metalicidades obtenidas por Pasquini et al. podrían haber sido subestimadas llevando a una falta espuria de EGCP ricas en metales. En este trabajo evaluamos la metalicidad de estrellas gigantes usando dos listas de líneas diferentes con el objeto de ver su impacto en las distribuciones de metalicidad de las estrellas gigantes.

## 2. Observaciones y medición de abundancias del hierro

La muestra incluye 31 estrellas gigantes (5 que albergan planetas) y 22 estrellas de secuencia principal con planetas. Todas ellas seleccionadas tanto de la Enciclopedia de Planetas Extrasolares como de las muestras de control obtenidas por los distintos grupos que realizan búsqueda de exoplanetas (da Silva et al. 2006) evitando así efectos de selección. Para la medición de abundancias espectroscópicas trabajamos con espectros de alta resolución y S/N ( $>150$ ) obtenidos con el espectrógrafo de banco EBASIM ( $R=38000$ ) de CASLEO, para 27 objetos, mientras que para los 32 restantes se utilizaron espectros HARPS ( $R=120000$ ) de la base de datos de la ESO. El cálculo de las metalicidades se llevó a cabo utilizando el código WIDTH9 (Kurucz 1970) para el cual empleamos modelos de atmósferas estelares ATLAS9 (Kurucz 1970) apropiados para cada estrella y los anchos equivalentes (EWs) correspondientes a la lista de líneas espectrales de Fe dada por Sousa et al. (2008) (S08 en adelante) y la lista dada por Hekker & Melendez (2007) (HM07 en adelante). La lista S08, de  $\sim 300$  líneas, fue optimizada para el estudio de estrellas enanas de secuencia, mientras que la lista HM07 fue cuidadosamente elegida para el análisis de estrellas gigantes evitando los “blends” con líneas de CN (Melendez & Barbuy 1999) y comprende sólo 26 líneas de Fe.

Al utilizar la lista S08, las metalicidades fueron, en promedio, sobreestimadas por  $\langle [Fe/H]_{S08} - [Fe/H]_{HM07} \rangle = 0.06$  dex; efecto que fue aún más notorio para objetos de alta metalicidad y para las estrellas gigantes más frías y de menor gravedad superficial de la muestra. Este hecho podría estar relacionado con que las gigantes (frías) tienen mayores velocidades de micro y macroturbulencia (Gray 1992) y con las miles de líneas moleculares (CN, C2, CH, MgH) que contribuyen a su espectro óptico (Coelho et al. 2005). Estos efectos llevan a un “blending” más intenso que para las enanas de secuencia principal, lo cual implica una estimación más pobre de la posición del continuo cuando se miden los EWs de la lista de líneas S08, siendo este efecto incluso mayor en estrellas de alta metalicidad (líneas de mayores EWs).

### 3. Distribuciones de $[\text{Fe}/\text{H}]$ calculadas con las listas HM07 y S08

En la Figura 1a se puede ver que las distribuciones de  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , calculados con la lista HM07, correspondientes a estrellas gigantes con y sin planetas se superponen, siendo la mediana de 0.02 dex ( $\sigma=0.19$ ) para estrellas sin planetas y de 0.0 dex ( $\sigma=0.24$  dex) para estrellas con planetas. La prueba Kolmogorov-Smirnov (KS) aplicada a este caso revela que la probabilidad de que ambas muestras pertenezcan a la misma población es del 99.8%. De aquí, concluimos que no hay diferencias esenciales en la distribución de metalicidad de estrellas gigantes con y sin planetas calculada con la lista HM07, lo cual marca un gran contraste a lo que sucede en el caso de estrellas de secuencia y subgigantes. Por otra parte, en la Figura 1b mostramos la distribución de metalicidades para estrellas gigantes con y sin planetas, obtenida con la lista S08. También en este caso ambos histogramas se superponen, pero existen algunas diferencias respecto a los de la Figura 1a. La distribución de estrellas sin planetas muestra una expansión hacia valores más altos de metalicidad, en la que el límite superior pasa de +0.3 dex a +0.6 dex, obteniendo una mediana de 0.08 ( $\sigma=0.13$  dex). Por otro lado, la distribución de metalicidades de las EGCP calculadas con la lista S08 también se dispersa ligeramente hacia valores mayores pero sigue habiendo objetos con metalicidades muy bajas en el rango de -0.4 a -0.5 dex. Más aún, es remarcable que la mediana de las estrellas con planetas disminuye a -0.07 dex ( $\sigma=0.33$  dex), es decir, menor que la mediana calculada con la lista HM07. Sin embargo, la probabilidad de que ambas muestras pertenezcan a la misma población según la prueba KS se mantuvo casi igual (97%).

Santos et al. (2009) al trabajar con la lista S08, no sólo predice que se sobreestimarían los valores de  $[\text{Fe}/\text{H}]$  para objetos pobres en metales, sino que también se subestimaría el valor de  $[\text{Fe}/\text{H}]$  para cualquier gigante de alta metalicidad, tal como vemos que podría ser el caso de las estrellas gigantes con planetas. Sin embargo, aún habiendo utilizado una lista de líneas espectrales apropiada para el caso de gigantes (HM07), no encontramos una diferencia notable entre el grupo de estrellas gigantes con y sin planetas.

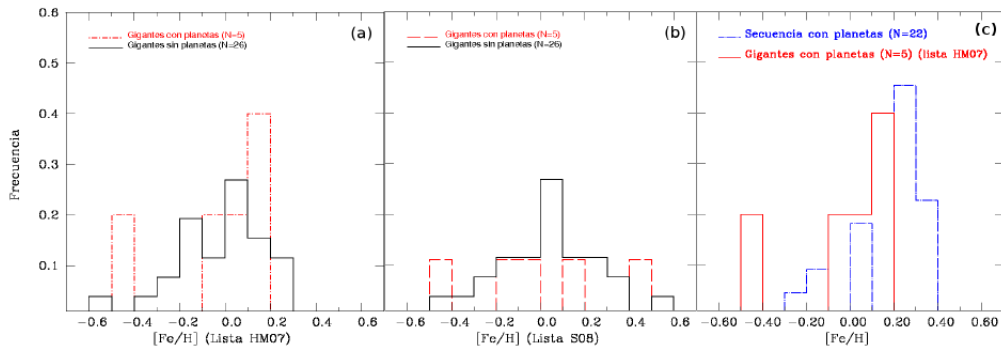


Figura 1. (a) Distribuciones de metalicidad para estrellas con y sin planetas usando la lista de líneas HM07. (b) Usando la lista S08. (c) Distribuciones de metalicidad en estrellas de secuencia principal y gigantes con planetas.

Por otro lado, en la Figura 1c graficamos las distribuciones de metalicidad de estrellas de secuencia principal y gigantes con planetas (con la lista HM07). La distribución de las EGCP está desplazada por  $\sim 0.30$  dex hacia metalicidades más bajas. La prueba KS indica que la probabilidad de que ambas muestras pertenezcan a la misma población es del 2.28%. De aquí, es posible establecer provisoriamente que las estrellas gigantes con planetas se distribuyen de manera diferente de las estrellas de secuencia principal con planetas.

#### 4. Conclusiones

El análisis de las metalicidades de las estrellas gigantes determinadas a partir de dos listas diferentes de líneas, HM07 y S08, confirma los resultados obtenidos por Santos et al. (2009): las metalicidades de las estrellas gigantes parecen depender de la lista de líneas usada. La mediana de la distribución para las EGCP resultó más baja utilizando la lista S08 (-0.07 dex) que para el caso calculado con HM07 (0.0 dex), mientras que la mediana de las estrellas sin planetas resultó más alta usando la lista S08 (0.08 dex) que usando la lista HM07 (0.02 dex). Así, el uso de una lista no apropiada para trabajar con gigantes sobreestimaría la metalicidad para objetos pobres en metales y subestimaría la metalicidad de objetos ricos en metales, lo que podría haber llevado a no obtener una correlación planeta-metalicidad en trabajos recientes que abordaron este tema (Pasquini et al. 2007; Takeda et al. 2008). Sin embargo, aún calculando metalicidades con la lista HM07, no encontramos evidencias que muestren que la distribución de metalicidades de las EGCP difiera de la correspondiente a estrellas gigantes sin planetas detectados. Estos resultados implican una prueba en favor de la hipótesis de acreción. No obstante, son sólo resultados provisionarios debido al escaso número de EGCP observado. Esperamos en el futuro obtener abundancias de Fe para mayor cantidad de esta clase de objetos, a medida que los distintos programas de búsqueda incrementen el número de candidatos positivos.

#### Referencias

- Coelho, P., Barbuy, B., Melendez, J., Schiavon, R. P., Castilho, B. V., 2005, *A&A*, 443, 735
- Gray D. F. 1992, *The Observation and Analysis of Stellar Photospheres*, 2nd Ed., Cambridge Univ. Press, Cambridge
- Hekker, S. & Melendez, J., 2007, *A&A*, 475, 1003
- Kurucz, R., 1970, "ATLAS: A computer program for calculating model stellar atmospheres", SPECIAL REPORT 309, SAO, Cambridge
- Melendez, J. & Barbuy, B. 1999, *ApJS*, 124, 527
- Pasquini, L., Dollinger, M. P., Weiss, A., Girardi, L., Chavero, C., Hatzes, A. P., da Silva, L., Setiawan, J., 2007, *A&A*, 473, 979
- Santos, N. C., Lovis, C., Pace, G., Melendez, J., Naef, D., 2009, *A&A*, 493, 309
- Sousa, S. G., Santos, N. C., Mayor, M., Udry, S., Casagrande, L., Israelian, G., Pepe, F., Queloz, D., Monteiro, M. J. P. F. G., 2008, *A&A*, 487, 373
- Takeda, Y., Sato, B., Murata, D., 2008, *PASJ*, 60, 781T