

Chromospheric activity and rotation of FGK stars in the solar neighbourhood: characterizing possible exoplanetary system host stars

Autora: Raquel Mercedes Martínez Arnáiz

Director: Dr. David Montes Gutiérrez

Lectura: Departamento de Astrofísica de la Universidad Complutense de Madrid (09 de Junio de 2011)

El estudio de las estrellas de últimos tipos espectrales de la vecindad solar tiene una importancia fundamental para asegurar el éxito de las misiones cuyo objetivo es la búsqueda de exoplanetas, discos *debris* o, en general, sistemas exoplanetarios. En concreto, el estudio de la actividad cromosférica de este tipo de estrellas es fundamental, ya que la actividad estelar tiene un gran impacto en las técnicas de detección de exoplanetas. La actividad cromosférica estelar produce variaciones fotométricas y espectroscópicas temporales (Saar & Donahue 1007; Santos et al. 2000; Makarov et al. 2010; Lagrange et al. 2011) que pueden ser confundidas con la presencia de un planeta orbitando en torno a la estrella. Estas variaciones afectan y limitan dos de los métodos más empleados para la búsqueda de exoplanetas: la técnica de la velocidad radial (Saar et al. 1998; Santos et al. 2000; Wright 2005) y la del tránsito (Henry et al. 1997, Baliunas et al. 1997; Henry et al. 2000). De esta forma, el estudio de las fuentes de ruido producidas por la actividad magnética de la estrella es de vital importancia, puesto que permite evaluar la idoneidad de la estrella para la búsqueda de exoplanetas en su entorno.

Por otro lado, las estrellas de últimos tipos espectrales son laboratorios que permiten estudiar los procesos de generación, amplificación y mantenimiento de los campos magnéticos estelares. Son estas estrellas las que poseen una envoltura convectiva, en la que la combinación de la rotación diferencial y movimiento convectivo del plasma producen la aparición de un campo magnético a través de un mecanismo de dinamo (Skumanich 1972). A pesar de que el estudio de los campos magnéticos estelares no es un campo de estudio nuevo, existe gran cantidad de fenómenos y problemas que aún no se comprenden en su totalidad. En concreto, dos de las cuestiones que aún están sin resolver es, por un lado si todas las estrellas tienen el mismo tipo de dinamo magnética y si ésta es similar a la propuesta para el Sol y por otro, si una estrella mantiene el mismo tipo de dinamo a largo de su vida o si existe algún cambio con la edad de la estrella.

El presente trabajo de tesis consiste en un estudio sistemático de la actividad cromosférica y la rotación de las estrellas en la vecindad solar. Con este análisis se pretende, por un lado, determinar la idoneidad de éstas a la hora de detectar exoplanetas y, por otro, analizar en detalle la relación existente entre los distintos indicadores de actividad magnética, con el objetivo de verificar si esta relación es universal o no.

Los principales **resultados** que se han obtenido de este estudio pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Se ha observado una muestra de 565 estrellas cercanas de tipos espectrales tardíos (de F a M) empleando espectrógrafos ópticos de alta resolución. Estos espectros han sido analizados de forma homogénea y a partir de ellos se han derivado los parámetros y propiedades estelares más importantes. En particular, se han medido las velocidades radiales y velocidades de rotación, las abundancias de litio y la actividad cromosférica en los principales indicadores ópticos. Como resultado se ha obtenido un catálogo de estrellas frías de la vecindad solar que constituye una contribución notable, con aplicaciones en a diversos campos de la Astronomía.
- Se ha determinado la idoneidad de las estrellas para la búsqueda de exoplanetas a su alrededor. Para ello se han medido velocidades de rotación y niveles de actividad magnética en los distintos indicadores ópticos. Haciendo uso de estos resultados, se ha podido calcular el *jitter* en la velocidad radial. De esta forma se ha elaborado un catálogo de estrellas que permite determinar cuáles de ellas presentan ventajas a la hora de buscar planetas a su alrededor.
- Empleando los resultados del análisis espectroscópico, se ha analizado en detalle las relaciones flujo-flujo. Se ha mostrado por primera vez que no todas las relaciones flujo-flujo son universales, sino que si se compara el índice $H\alpha$ con un indicador del calcio, existe una población de estrellas que se desvía claramente de las relaciones flujo-flujo clásicas. El análisis realizado permite afirmar, además, que las estrellas que se desvían no son sólo estrellas de tipo M con líneas de emisión (dMe), como anteriormente se había propuesto. De hecho, se ha comprobado, que estas estrellas presentan un régimen de emisión en rayos X en la región de saturación y que son estrellas jóvenes y/o con fulguraciones. Todos estos factores parecen indicar que el hecho de que estas estrellas presenten una emisión peculiar en la línea $H\alpha$ es consecuencia de que podrían tener una dinamo magnética distinta.
- Por último, se ha presentado una caracterización espectroscópica de las estrellas de la muestra DUNES (Dust Around Nearby Stars), un Programa de Tiempo Abierto de Herschel. Para estas estrellas se han medido las velocidades de rotación, se han estimado las edades empleando la técnica de datación basada en el litio y se ha medido la actividad cromosférica en todos los indicadores ópticos. La determinación de estos parámetros permitirá en un futuro relacionar las propiedades de los discos detectados por el proyecto DUNES y de sus estrellas progenitoras.

Las **futuras líneas de actuación** en base a los resultados presentados en la tesis son múltiples e implican estudios y observaciones diversas. Con respecto a las estrellas de la muestra DUNES, es necesaria la determinación de los parámetros atmosféricos estelares y las abundancias a partir de los espectros obtenidos y presentados en la tesis. La determinación precisa y homogénea de estos parámetros es esencial para poder modelizar la emisión estelar y poder, por tanto determinar si un exceso en el infrarrojo corresponde realmente a la existencia de un disco en torno a la estrella. Por otro lado, el resultado presentado en la tesis, según el cuál las relaciones flujo-flujo no serían universales es sorprendente y supone un reto tanto en el plano de desarrollo teórico como observacional. Por un lado es necesario realizar observaciones de estrellas muy jóvenes y de tipo flare para ampliar la muestra y confirmar el resultado. De confirmarse sería necesario trabajar en el plano teórico para buscar una explicación a la diferencia observada.

Respecto a las **publicaciones derivadas de la tesis**, la tesis en sí misma consiste en una compilación de tres artículos (López-Santiago et al., 2010, Martínez-Arnáiz et al., 2010 y Martínez-Arnáiz et al., 2011), lo que muestra el interés científico de los datos y resultados presentados en el trabajo. Posteriormente a la presentación de la tesis se han utilizado parte de los resultados obtenidos para la colaboración en otras publicaciones. En concreto, en las publicaciones de Maldonado et al. (2010), Eiroa et al. (2010), Golovin et al. (2011) y Stelzer et al. (2012). Adicionalmente, se está trabajando en la publicación de un artículo en el que se presentarán las abundancias de las estrellas de la muestra DUNES. Además de las publicaciones en revistas arbitradas de prestigio, tanto el trabajo que constituye la tesis doctoral como el que se ha derivado de la misma se ha presentado en multitud de congresos, nacionales e internacionales.

Referencias

- Baliunas, S. L.; Henry, G. W.; Donahue, R. A. et al., 1997, ApJ Letters, 474, L119.
- Henry, G. W.; Baliunas, S. L.; Donahue, R. A. et al, 1997, ApJ, 474, 503.
- Henry, G. W.; Baliunas, S. L.; Donahue, R. A. et al 2000, ApJ, 531, 415.
- Lagrange, A.; Meunier, N.; Desort, M., & Malbet, F., 2011, A&A, 528, L9
- Makarov, V. V., 2010, ApJ, 715, 500.
- Saar, S. H. & Donahue, R. A., 1997, ApJ, 485, 319.
- Saar S. H.; Butler, R. P., & Marcy, G. W., 1998, ApJ Letters, 498, L153.
- Santos, N. C.; Mayor, M.; Naef, D. et al., 2000, A&A, 361, 265.
- Skumanich, A., 1972, ApJ, 171, 565.
- Wright, J. T., 2005, Publications of the ASP, 117, 657.

Lista de publicaciones derivadas de la tesis

Revistas arbitradas

- Eiroa, C.; Fedele, D.; Maldonado, J.; González-García, B. M.; Rodmann, J.; Heras, A. M.; Pilbratt, G. L.; Augereau, J.-Ch.; Mora, A.; Montesinos, B.; Ardila, D.; Bryden, G.; Liseau, R.; Stapelfeldt, K.; Launhardt, R.; Solano, E.; Bayo, A.; Absil, O.; Arévalo, M.; Barrado, D.; Beichmann, C.; Danchi, W.; Del Burgo, C.; Ertel, S.; Fridlund, M.; Fukagawa, M.; Gutiérrez, R.; Grün, E.; Kamp, I.; Krivov, A.; Lebreton, J.; Löhne, T.; Lorente, R.; Marshall, J.; Martínez-Arnáiz, R.; Meeus, G.; Montes, D.; Morbidelli, A.; Müller, S.; Mutschke, H.; Nakagawa, T.; Olofsson, G.; Ribas, I.; Roberge, A.; Sanz-Forcada, J.; Thébault, P.; Walker, H.; White, G. J.; Wolf, S, A&A, Vol518.L, 131E.
- Golovin, A.; Galvez-Ortiz, M. C.; Hernan-Obispo, M.; Andreev, M.; Barnes, J. R.; Montes, D.; Pavlenko, E.; Pandey, J. C.; Martínez-Arnáiz, R.; Medhi, B. J.; Parihar, P. S.; Henden, A.; Sergeev, A.; Zaitsev, S. V.; Karpov, N. 2011, MNRAS in press (2011arXiv1111.6595G).
- López-Santiago, J.; Montes, D.; Gálvez-Ortiz, M. C.; Crespo-Chacón, I.; Martínez-Arnáiz, R. M.; Fernández-Figueroa, M. J.; de Castro, E. & Cornide, M., 2010, A&A, 514, 97L.
- Maldonado, J., Martínez-Arnáiz, R., Eiroa, C.: Montes, D. & Montesinos, B., 2010, A&A, Vol. 521, A12.
- Martínez-Arnáiz, R.; Maldonado J.; Montes D.; Eiroa, C. & Montesinos, B., 2010, A&A, 520, A79.
- Martínez-Arnáiz, R.; López-Santiago, J.; Crespo-Chacón, I., & Montes, D., 2011, MNRAS, 414, 2629-2641.
- Stelzer, B.; Alcalá, J.; Biazzo, K.; Ercolano, B.; Crespo-Chacón, I.; López-Santiago, J.; Martínez-Arnáiz, R.; Schmitt, J. H. M. M.; Rigliaco, E.; Leone, F. & Cupani, G.2012, A&A, 537S, A94.

Contribuciones en congresos

- 2011 Martínez-Arnáiz, R.; López-Santiago, J.; Albacete-Colombo, F.; Stelzer, B.; de Castro, eE & Cornide, M., *X-ray emisión from brown dwarf candidates in Cha I*, The X-ray Universe 2011, id.250.
- 2010 Maldonado J.; Eiroa C.; Martínez-Arnáiz R. & Montes D., *Spectroscopic Observations of Nearby Cool Stars: The DUNES Sample*, ASPC 430, 491.
- 2009 Martínez-Arnáiz R., Maldonado J., Montes D.; Eiroa C.; Montesinos B.; Ribas I. & Solano E. *On the Ages of FGK stars in the Solar Neighbourhood*. Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 258.
- 2008 Martínez-Arnáiz R.; Maldonado J.; Montes D.; Eiroa C.; Montesinos B.; Ribas I., & Solano E. *High Resolution Spectroscopic Characterization of FGK Stars in the Solar Neighbourhood*. Proceedings of 15th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun.
- 2008 Martínez-Arnáiz R. *High resolution spectroscopic characterization of FGK stars in the Solar Neighbourhood*. "Highlights of Spanish Astrophysics V". Proceedings of the VIII Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA).
- 2006 Martínez-Arnáiz R.; Maldonado J.; Montes D.; Eiroa C.; Montesinos B.; Ribas I. & Solano E. *Characterizing the solar neighborhood. High resolution spectroscopy of nearby FGK stars.*, 2006, XIV Cambridge Workshop on Cool Stars.
- 2006 Maldonado J.; Martínez-Arnáiz R.; Montes D.; Eiroa C.; Montesinos B.; Ribas I. & Solano E. *Towards the characterization of the Darwin stars.*, 2006, TPF/Darwin Workshop.
- 2006 Montes D., López-Santiago J., Crespo-Chacón I., Martínez-Arnáiz R., Maldonado J. *High resolution spectroscopic analysis of cool stars possible members of nearby young moving groups.*, 2006, Proceedings of The XIVth Cool Stars, Stellar Systems and the Sun workshop.
- 2006 Maldonado J.; Martínez-Arnáiz R.; Montes D.; Eiroa C.; Montesinos B.; Ribas I., & Solano E. *Cool stars in the solar neighborhood. Preparatory activities for the Darwin mission.*, 2006, "Highlights of Spanish Astrophysics IV". Proceedings of the VII Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA).
- 2006 Montes D.; Martínez-Arnáiz R.; Maldonado J.; Roa-Llamazares J.; López-Santiago J.; Crespo-Chacón I.; Gálvez M.C. & Solano E. *High resolution spectra of cool stars in the Virtual Observatory: criteria for spectral classification.*, 2006, "Highlights of Spanish Astrophysics IV". Proceedings of the VII Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA).
- 2006 Montes D.; López-Santiago J.; Crespo-Chacón I.; Martínez-Arnáiz R. & Maldonado J. *High resolution spectroscopic analysis of cool stars possible members of the AB Doradus moving groups.*, 2006, "Highlights of Spanish Astrophysics IV". Proceedings of the VII Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA).
- 2006 Montes, D.; Martínez-Arnáiz R.; Maldonado J.; López-Santiago J.; Crespo-Chacón I. & Roa-Llamazares J. *Criteria for spectral classification of cool Stars using high resolution spectra*, 2006, IAU XXVth General Assembly.