

Actividad estelar y exoplanetas de enanas M con espectroscopía en el visible y el infrarrojo cercano de CARMENES

Autora: Marina Lafarga Magro (lafarga@ice.cat)

Tesis doctoral dirigida por: Ignasi Ribas Canudas

Centro: IUniversitat Autònoma de Barcelona, Institut de Ciències de l'Espai (CSIC, IEEC)

Fecha de lectura: 10 de diciembre de 2020

Después del descubrimiento de los primeros exoplanetas hace unas tres décadas, la detección y caracterización de compañeros planetarios se ha convertido en un tema de investigación prominente, especialmente la búsqueda de planetas parecidos a la Tierra, cuerpos rocosos que orbitan en la zona habitable (HZ) de sus estrellas huéspedes. Uno de los principales métodos utilizados para encontrar y caracterizar exoplanetas es la técnica de la espectroscopía Doppler o velocidad radial (RV), basada en el uso de espectros estelares para medir cambios periódicos en la RV de una estrella causados por la atracción gravitatoria de un exoplaneta en órbita.

Actualmente, la variabilidad intrínseca de las estrellas huéspedes es el principal reto en el estudio de exoplanetas. Las estrellas no son cuerpos invariables ni homogéneos, sino que presentan variabilidad en distintas escalas de tiempo. La más relevante es la actividad magnética estelar, que incluye fenómenos como manchas o fáculas que aparecen en la superficie de la estrella y están moduladas por su rotación. Estos fenómenos distorsionan los espectros estelares, introduciendo sesgos en las RVs suficientemente grandes como para esconder o hasta imitar la señal causada por un planeta. Por lo tanto, para continuar detectando y estudiando exoplanetas de baja masa, una mejor comprensión de estos fenómenos estelares y sus efectos en nuestras observaciones es clave.

Esta tesis se centra en el estudio de los efectos de la actividad estelar en observaciones espectroscópicas de estrellas frías obtenidas con el instrumento CARMENES. CARMENES es un espectrógrafo de alta resolución capaz de observar en el rango de longitudes de onda visible e infrarrojo cercano. Está

Número de estrellas que muestran señal de actividad en distintos indicadores espectroscópicos: velocidades radiales (RV, panel superior izquierda), indicadores relacionados con la variación de RV con la longitud de onda (CRX, CCF BIS, panel superior derecha), indicadores relacionados con el cambio de anchura de las líneas fotosféricas (dLW, CCF FWHM, panel inferior izquierda) e indicadores cromosféricos (H α , Ca IRT, panel inferior derecha). Cada panel muestra el nivel de actividad medio de las estrellas (medido a partir de su pEW-H α , eje y, de menos a más activas) en función de su masa (eje x, de mayor a menor masa). Las estrellas están divididas en cuatro grupos, dependiendo de su nivel de actividad medio y masa. Los colores de cada grupo indican el número de estrellas (en porcentaje) que muestran una señal periódica significativa (FAP menor o igual a 10 %) relacionada con la actividad estelar. Los números de cada grupo muestran este porcentaje, junto con el número absoluto de estrellas con detección de actividad. El título de cada panel muestra los mismos números, pero para todas las estrellas de la muestra. Los puntos grises indican la posición de las estrellas de la muestra en función de su nivel de actividad medio y su masa (los círculos indican las estrellas para las cuales detectamos alguna señal de actividad y las cruces, las que no muestran ninguna señal).

realizando un estudio de más de 300 enanas M, las estrellas con menor masa de la secuencia principal, con el objetivo primordial de detectar exoplanetas pequeños.

En primer lugar, hemos desarrollado un código que implementa el método de la función de correlación cruzada (CCF) para medir RVs e indicadores de actividad estelar en observaciones de alta resolución, y lo hemos aplicado a los datos de CARMENES. Este método usa máscaras binarias ponderadas, un *template* estelar simplificado construido seleccionando líneas espectrales. Hemos creado varias máscaras en función del subtipo espectral y de la velocidad de rotación de la estrella a analizar.

A continuación, hemos utilizado los indicadores de actividad derivados de la CCF, junto con otros indicadores de actividad espectroscópicos, para analizar sus variaciones temporales en una muestra de casi cien enanas M de varias masas y niveles de actividad. Aproximadamente la mitad de las estrellas analizadas muestran RVs con señales de actividad claras. Nuestros resultados muestran que distintos indicadores son sensibles a la actividad de forma diferente según las características de la estrella: indicadores cromosféricos son más útiles para estrellas de baja actividad, indicadores relacionados con el cambio de RV con la longitud de onda funcionan mejor para estrellas más activas, y otros indicadores relacionados con el cambio de anchura de las líneas fotosféricas proporcionan resultados similares en todo tipo de estrellas, pero son especialmente útiles para las más activas y de menor masa (ver figura).

Finalmente, hemos analizado los efectos de la actividad sobre líneas de absorción individuales presentes en el espectro de estrellas activas. Estudiando las correlaciones entre las RVs de las líneas individuales y los indicadores de actividad, podemos clasificar las líneas observadas según su sensibilidad a la actividad. Esto nos permite seleccionar líneas afectada de forma distinta por la actividad y usarlas para volver a calcular RVs. De esta forma obtenemos RVs para las cuales mitigamos o incrementamos el señal de actividad en diversos grados. También observamos que las mismas líneas en distintas estrellas muestran diferente sensibilidad a la actividad.

