



Máster Interuniversitario en Astrofísica
Universidad Complutense de Madrid
Universidad Autónoma de Madrid

CARMENES target characterisation: activity and rotation periods of M dwarfs

Trabajo de fin de máster e iniciación a la investigación (24 créditos)

Alumno:

Diego HIDALGO SOTO¹

Supervisores:

David MONTES GUTIÉRREZ² (UCM), Jose A. CABALLERO HERNÁNDEZ³ (CAB)

Tutor:

David MONTES GUTIÉRREZ (UCM)

Julio 2014

¹diegohid@ucm.es

²dmontes@ucm.es

³caballero@cab.inta-csic.es

Resumen:

Contexto: Este TFM se enmarca dentro de la preparación científica del proyecto CARMENES (Calar Alto high-Resolution search for M dwarfs with Exoearths with Near-infrared and optical Échelle Spectrographs) con el fin de seleccionar las 300 mejores estrellas de tipo espectral M para la búsqueda exotierras por el método de velocidad radial.

Objetivos: El estudiante recopilará principalmente periodos de rotación fotométricos de la literatura y en el reciente estudio fotométrico "MEarth" para aquellas estrellas M observables desde Calar Alto. Este estudio permitirá comparar con las velocidades de rotación espectroscópicas ($v \sin i$) y estudiar con detalle la relación actividad-rotación en este rango de tipos espectrales.

Método: El estudiante buscará información en la base de datos de "VizieR" y, principalmente, en artículos individuales.

Resultados: Se ha aumentado considerablemente la base de datos en CARMENCITA, principalmente en los periodos en más de un 400%. Aportación de 405 datos para valores de $pEW(H\alpha)$ y un 20% más de valores de $v \sin i$. La relación periodo-actividad que se encuentra este trabajo, es la mayor realizada hasta la fecha en estrellas M. Se han calculado ángulos de inclinación, llegadon a seleccionar posibles estrellas M para que sean estudiadas mediante tránsitos. Se han podido seleccionar tres estrellas (DT Vir AB, BD-21 1074 A y FF And) para su estudio posterior mediante tránsitos.

Conclusiones: Este trabajo ha permitido recopilar información muy valiosa para el estudio de estrellas de tipo espectral M, identificar estrellas en grupos de movimiento y obtener relaciones entre emisión $H\alpha$, tipo espectral y periodo.

Palabras clave: Bases de datos astronómicas — Estrellas: actividad — Estrellas: tipos tardíos — Estrellas: baja masa — Estrellas: enanas M — Estrellas: rotación.

Abstract:

Context: This TFM is part of the scientific project preparation of CARMENES (Calar Alto high-Resolution search for M dwarfs with Exoearths with Near-infrared and optical spectrographs Échelle) in order to select the top 300 stars of spectral type M for exoearths search by radial velocity method.

Aims: The student will collect particularly photometric rotation periods from literature and the recent photometric study "MEarth" for those M stars observables from Calar Alto. This study will compare with spectroscopic rotational velocities ($v \sin i$) and study in detail the activity-rotation relationship in this range of spectral types.

Method: The student search information in "VizieR" data base and, mainly, on individual papers.

Results: The data base of CARMENCITA has been increased considerably, about all in periods with a increase of 400%. Contribuying with 405 values of $pEW(H\alpha)$ and a 20% new values of $v \sin i$. The relationship between period-activity on this project is the biggest for M stars as far as it is known. Somo inclinations degrees have been calculated, to select possible M stars that could be studied by transits. Three stars have been identified (DT Vir AB, BD-21 1074 A y FF And) to be studied by transits in a future.

Conclusions: This project has let collecting valuable information to study M spectral type stars, identifying some stars on moving groups and obtaining the relationship between $H\alpha$ line emission, spectral type and period.

Keywords: Astronomical data bases — Stars: activity — Stars: late-type — Stars: low-mass — Stars: M dwarfs — Stars: rotation.

Índice general

1. Introducción	6
1.1. CARMENES	6
1.2. Estrellas M	8
1.2.1. Estrellas M con exoplanetas	9
1.3. Catálogo de entrada	9
1.4. Objetivo	9
2. Análisis	11
2.1. Periodo de rotación	11
2.2. Velocidad rotacional	12
2.3. Emisión $H\alpha$	13
2.4. Índice de actividad R'_{HK}	15
3. Resultados y discusión	16
3.1. Índices de actividad	16
3.1.1. Índice de actividad $H\alpha$	16
3.1.2. Índice de actividad R'_{HK}	19
3.2. Grupos de movimiento	20
3.3. Velocidad rotacional y parámetros estelares	22
3.3.1. Velocidad ecuatorial	24
4. Conclusiones	27
Bibliografía	28
A. Tabla de Datos	30

Capítulo 1

Introducción

Muy lejos queda ya el descubrimiento del primer exoplaneta alrededor de una estrella tipo Sol (Mayor & Queloz 1995). A 7 de Junio de 2014 se conocen¹ 1795 exoplanetas en 1114 sistemas planetarios y con el avance en el desarrollo, tanto de nuevos instrumentos de medida como de nuevos telescopios, se mejorará en los métodos de observación, lo que dará lugar a que este número aumentará considerablemente en los próximos años.

Existen diferentes métodos de detección, pero solo unos pocos son los más utilizados. Uno de ellos es la *método de la velocidad radial* mediante la espectroscopía de alta resolución. En este campo existen varios instrumentos dedicados en el rango de longitudes de onda del óptico, con especial atención a HARPS (**H**igh **A**ccuracy **R**adial velocity **P**lanet **S**earcher), dos instrumentos situados en los observatorios de la ESO (**E**uropean **S**outhern **O**bservatory) en Chile y TNG (**T**elescopio **N**azionale **G**alileo) en La Palma. CARMENES se convertirá en el primer (y único) detector de velocidad radial que opere en el rango de longitudes de onda del óptico e infrarrojo cercano. Las otras formas más importantes de detección de exoplanetas, es mediante las técnicas de detección visual directa y tránsitos planetarios. La técnica de detección menos utilizada es la de *microlente gravitatoria*.

1.1. CARMENES

CARMENES² es, por un lado el acrónimo del instrumento “**C**alar **A**lto high-**R**esolution search for **M** dwarfs with **E**xo-earths with **N**ear-infrared and optical **E**chelle **S**pectrographs”, un espectrógrafo de última generación que se está construyendo para el telescopio 3.5 metros en el Observatorio de Calar Alto (CAHA) en Almería (Spain). CARMENES consiste en dos espectrógrafos Echelle que cubren un rango de longitud de onda entre los 0.55 y 1.7 μm con una resolución espectral de $R = 82000$, alimentado por fibras del foco Cassegrain del telescopio. Los espectrógrafos están inmersos en tanques de vacío que proporcionan la estabilidad y temperatura necesarias para llegar a medir una velocidad radial de 1 m/s, empleando simultáneamente una calibración con lámparas de líneas de emisión e interferómetros Fabry-Pérot.

¹<http://exoplanet.eu/catalog/>

²<http://carmenes.caha.es/>

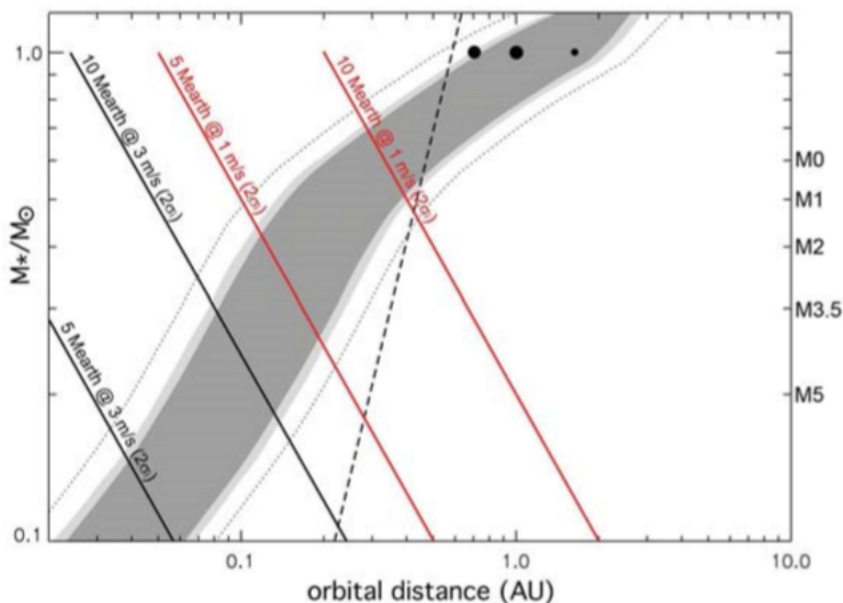


Figura 1.1: El área sombreada representa la zona habitable como una función de la masa de la estrella (normalizada a la masa solar) y la distancia orbital (en unidades astronómicas au). La línea discontinua representa el efecto, por debajo de la cual la rotación entre el planeta y la estrella está sincronizada. Las líneas continuas representan el límite de detección (la zona situada a la izquierda de la línea) de exotierras (entre 5 y 10 M_\oplus).

Por otro lado, CARMENES es el nombre que se le da al proyecto científico como consecuencia de la llamada de CAHA para la construcción de un nuevo instrumento en el Observatorio de Calar Alto y del que posteriormente surge el instrumento CARMENES. Por último, CARMENES es también, el nombre que recibe el consorcio de once instituciones Hispano-Alemanas, entre las que se encuentra la Universidad Complutense de Madrid.

El objetivo científico fundamental del proyecto CARMENES es llevar a cabo un estudio de aproximadamente 300 estrellas de tipo espectral tardío en la secuencia principal que den como resultado la detección de planetas de baja masa (o también llamados de tipo Tierra) que se sitúen en la zona habitable. CARMENES se centrará en la medida de la velocidad radial de estas estrellas tardías, con una gran precisión y así poder detectar exotierras en la zona habitable de la estrella, ya que la variación de su velocidad radial sería comparable a la que produce un planeta como Júpiter en una estrella tipo Sol. Tal y como se ha estimado en CARMENES (Quirrenbach et al. 2012), para estrellas de tipo espectral M4-M5 se espera la detección de exotierras de alrededor de 5 masas terrestres dentro de la zona habitable. Hay una amplia posibilidad de detección de exotierras en las zonas habitables alrededor de los diferentes tipos de estrellas, tal y como se muestra en la Fig. 1.1.

El proyecto se encuentra en su fase final de ensamblado y calibración en las instalaciones de CAHA y se espera que el instrumento vea su primera luz en verano de 2015.

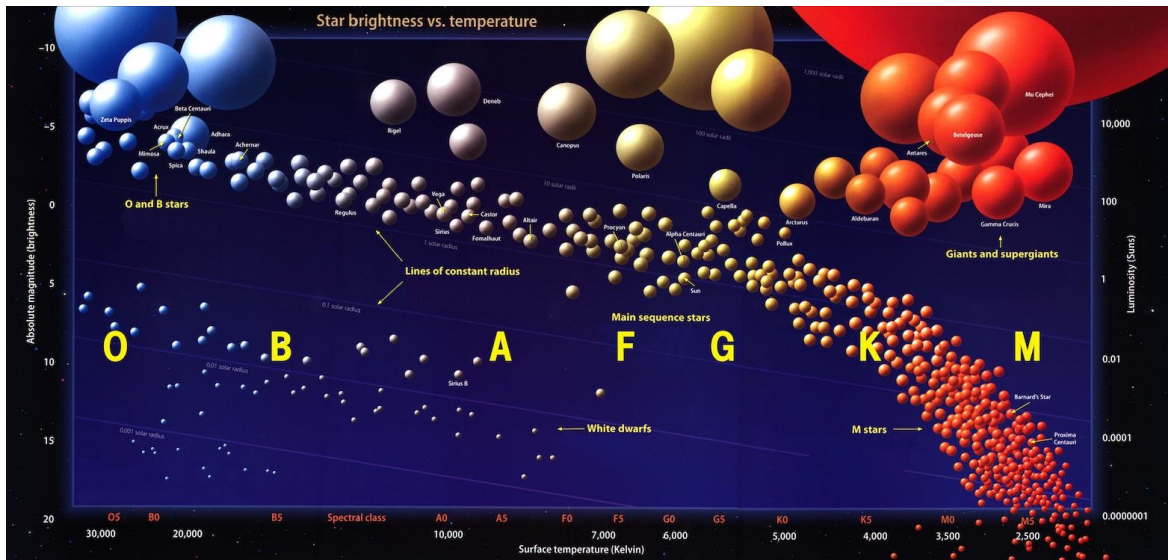


Figura 1.2: Diagrama de Hertzsprung-Russell, obtenida de la revista Astronomy Magazine (<http://www.astronomy.com/>).

1.2. Estrellas M

El diagrama de Hertzsprung-Russell 1.2 representa la luminosidad de una estrella en función de su temperatura efectiva. Según este diagrama las estrellas se clasifican según su temperatura efectiva (O, B, A, F, G, K, M, L y T), que a su vez se etiqueta como estrellas tempranas, a aquellas más calientes y estrellas tardías a aquellas cuya temperatura efectiva es baja. Dentro del rango de las estrellas frías (F, G, K y M), CARMENES se centrará en el estudio de las estrellas de tipo M, cuya temperatura efectiva varía desde los 3200 K hasta los 2100 K, aproximadamente. Dentro de la categoría de estrella M, las llamadas M0 son las más calientes y las M9 son las más frías.

Como discutiremos en las siguientes secciones, este tipo de estrellas frías tienen tamaños típicos muy por debajo del tamaño del Sol. Sin embargo, son una estrellas muy activas con respecto a sus hermanas mayores, tal y como lo muestran tanto la emisión de la línea de Balmer $H\alpha$, como su emisión en rayos X, ambos asociados a la actividad cromosférica de la estrella.

Una de las características más importantes de las estrellas M que las hacen ser tan interesantes, es que son las más abundantes de nuestra galaxia (entre el 70 y el 75 % del total de estrellas), lo que conlleva una gran estadística asociada que nos ayudará a comprender mejor la formación y evolución de planetas y su relación con la estrella que lo aloja (tanto si se encuentra planeta como si no). Este tipo de estrellas de poca masa tienen su máximo de emisión en un rango de longitud de onda de $1 \mu\text{m}$ (infrarrojo cercano; véase Holgado 2014), y esta es la razón de que el rango espectral de CARMENES se haya optimizado para un rango de longitud de onda de entre $0.55 \mu\text{m}$ y $1.7 \mu\text{m}$.

1.2.1. Estrellas M con exoplanetas

Las estrellas M han sido estudiadas por la facilidad técnica que existe a la hora de detectar exoplanetas tipo Tierra, dado que éstos producen efectos similares a los que harían exoplanetas gigantes en estrellas de masa mayor. En la Tabla A.1 encontramos todas las estrellas M que albergan al menos un exoplaneta. Destacar que según la base de datos exoplanet.eu, apenas el 4% del total de exoplanetas encontrados pertenecen a estrellas de tipo M.

Hasta la fecha, se han descubierto 75 planetas en estrellas de tipo espectral M en 53 estrellas diferentes. 49 de estos planetas han sido descubiertos medianete el método de velocidad radial, mientras que tan solo 5 han sido descubiertos por tránsitos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en muchísimos de los casos, el tipo espectral de la estrella no ha sido identificado y, por tanto, este número podría ser muchísimo mayor. En cuanto a la variedad de exoplanetas encontrados en este tipo de estrellas, nos encontramos masas desde apenas $0.006 M_{\text{Jup}}$, que equivale a unas $2 M_{\oplus}$, hasta una treintena de M_{Jup} . El primer exoplaneta descubierto en una estrella del tipo espectral M, fue Gliese 876 b en el año 1999, mediante la técnica de medida de velocidad radial (Delfosse et al. 1999).

1.3. Catálogo de entrada

Existen innumerables estrellas de tipo M en nuestra galaxia, lo que conlleva otro tanto en tiempo de observación del que no se dispone. Por este motivo se pretende llevar a cabo una selección minuciosa de las mejores 300 estrellas de tipo M que pueden ser observadas con CARMENES. Para lograr este objetivo se crea la base de datos de CARMENES, CARMENCITA (**CARMEN**es **C**ool star **I**nformation and **d**a**T**a **A**rchive), la más completa hasta la fecha de este tipo de estrellas, con más de 2000 estrellas.

El catálogo cuenta con decenas de datos de cada estrella, que va desde el tipo espectral, fotometría desde el ultravioleta hasta el infrarrojo medio, movimiento propio, $v \sin i$, etc. Actualmente es un catálogo privado que se hará público como legado del proyecto CARMENES.

1.4. Objetivo

Uno de los trabajos más arduos de todo investigador a la hora de realizar un proyecto es la tarea de recopilar toda la información disponible en la literatura, antes del inicio del proyecto, para no repetir medidas innecesarias. Este estudio previo es determinante para ahorrar en tiempo de observación, el “tesoro de los astrofísicos”, ya que no es fácil de obtener. Hay que tener en cuenta que la tendencia actual de observación consiste en construir menos telescopios, pero cada vez más grandes y caros, lo que conlleva una penalización en el tiempo de observación.

Este trabajo de fin de máster está enfocado hacia la máxima recopilación de información de las estrellas M del catálogo de CARMENES. Se pone especial atención a

la recopilación de los periodos del proyecto MEarth³. El estudio de MEarth se centra en la búsqueda de exoplanetas rocosos tipo Tierra que se encuentren en las estrellas más cercanas y pequeñas, alrededor de nuestro sistema solar. La muestra se compone principalmente por estrellas de tipo M que se encuentren como mucho a 25 parsec de distancia, lo que hace que sea una fuente importante de datos para nuestro catálogo por la coincidencia del tipo de objeto a estudio. Por otro lado, el estudio de todas las velocidades de rotación junto a sus respectivas actividades para las estrellas M, proporcionan mucha información que hasta ahora no se había recogido en un único documento, siendo muy relevante la edad de la estrella.

³<http://www.cfa.harvard.edu/MEarth/Welcome.html>

Capítulo 2

Análisis

Obtener los datos es una tarea tan importante como costosa. Para la mayor parte de los datos que se han utilizado para la realización de este trabajo, han sido obtenidos de artículos científicos de diversa índole. En la mayoría de los casos ha hecho falta un trabajo minucioso de búsqueda individual en cada uno de los artículos a los que se hace referencia en este trabajo.

Por otro lado, el tratamiento de errores es una parte importante en cualquier estudio que se precie. Pero hemos encontrado un problema igual de importante. Prácticamente el grueso de los datos obtenidos carece de errores de medida, salvo en contados estudios en los que el volumen de datos es mínimo. Cabe destacar que todos los datos medidos por miembros del proyecto CARMENES han sido añadidos con sus correspondientes errores.

2.1. Periodo de rotación

Para la recopilación de datos en periodos se tuvo en cuenta tres principales fuentes de información. En primer, y base para las búsquedas de información, se hizo una tabla de CARMENCITA con las coordenadas de cada una de las estrellas para introducirlas en la base de datos del “Centre de Données astronomiques de Strasbourg¹” (CDS), que tiene por nombre VizieR.

Después de buscar en la base de datos de MEarth (Irwin et al. 2010) teníamos que partir de algún artículo que hubiese construido algún catálogo de estrellas M. El primero, entre todos los disponibles inicialmente, fue el estudio de Norton et al. (2007). Con un punto de partida, se procede a buscar coincidencias con el catálogo de CARMENES tal y como se muestra en la Fig. ???. Con este procedimiento se ha buscado también en los catálogos de Plavec (1960), Bidelman (1988), Koen et al. (2002), Hartman et al. (2004), Montagnier et al. (2006), Kiraga & Stepień (2007), Devor et al. (2008), Bergfors et al. (2010), Korhonen et al. (2010), Messina et al. (2010), Hartman et al. (2010), Schlieder et al. (2010), Hartman et al. (2011), Pojmański (2002), Zachory et al. (2011), Giacobbe et al. (2012), Hunt-Walker et al. (2012), Kiraga (2012), Kiraga & Stepień (2013) y McQuillan et al. (2013).

¹<http://cds.u-strasbg.fr/>

Figura 2.1: Captura de pantalla de la base de datos de Vizier, donde están señalados en rojo, el artículo al cuál hace referencia y el dato de salida que queremos obtener.

Con el procedimiento de Vizier, se encontraron la mayoría de datos, pero faltan muchos otros. La segunda manera de conseguir datos de la literatura fue a través de la página web de la American Association of Variable Star Observers² (AAVSO). En esta página se fueron introduciendo una a una todas las estrellas de CARMENCITA hasta tener la lista de periodos en su estado final.

El último de las formas para obtener la tabla final de periodos, es a través de artículos publicados, facilitados por los tutores y obtenidos a partir de la AAVSO (Fig. 2.2).

Con este procedimiento, se ha recopilado la cantidad de 217 medida de periodos, lo que supone un poco más del 10 % de todas las estrellas del catálogo. Esta recopilación supone un avance significativo en el número de datos, ya que solo se contaba con 45 medidas previas.

2.2. Velocidad rotacional

Uno de los parámetros más importantes de las estrellas M, es su velocidad ecuatorial. Dado que las estrellas tienen una rotación diferencial, se define la velocidad de rotación de una estrella, como la velocidad de rotación en el ecuador de la estrella. Por este motivo puede ser citada en muchos textos como velocidad ecuatorial o velocidad rotacional.

En la Fig. 2.3 se esquematiza la situación de la inclinación de la estrella con respecto a la línea de visión desde la Tierra³. Como puede apreciarse, la medida que se toma de la velocidad rotacional, es la proyección sobre la línea de visión, es decir, cuando hablamos de velocidad de rotación de una estrella, en realidad nos estamos refiriendo a la proyección sobre la línea de visión ($v_r \sin i$), y no a la velocidad ecuatorial que

²<http://www.aavso.org/vsx/index.php?view=about.top>

³http://en.wikipedia.org/wiki/Stellar_rotation

Name	α^a (J2000)	δ^a (J2000)	Epoch ^b (yr)	μ_{α}^b ($^{\circ}$ /yr)	μ_{δ}^b ($^{\circ}$ /yr)	π ($^{\circ}$)	$\sigma(\pi)$	Ref. ^c	K^d (mag)	M^d (M_{\odot})	Period ^e (days)	Pop ^f		
LHS1050	00 ^h 15 ^m 49 ^s .2	+13 [°] 33'22"	1998.7	0.621	-0.333	0.0866	0.0134	1	7.83	0.26	0.28	78.5	0.0028	Thick
GJ1008B	00 ^h 16 ^m 16 ^s .1	+19 [°] 51'52"	1998.7	0.709	-0.748	0.0660	0.0016	2	8.12	0.26	0.28	104	0.0049	Thick
LHS1068	00 ^h 20 ^m 54 ^s .8	+30 [°] 02'50"	1997.9	0.580	0.028	0.0528	0.0044	1	8.91	0.22	0.24	1.08	0.0090	Thick
LHS1105	00 ^h 35 ^m 53 ^s .6	+52 [°] 41'37"	1998.9	0.787	-0.186	0.0621	0.0091	1	9.81	0.19	0.21	104	0.0048	Thick
GJ2-37A	00 ^h 39 ^m 13 ^s .5	+14 [°] 54'19"	1997.8	0.321	0.039	0.0333	0.0018	1	9.14	0.30	0.32	34.0	0.0095	Mid
GJ51	01 ^h 01 ^m 19 ^s .7	+60 [°] 21'56"	1999.0	0.739	0.086	0.0935	0.0073	1	7.74	0.21	0.23	1.06	0.0236	Mid
LHS1378	02 ^h 11 ^m 09 ^s .9	+35 [°] 20'33"	1998.0	0.540	-0.266	0.0964	0.0011	1	9.03	0.12	0.14	0.276	0.0093	Thin
GJ1057	03 ^h 13 ^m 23 ^s .0	+04 [°] 46'29"	2000.7	1.749	0.084	0.1171	0.0035	3	7.85	0.16	0.18	102	0.0062	Thick
LW12-31	03 ^h 20 ^m 59 ^s .7	+18 [°] 54'23"	1997.8	0.351	-0.259	0.0689	0.0066	4	10.66	0.08	0.11	0.613	0.0108	Thin
LHS1593	03 ^h 47 ^m 20 ^s .9	+08 [°] 41'46"	2000.9	0.465	-0.664	0.0795	0.0035	1	9.04	0.14	0.16	60.3	0.0033	Mid
LHS1610	03 ^h 52 ^m 41 ^s .7	+17 [°] 01'06"	1997.8	0.433	-0.644	0.0700	0.0138	1	8.07	0.16	0.18	78.8	0.0099	Mid
LHS1667	04 ^h 22 ^m 32 ^s .5	+39 [°] 00'44"	1999.9	0.584	-0.603	0.0534	0.0047	1	9.69	0.15	0.17	154	0.0071	Thick
GJ170	04 ^h 30 ^m 25 ^s .3	+39 [°] 51'00"	1998.9	0.271	-0.375	0.0959	0.0028	1	8.26	0.16	0.18	0.718	0.0103	Mid
LHS1706	04 ^h 50 ^m 56 ^s .8	+22 [°] 07'22"	1997.8	0.636	-0.433	0.0711	0.0057	1	8.99	0.16	0.18	147	0.0121	Mid
NEJ14406	05 ^h 03 ^m 05 ^s .6	+21 [°] 22'56"	1997.8	0.109	-0.140	0.0365	0.0084	1	8.91	0.15	0.18	0.375	0.0050	Mid
G099-049	06 ^h 00 ^m 03 ^s .5	+02 [°] 42'24"	1999.8	0.311	-0.042	0.1862	0.0101	3	6.06	0.24	0.26	1.81	0.0076	Thin
LHS1809	06 ^h 02 ^m 29 ^s .2	+49 [°] 51'56"	2000.1	0.058	-0.861	0.1077	0.0026	3	8.45	0.13	0.16	99.6	0.0088	Thick
LHS1885	06 ^h 25 ^m 57 ^s .0	+62 [°] 19'29"	1999.0	0.327	-0.316	0.0874	0.0023	1	7.71	0.23	0.25	52.4	0.0239	Mid
GJ285	07 ^h 44 ^m 40 ^s .2	+03 [°] 33'09"	1999.9	-0.348	-0.447	0.1686	0.0027	2	5.72	0.31	0.32	2.78	0.0150	Thin
GJ101	08 ^h 35 ^m 54 ^s .0	+83 [°] 23'05"	1999.9	-0.291	-0.604	0.0803	0.0000	1	7.93	0.23	0.25	1.11	0.0076	Thin
G41-10	08 ^h 50 ^m 12 ^s .7	+19 [°] 47'49"	1998.8	-0.427	0.096	0.0332	0.0046	1	9.76	0.25	0.27	101	0.0082	Thick
LHS2088	08 ^h 59 ^m 56 ^s .1	+72 [°] 57'36"	1999.3	0.973	-0.035	0.0726	0.0034	1	8.99	0.15	0.18	138	0.0033	Thick
LHS2067	09 ^h 20 ^m 57 ^s .9	+03 [°] 22'06"	2000.1	0.316	-1.139	0.0608	0.0041	1	8.54	0.23	0.25	118	0.0027	Thick
LHS2175	09 ^h 42 ^m 22 ^s .3	+55 [°] 59'23"	1999.0	-0.703	-0.517	0.0651	0.0087	1	7.55	0.31	0.33	72.8	0.0069	Thick
G403	10 ^h 52 ^m 04 ^s .4	+13 [°] 59'51"	1998.0	-1.115	0.198	0.0839	0.0257	1	7.81	0.25	0.27	96.8	0.0038	Thick
G119-62	11 ^h 11 ^m 15 ^s .8	+33 [°] 32'11"	1998.4	-0.164	0.110	0.0683	0.0106	1	7.51	0.31	0.33	7.79	0.0197	Mid
LHS1316	11 ^h 50 ^m 57 ^s .9	+48 [°] 23'42"	1999.0	-1.540	-0.560	0.1231	0.0029	3	7.66	0.17	0.19	132	0.0042	Thick
LHS6220	12 ^h 05 ^m 26 ^s .7	+69 [°] 32'23"	1999.2	-0.447	-0.040	0.0602	0.0134	1	7.91	0.24	0.26	96.2	0.0064	Thick
GJ136	12 ^h 18 ^m 59 ^s .4	+11 [°] 07'34"	2000.2	-1.203	0.199	0.1529	0.0030	3	7.59	0.14	0.16	0.491	0.0142	Thick
GJ491.1	13 ^h 00 ^m 13 ^s .5	+08 [°] 41'06"	2000.2	-0.934	0.215	0.1211	0.0038	3	7.68	0.17	0.19	0.660	0.0038	Thick
LHS2995	14 ^h 35 ^m 37 ^s .2	+11 [°] 34'12"	2000.3	0.076	-0.738	0.0535	0.0041	1	9.67	0.15	0.17	88.3	0.0074	Thick
GJ1204	16 ^h 30 ^m 05 ^s .6	+08 [°] 48'49"	2000.4	-0.519	-0.151	0.0602	0.0042	1	8.53	0.21	0.23	6.41	0.0033	Thick
NEJ743307	16 ^h 40 ^m 06 ^s .0	+08 [°] 42'49"	2000.3	0.174	-0.163	0.0940	0.0023	1	8.23	0.18	0.20	0.311	0.0043	Thin
LHS6311	16 ^h 40 ^m 20 ^s .7	+67 [°] 36'30"	1999.4	-0.262	0.361	0.0747	0.0043	1	8.97	0.15	0.17	0.378	0.0091	Thick
G14-29	18 ^h 42 ^m 45 ^s .0	+13 [°] 54'17"	1999.4	-0.025	0.347	0.0933	0.0115	1	7.57	0.15	0.17	8.07	0.0132	Thick
LHS4641	19 ^h 24 ^m 16 ^s .3	+37 [°] 33'22"	2000.4	-0.394	0.591	0.0903	0.0051	1	8.98	0.12	0.15	114	0.0121	Thick
GJ1243	19 ^h 51 ^m 09 ^s .3	+46 [°] 29'09"	1998.4	0.188	0.266	0.0841	0.0034	1	7.79	0.24	0.26	0.593	0.0085	Mid
GJ791.2AB	20 ^h 29 ^m 48 ^s .4	+09 [°] 41'29"	2000.4	0.665	0.132	0.1138	0.0019	3	7.33	0.21	0.23	0.346	0.0038	Mid
GJ656A	22 ^h 25 ^m 29 ^s .0	+32 [°] 27'33"	1998.5	0.285	-0.208	0.0622	0.0100	2	6.07	0.25	0.27	0.838	0.0070	Thin
LHS454a	23 ^h 25 ^m 40 ^s .2	+53 [°] 08'06"	1998.9	0.986	0.328	0.0404	0.0031	1	9.00	0.28	0.30	24.8	0.0077	Thick
LHS3978	23 ^h 35 ^m 41 ^s .3	+06 [°] 11'21"	2000.7	0.566	0.268	0.0416	0.0032	1	10.19	0.15	0.18	1.67	0.0055	Thick

The screenshot shows the AAVSO search interface. At the top, there's a navigation bar with 'Search', 'Submit', 'Register', 'Log In', 'Account', and 'About'. Below that, the current time and user status are displayed. The main content area shows search results for 'GJ 1214'. The 'Latest Details' section provides comprehensive information about the star, including its AAVSO UID (000-BJX-329), constellation (Ophiuchus), J2000.0 coordinates (17 15 18.93 +04 57 50.1), and Galactic coordinates (26.164 +23.611). The 'Period' field is circled in red and shows a value of 1.5804049 days. Other fields include 'Variability type' (EP+BY), 'Spectral type' (M4.5V), 'Mag. range' (14.71 (0.014) V), and 'Discoverer' (David Charbonneau et al.).

Figura 2.2: A la izquierda la tabla de datos de Irwin et al. (2010), donde se dan los periodos y otros parámetros estelares. A la derecha tenemos una captura de pantalla de la búsqueda de una estrella en AAVSO y el resultado del periodo (líneas más abajo se da el artículo del cual ha sido sacado el dato).

hemos mencionado al principio. Por lo tanto, cuando la inclinación de una estrella es aproximadamente 90° , entonces la velocidad de rotación medida coincide con la ecuatorial.

Para obtener los valores de la literatura de la proyección de la velocidad ecuatorial ($v \sin i$), se ha seguido el mismo procedimiento que para los periodos. La base de datos del CDS ha sido la principal fuente de datos para este trabajo, con sus respectivos artículos (Stauffer et al. 1986; Reid et al. 2004; Głęboccki et al. 2005; Torres et al. 2006; Reiners 2007; White et al. 2007; Browning et al. 2010; Houdebine 2010; Schlieder et al. 2010; Deshpande et al. 2012; Herrero et al. 2012; Reiners et al. 2012; Shkolnik et al. 2012; Schlieder et al. 2012 y Antonova et al. 2013). En este tipo de estrellas, los valores típicos de la velocidad rotacional están entre unas centésimas de metros por segundo, hasta varias decenas. Sin embargo, la velocidad de rotación media se mantiene muy por debajo de los 10 m s^{-1} . Destacar que de las casi 2100 estrellas del catálogo, se cuenta con un total de 420 medidas de esta propiedad, lo que supone algo más de un 20% de medidas y un aumento en 93 el número de medidas nuevas.

2.3. Emisión $H\alpha$

La temperatura de una estrella disminuye desde el núcleo hacia el exterior, hasta que se alcanza la cromosfera, donde la temperatura vuelve a aumentar. Esta temperatura es tan grande que llega a arrancar electrones del átomo de hidrógeno produciendo, entre otras, la línea de Balmer $H\alpha$ a una longitud de onda de 6563 \AA . Esta línea de emisión es un indicativo muy importante de actividad en una estrella. La manera de obtener este valor es a través de los espectros mediante la medida de la anchura equivalente de la línea. Sin embargo, existe una peculiaridad en este tipo de estrellas, y es que no se puede definir un continuo claro para realizar las medidas, de forma que se define un pseudo-continuo a partir del cual medir la anchura equivalente, de ahí que a partir de

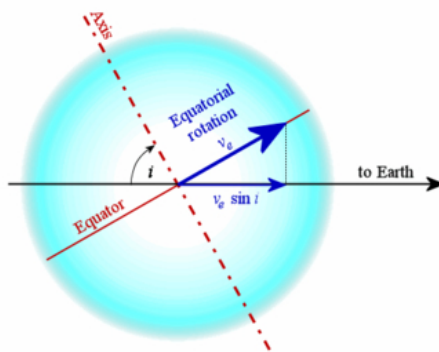


Figura 2.3: Esquema de la proyección de la velocidad ecuatorial sobre la línea de visión desde Tierra. El ángulo i , es la inclinación del eje de rotación de la estrella con respecto a la misma línea de visión.

ahora, la denominaremos, pseudo-anchura equivalente (pEW).

La emisión de la línea de $H\alpha$ en las estrellas de tipo M, es la mayor de todas las líneas cromosféricas. Si además tenemos en cuenta que estas estrellas emiten muy débilmente en la zona azul del espectro, tenemos que la línea de $H\alpha$ es el principal trazador de actividad cromosférica.

Para obtener datos de la línea de $H\alpha$, se partió inicialmente del estudio previo de Palomar/Michigan State University (PMSU) 1 y 2 (Reid et al. 1995 y Hawley et al. 1996), Phan-Bao et al. (2006), Caballero et al. (2010), Lépine et al. (2013) y Riaz et al. (2006). La búsqueda continuó en la base de datos del CDS y diversos artículos publicados (Gizis et al. 2002; West et al. 2008; Shkolnik et al. 2009; y la tabla completa de datos de Lépine et al. 2013), además se ha tenido la colaboración del resto del miembros del proyecto CARMENES (Martínez-Rodríguez 2014), que ha proporcionado un total de 33 nuevas medidas, o las aportaciones de Alonso-Floriano et al. (2014). Este último estudio se centra en medir líneas de $H\alpha$ en espectros de baja resolución obtenidos con CAFOS y ha proporcionado un total de 405 nuevas medidas. En total, contando las pocas medidas nuevas encontradas en la bibliografía y las que se han medido por integrantes del proyecto, se ha llegado a recopilar 1766 medidas de $pEW(H\alpha)$, lo que supone más del 83 % del total de estrellas del catálogo.

En general solo se tiene una sola medida de $pEW(H\alpha)$, salvo con el artículo de Lépine et al. (2013) que aporta una gran cantidad de nuevas medidas, aunque en la gran mayoría de casos sigue siendo la misma. En el artículo se advierte que la medida de $pEW(H\alpha)$ puede estar subestimada. Este fenómeno queda reflejado en la Fig. 2.4. Basándonos en las incertidumbres típicas en este tipo de medida de anchuras equivalentes que se manejan en la literatura, vemos como hay dos estrellas en el que, aún teniendo en cuenta este valor típico, su valor está claramente muy por encima de lo que se esperaba, incluso con la subestimación de la medida. Estas estrellas son G 080-021 (J03473-019) y G 208-042 (J19511+464). La razón por la cual estas dos estrellas tienen una actividad muy por encima de lo que obtuvo en primera instancia, tiene varias explicaciones. Si descartamos errores en la reducción de datos, solo nos queda que en el momento en el que se tomó su espectro la segunda vez, la estrella se encontraba en algún proceso de actividad estelar, ya sea un fenómeno estacional, como es el ciclo de actividad de una estrella, o un fenómeno espontáneo, como son las fulguraciones, protuberancias, etc.

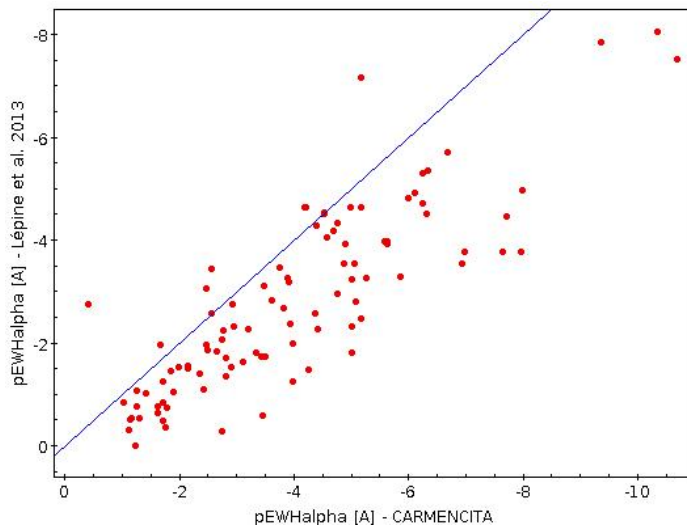


Figura 2.4: En el eje x se representa la pseudo-anchura equivalente $pEW(H\alpha)$ de la base de datos de CARMENCITA previo a este trabajo que tienen un valor distinto en la tabla final de Lépine et al. (2013), eje y , donde se da el último valor obtenido hasta la fecha. La línea continua en azul, representa la referencia de una medida idéntica entre CARMENCITA y la tabla de Lépine et al. (2013).

2.4. Índice de actividad R'_{HK}

Las líneas del doblete del calcio ionizado Ca II H y K, se forman a una longitud de onda de 3968.47 y 3933.67 Å respectivamente. Estas líneas son típicas en las regiones de alrededor de las manchas solares, y por ende, de manchas estelares, lo que las hacen también buenas candidatas para medir la actividad estelar. Sin embargo, estas líneas no se expresan como pseudo-anchura equivalente, sino que suelen ser convertidas a flujo en un proceso por el cual están involucradas tanto las pseudo-anchuras de la línea H, K, como las magnitudes de las bandas V y R . A esta conversión se le denomina R_{HK} , mientras que R'_{HK} es la medida en flujo, una vez que sustraído la contribución fotosférica (Wright et al. 2004).

En el artículo de Walkowicz et al. (2009) define a las estrellas M activas como aquellas que, a parte de poseer una línea de $H\alpha$, tienen una línea de Ca II, que en algunos casos es tan prominente que puede llegar a medirse en baja resolución. Tanto la línea de $H\alpha$, como la de Ca II (particularmente importante la línea Ca II K, ya que la línea de Ca II H está convolucionada con la línea de $H\epsilon$) son las principales responsables del enfriamiento de las estrellas de tipo M. Mientras que la línea de $H\alpha$ traza las regiones más calientes ($\geq 7000 K$), las líneas de Ca II H & K trazan las regiones más frías de la cromosfera, entre la temperatura mínima y unos 6000 K. Lo que hace que estas líneas sean tan importantes para trazar la estructura de la cromosfera de las estrellas de tipo M.

A pesar de una gran campaña de monitorización y medición de las líneas Ca II H & K, a través del programa del Monte Wilson que duró desde 1966 hasta 1998, existen muy pocas medidas de estas líneas para las estrellas que forman parte del catálogo CARMENCITA. Como se ha hecho en anteriores búsquedas de parámetros, se ha recurrido a la base de datos del CDS y a al artículo de Herrero et al. (2012) para buscar datos previos. Aún así, esta línea que mide la actividad de una estrella, es anecdótica para el presente trabajo, con tan solo 36 datos encontrados.

Capítulo 3

Resultados y discusión

3.1. Índices de actividad

3.1.1. Índice de actividad $H\alpha$

Para evaluar cuanta emisión de $H\alpha$ hay en nuestras estrellas M medimos la pseudoanchura equivalente que se denota con las siglas $pEW(H\alpha)$ en la tabla de CARMEN-CITA. Este cálculo está hecho con respecto al flujo en una región del continuo cercano a donde se produce la línea, de forma que obtenemos un valor relativo en unidades de longitud de onda (\AA). Nótese que para la línea de emisión de $H\alpha$ el valor de $pEW(H\alpha)$, por convenio, es negativo. Todos los valores de $pEW(H\alpha)$ se dan en la Tabla A.2.

Límite de acreción cromosférico

Estas dos líneas pueden ser utilizadas para muchos estudios, pero el interés que tiene para el proyecto CARMENES es ayudar a seleccionar estrellas para la posible detección de exoplanetas. Relacionaremos esta propiedad observacional, como lo es la pseudoanchura equivalente $pEW(H\alpha)$, con una propiedad intrínseca de la estrella como es su tipo espectral, y así obtener un criterio con el que poder diferenciar aquellas estrellas T Tauri o, lo que es lo mismo, estrellas en el que su máximo de edad son los 10 Ma.

En la Fig. 3.1 se representa $pEW(H\alpha)$ versus el tipo espectral de la estrella, donde se aprecia como las estrellas M de media tienen una emisión de líneas $H\alpha$ mucho mayor cuanto más fría sea la estrella. Este fenómeno ya fue estudiado por Basri & Marcy (1995), y se produce debido a que la luminosidad fotométrica decae rápidamente para las estrellas más frías, lo que produce un factor de abastecimiento constante para la cromosfera, produciendo un fuerte aumento de la línea de $H\alpha$, y por tanto, de su anchura equivalente. En la gráfica representamos también con una línea de trazos discontinuo:

$$\log pEW(H\alpha) = 0.0893(Sp.Type) - 4.5767 \quad (3.1)$$

La ecuación (3.1) se obtiene de ajustar matemáticamente el *criterio de saturación*, $L(H\alpha)/L(H_{bol}) = -3.3$. Esta ley empírica se obtiene directamente de comparar este co-

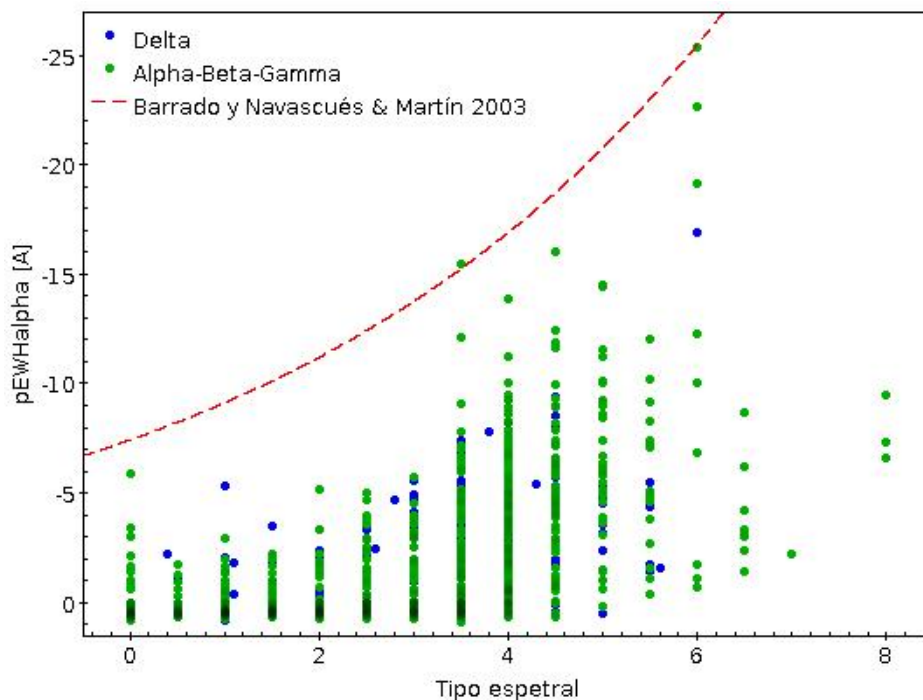


Figura 3.1: En el eje x se representa el tipo espectral que va desde $M0 = 0$, hasta $M8 = 8$. En el eje y representamos la pseudo-anchura equivalente $pEW(H\alpha)$ y la línea de trazos corresponde al límite, puramente empírico, establecido por el criterio de saturación. La denominación de colores, azul (Delta) y verde (Alpha, Beta y Gamma), hace referencia a la importancia que tiene en CARMENCITA, siendo una primera clasificación para seleccionar las estrellas a observar. Las estrellas Delta son aquellas que forman parte de un sistema binario o múltiple, lo que las descarta directamente. El resto de estrellas se clasifican por su cercanía y luminosidad, desde Alpha, como las más importantes, hasta Gamma, las más débiles.

ciente de luminosidades con el tipo espectral (Barrado y Navascués & Martín 2003). El criterio para diferenciar las estrellas jóvenes (T Tauris) solo tiene validez hasta estrellas de tipo espectral M5.5. Este criterio es aplicable también a las enanas marrones más jóvenes, ya que comparten propiedades muy similares a las estrellas T Tauri clásicas.

Estrellas muy activas

En la Fig. 3.1 vemos como casi todas las estrellas, hasta donde se puede aplicar este criterio, tienen un comportamiento de emisión en $H\alpha$ dentro de lo que se espera para una estrella M que ha perdido la envoltura y está en condiciones de ser estudiada para la detección de exoplanetas. Caben destacar la siguiente estrella:

G 116-072 (J09593+438E): Por su exceso de emisión de $H\alpha$ ($M 3.5V$ y $H\alpha = -15.49 \text{ \AA}$ [PMSU]), nos haría pensar que se trata de una estrella T Tauri. Sabemos que se trata de una estrella binaria visual que forma pareja con G 116-073 (J09593+438W) de la cual se separa 23 segundos de arco (Poveda et al. 1993), es decir, hay suficiente resolución espacial para no superponer ambas medidas de $H\alpha$ de ambas estrellas. Hay que tener en cuenta que el criterio de saturación queda un poco por encima del ajuste matemático. Este resultado nos hace pensar que pueda tener un disco débil de gas y polvo, o más probablemente, que el espectro se haya tomado en un momento de mucha actividad estelar, como pueda ser una fulguración.

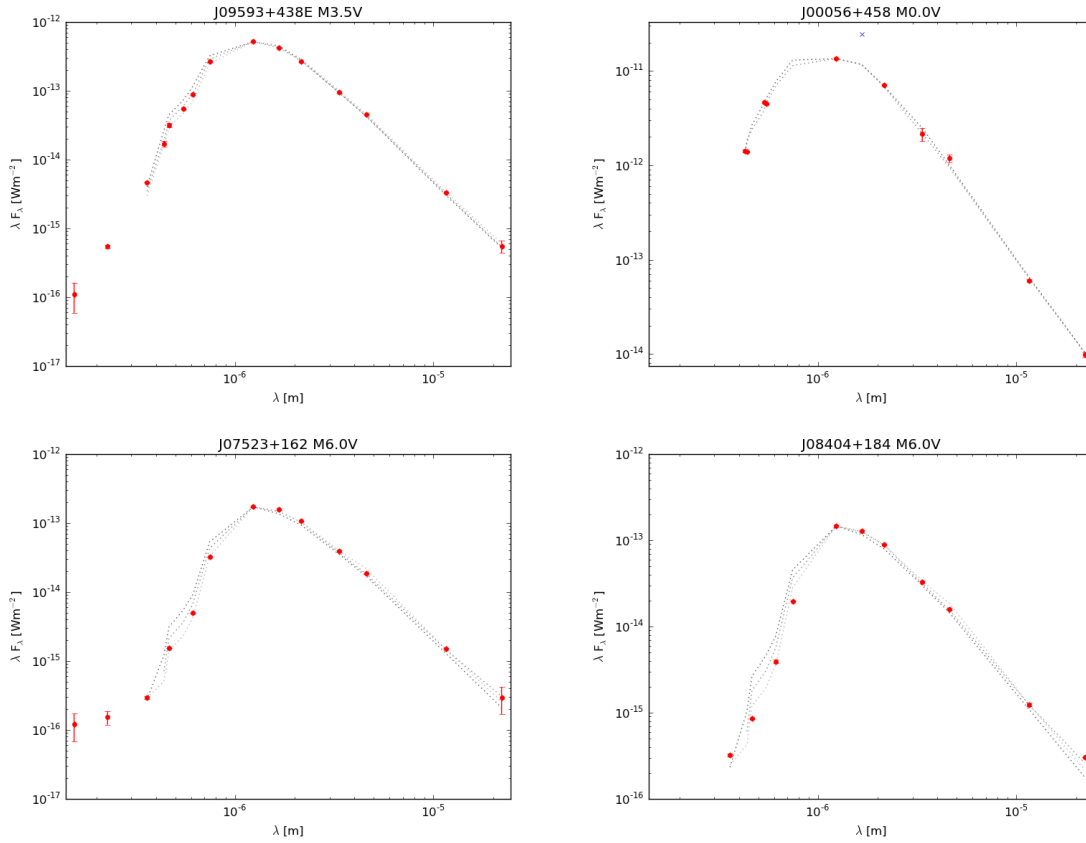


Figura 3.2: Distribuciones espectrales de energía de las estrellas del catálogo de CARMENCITA (Holgado 2014) con emisiones de $H\alpha$ por encima de lo esperado.

HD 38B (J00056+458): Esta estrella (M 0.0V y $H\alpha = -5.85 \text{ \AA}$ [PMSU]) es parte de un sistema doble (HD 38A) o posiblemente triple (CCDM J00057+4548ABF), separada apenas 7 segundos de arco de su compañera más cercana. Dado que su tipo espectral es muy temprano, su exceso de emisión con respecto a las estrellas del mismo tipo puede que se deba a que se encuentre en una fase temprana de la secuencia principal y que tenga aún un remanente de disco protoplanetario, o bien ha sido obtenido un espectro en un momento de alta actividad de la estrella.

LP 423-031 (J07523+162): En este caso concreto, a la estrella (M 6.0V, $H\alpha = -25.4 \text{ \AA}$ [Alonso-Floriano et al. (2014)] y $H\alpha = -22.26 \text{ \AA}$ [Shkolnik et al. (2009)]) no puede aplicarse el criterio de Barrado y Navascués & Martín. Esta estrella aislada no ha sido muy estudiada por su actividad y no hay valores de su periodo o edad, para saber si guarda alguna relación con su actividad. De esta estrella existen dos medidas de $H\alpha$ con valores parecidos, lo que hace pensar que su alta actividad está asociada a una velocidad de rotación alta también (Fig. 3.4).

AZ Cnc (J08404+184): Esta estrella aislada, es un caso parecido al anterior (M 6.0V y $H\alpha = -22.68 \text{ \AA}$ [Shkolnik et al. (2009)]). En esta ocasión solo existe una medida de actividad en la literatura para saber si su medida puede interpretarse como una relación con su alta velocidad de rotación, o porque su espectro ha sido tomado en un momento especial de actividad cromosférica.

Para descartar definitivamente que no se tratan de estrellas jóvenes con un posible disco de acreción, utilizamos las distribuciones espectrales de energías (SED) de cada estrella para comprobar visualmente si presenta un exceso en el infrarrojo (Holgado 2014), tan característico de este tipo de estrellas jóvenes. Como vemos en la Fig. 3.2, ninguna de la estrellas presenta un exceso de acreción a longitudes de onda del infrarrojo, por lo que se descarta esta opción y se tiene más presente que se trate de un momento de especial actividad de la estrella. Especial atención requiere la estrella J00056+458 que presenta una mayor actividad debido a que forma parte de un sistema binario y su distribución espectral de energía queda contaminado, tal y como se había pensado desde un principio.

La mayor parte de los exoplanetas confirmados se encuentran en sistemas con edades mayores a 1000 Ma. El reto está en encontrar planetas mucho más jóvenes, en sistemas que cuenten con un disco, tales como las estrellas T Tauri, con una edad de entre 1 y 3 Ma, para poder estudiar la formación y evolución de los planetas. Estrellas con edades entre los 10 y 100 Ma son particularmente interesantes porque se encuentran a medio camino entre un disco protoplanetario, el final de la formación de planetas gigantes y el comienzo de la formación de planetas terrestres activos. Haciendo honor al reto de encontrar planetas con estas características, a G 116-072 se le ha estimado una edad de entre 25 y 300 Ma (Shkolnik et al. 2009), lo que quiere decir que es una estrella candidata a ser estudiada en profundidad ya que puede aportar mucha información al respecto y a día de hoy solo se ha tenido en cuenta para relacionarla con grupos de movimiento (Shkolnik et al. 2012), sin resultados.

3.1.2. Índice de actividad R'_{HK}

Hemos mencionado la línea de $H\alpha$ como principal indicador de la actividad cromosférica de una estrella, pero no es el único indicador. En estrellas tipo Sol, además tenemos las líneas de resonancia del Ca II en el azul, el triplete del CaII en el infrarrojo, las líneas de resonancia del Fe II y del Mg II en el ultravioleta cercano. También hemos mencionado ya, en el apartado anterior, como las bandas H&K de la línea Ca II es la más intensa después de la banda Balmer del hidrógeno y traza las regiones más frías de la cromosfera.

Ambas líneas de actividad $H\alpha$ y Ca II tienen gran importancia en las estrellas de tipo M, aunque su relación con la estrella es aún tema de investigación, lo que queda claro es que por separado no ofrecen un escenario claro de la estructura cromosférica de la estrella, siendo la línea de $H\alpha$ la más importante. De modo que en este trabajo se ha intentado recopilar toda la información posible de los catálogos disponibles en la red y cuyos resultados se muestran en la Tabla A.2, para poder obtener alguna relación entre ambos indicadores y no depender de una sola medida. En este caso de la línea de $H\alpha$ que es más observada históricamente.

Como se puede ver en la Fig. 3.3, no podemos llegar a ninguna conclusión con las medidas de las que disponemos ya que no tenemos suficientes datos, y obtener las líneas del Ca II H&K es muy complicado ya que requiere de espectrografía de alta resolución, que aún no se ha tomado en esta banda concreta. En principio tendríamos que apreciar un aumento lineal de la pareja (Ca II H&K, $H\alpha$), dado que ambas líneas son indicadores de la actividad de la estrella. Por otro lado en la Fig. 3.3, deberíamos

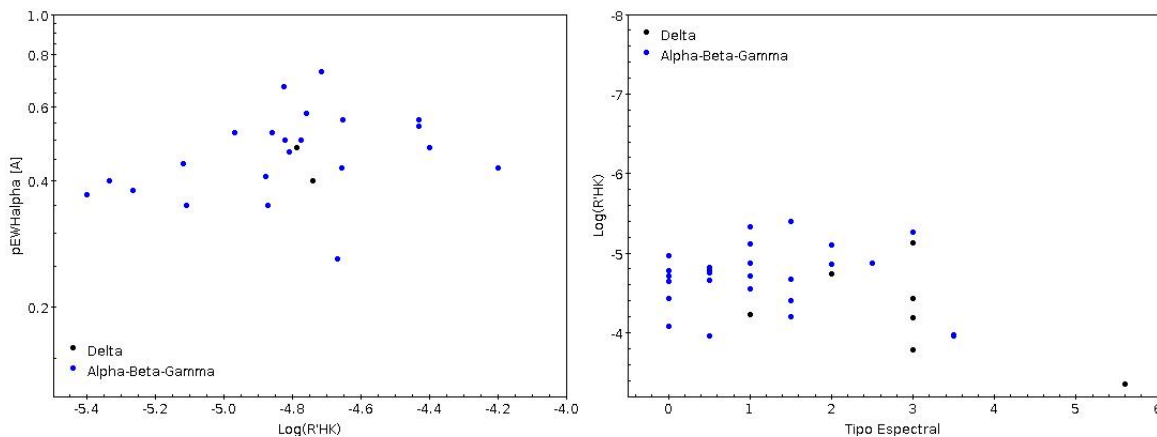


Figura 3.3: (Izq.) En el eje x representamos, en escala logarítmica, la anchura equivalente de $H\alpha$, mientras que en el eje y representamos el logaritmo del flujo de la línea de Ca II H\&K . (Dcha.) Representamos el logaritmos de la línea de Ca II frente al tipo espectral, teniendo en cuenta que a cada número le corresponde el mismo subtipo espectral, es decir, $0 \equiv M0$ y así sucesivamente. En azul se representan aquellas estrellas M que son importantes para la selección de la muestra, y en negro las estrellas M que son parte de un sistema binario o múltiple.

de observar una gráfica muy parecida a la que vemos en la Fig. 3.1, pero al igual que antes, no tenemos suficientes datos como para poder obtener alguna conclusión.

3.2. Grupos de movimiento

Para poder tener una idea general de la formación de discos protoplanetarios y planetas alrededor de estrellas, es necesario abarcar un amplio espectro de edades de dichas estrellas. Se conocen abundantes planetas gigantes gaseosos, cuyo tiempo de formación es de aproximadamente una decena de millones de años, lo cual aporta mucha información para el estudio de la formación de planetas, pero hace falta llegar aún más allá e intentar detectar planetas telúricos tipo-Tierra para completar la información, cuyo tiempo medio de formación es de un orden de magnitud mayor que sus hermanas gaseosas. En este punto, las estrellas M tienen una ventaja con respecto a sus hermanas mayores. La relación entre su luminosidad y la masa del planeta a ser descubierto, hace posible la detección de exoplanetas de baja masa, de tipo Terrestre. Por otro lado, las enanas de tipo M son dominantes en número en el vecindario solar en una proporción más que abundante, dos de cada tres estrellas que están en la vecindad solar, son estrellas de tipo M, lo que nos proporciona una cantidad de objetos de estudio muy superior al resto de tipos estelares.

Llevar a cabo un estudio de los grupos de movimiento de las estrellas en el catálogo de CARMENCITA, es por tanto, una forma de saber la edad de la estrella y así poder determinar “a priori”, si la estrella pueda albergar algún exoplaneta que sea susceptible de ser detectado por CARMENES. En la Tabla 3.1 aparecen las estrellas de las cuales se tiene información en la bibliografía, de a qué grupo de movimiento pertenecen.

Antes de continuar tenemos que definir qué es un grupo de movimiento. Cuando los remanentes de una asociación de estrellas se mueven por la galaxia con un poco de coherencia, entonces decimos que las estrellas pertenecen a un grupo de movimiento.

Desafortunadamente, hay muy pocas estrellas de CARMENCITA que se hayan identificado en alguno de los grupos de movimiento que existen hoy en día. De todos

Tabla 3.1: Estrellas en grupos de movimiento en CARMENCITA.

Grupo de Movimiento Cúmulo	Karmn	Tipo esp.	$pEW(H\alpha)$ [Å]	$v \sin i$ [m s ⁻¹]	P [d]	Edad [Ma]
Taurus ^{a,b}	J04206+272	M 4.5 V	No	No	No	1-2
	J04313+241	M 4.5 V	No	Si	No	
	J04433+296	M 5.0 V	No	No	No	
TW Hydrae ^c	J11477+008	M 4.0 V	Si	Si	No	8
	J13196+333	M 1.5 V	Si	Si	No	
	J13457+148	M 1.5 V	Si	Si	No	
β Pictoris ^d	J00325+074	M 4.0 V	Si	Si	No	12
	J04376-024	M 1.1 V	Si	Si	Si	
	J05019+011	M 4.0 V	Si	No	No	
	J07295+359	M 1.5 V	Si	Si	No	
	J09362+375	M 0.5 V	Si	Si	No	
	J10359+288	M 3.0 V	No	No	No	
	J21185+302	M 1.5 V	Si	Si	No	
	J21376+016	M 4.5 V	Si	No	Si	
AB Doradus ^{e,d}	J00489+445	M 3.0 V	No	No	Si	50
	J03332+462	M 0.0 V	No	No	No	
	J03473-019	M 3.5 V	Si	No	Si	
	J05599+585	M 4.0 V	No	No	No	
	J10043+503	M 2.5 V	No	Si	Si	
	J22234+324	M 1.0 V	Si	Si	No	
	J23060+639	M 0.0 V	Si	No	Si	
Castor ^f	J05322+098	M 3.5 V	Si	Si	Si	200
	J07319+362N	M 4.0 V	Si	Si	No	
	J07319+362S	M 2.5 V	Si	Si	No	
	J07346+318	M 1.0 V	Si	No	Si	
	J07361-031	M 1.0 V	No	No	Si	
	J08298+267	M 6.5 V	Si	Si	No	
	J08316+193N	M 4.0 V	Si	Si	No	
	J08316+193S	M 3.5 V	Si	No	Si	
	J10196+198	M 3.0 V	Si	Si	Si	
	J18548+109	M 3.5 V	No	No	No	
	J18554+084	M 3.5 V	Si	Si	No	
	J21584+755	M 0.5 V	No	Si	No	
	J22012+283	M 4.0 V	Si	Si	Si	
	J22058-119	M 0.0 V	No	No	No	
	J22160+546	M 4.0 V	Si	No	No	
	J23083-154	M 0.0 V	Si	Si	Si	
	J23318+199E	M 3.5 V	Si	Si	No	
J23318+199W	M 4.5 V	Si	Si	Si		
Ursa Major ^g	J11026+219	M 2.0 V	No	Si	No	500
Hyades Group ^h	J17198+265	M 4.5 V	Si	Si	Si	~600
	J17199+265	M 3.5 V	Si	Si	Si	
Hyades Cluster ⁱ	J04123+162	M 3.5 V	No	Si	No	~600
	J04238+149	M 3.5 V	No	No	No	

Referencias: *a)* Bertout et al. (2006). *b)* Rebull et al. (2010). *c)* Reid (2002). *d)* Schlieder, J. E. et al. (2012). *e)* Zuckerman et al. (2004). *f)* Caballero, J. A. (2010). *g)* Soderblom, D. R. (1993). *h)* Giclas, H. L. et al. (1962). *i)* Stern et al. (1995).

los grupos de movimiento que se tienen constancia, AB Doradus, Castor, TW Hydrae, Taurus y β Pictoris son los únicos en los que se han encontrado alguna estrella del catálogo.

Este hecho es muy interesante para el estudio de la evolución y formación de planetas, ya que tenemos estrellas de muy diversa consideración. Grupos más bien jóvenes, en los que se están empezando a formar los planetas gaseosos; de edad intermedia, en los que planetas gigantes gaseosos deberían de ser un hecho y planetas telúricos estarían empezando a formarse y por último tenemos al grupo TW Hydrae, que contiene estrellas con edades avanzadas, lo que indicaría que la probabilidad de que se haya formado un planeta tipo-Tierra es grande. El inconveniente de todo este razonamiento es que la mayor parte de nuestras estrellas del catálogo no tienen un grupo de movimiento asociado y no tienen una edad conocida.

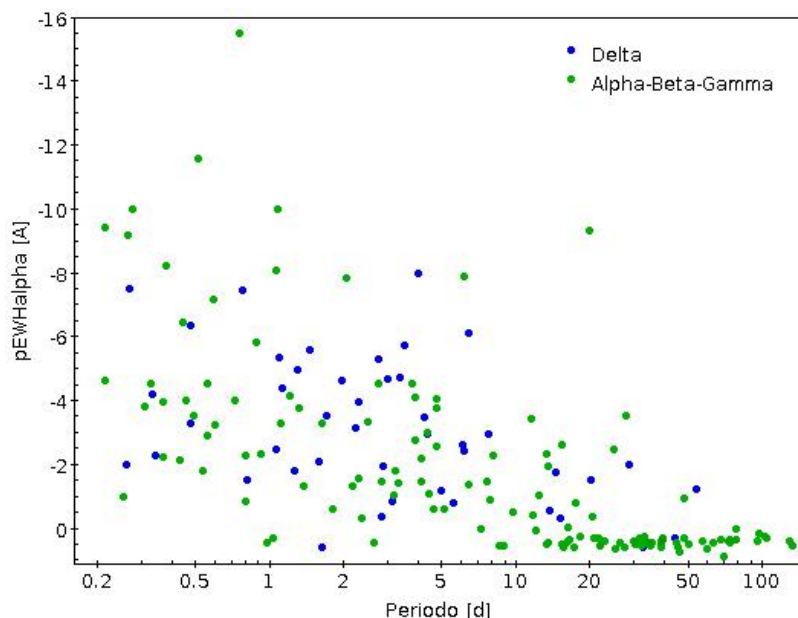


Figura 3.4: Relación entre el periodo de rotación de una estrella y su índice de actividad estelar $H\alpha$. El eje que mide el periodo, está en escala logarítmica, para apreciar visualmente la nube de puntos a periodos altos de rotación.

El denominado “*Bombardeo Tardío Masivo*” (Late Heavy Bombardment, LHB) ocurrió en nuestro Sistema Solar hace aproximadamente 700 Ma. La teoría más aceptada relaciona la migración de los planetas gaseosos con el LHB, provocado por la perturbación de las órbitas de los objetos en el cinturón de asteroides (Gomes et al. 2005). Por supuesto, este fenómeno no es una característica única de nuestro sistema de planetas. El momento en el que se produzca el LHB depende de la cantidad de gas en la nube de la cual se formó la estrella y la probabilidad de que un planeta se forme. Si tenemos en cuenta que el tiempo medio de formación de un planeta gigante está entre 10 y 100 Ma (los más rápidos), esto implicaría que las estrellas en los grupos AB Doradus, Castor y Ursa Major, podrían estar en alguna fase del LHB.

3.3. Velocidad rotacional y parámetros estelares

En el proyecto MEarth hemos podido encontrar muchos de los periodos (Tabla A.2), pero la gran mayoría de las observaciones realizadas están aún sin procesar y por ese motivo el número de datos encontrados es menor de lo esperado. Todas las referencias a las medidas de los periodos están dispuestos en la columna Refs. de la tabla citada, para evitar una saturación innecesaria en el texto.

Mientras que las estrellas M se dirigen hacia la secuencia principal están colapsando, lo que implica una disminución del momento de inercia. Si suponemos que el momento angular se conserva en la estrella, la velocidad angular de la misma aumentará mientras dure la contracción. Este proceso se da hasta que la estrella alcanza la ZAMS (zero age main-sequence), momento en el cual, se inicia la pérdida de velocidad angular. Esta pérdida puede estar relacionada con la interacción de la estrella con el disco protoplanetario y vientos estelares, pero es aún objeto de estudio.

Este fenómeno se pone de manifiesto en la Fig. 3.4, donde podemos observar que

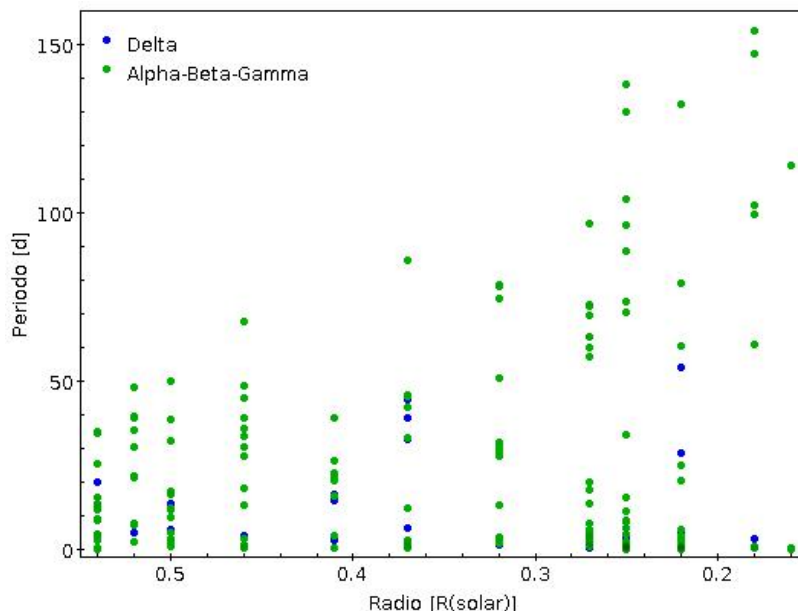


Figura 3.5: En esta gráfica se expresa la relación que existe entre el radio de la estrella y el periodo de rotación de la misma.

las estrellas más jóvenes (periodo de rotación más corto) tienen una gran actividad en el índice $H\alpha$. A medida que la estrella evoluciona y el periodo de rotación es mayor, observamos como en las estrellas tiende a estabilizarse la actividad y se agrupan en una zona de la gráfica más plana, donde el fenómeno principal es la absorción de $H\alpha$ en vez de emisión.

De entre todas las estrellas de la gráfica, tenemos que hacer especial mención a **V647 Her (J17199+265)**, ya que su valor de actividad $H\alpha$ está muy por encima de lo que se espera para una estrella con un periodo como el suyo ($H\alpha = -9.32 \text{ \AA}$ y $P = 19.80 \text{ d}$). Su valor se ha obtenido de la base de datos de Lépine et al. (2013), mientras que si comparamos con otros valores obtenidos con anterioridad, como por ejemplo Walkowicz et al. (2009), en el que se obtiene un valor $H\alpha = -1.48 \text{ \AA}$, podemos suponer que en el momento en el que la estrella fue medida por última vez, se podría encontrar en un proceso de alta actividad transitoria.

Hay que aclarar un punto importante, y es que cuando hablamos de periodos de las estrellas, nos referimos al periodo de rotación del astro, sin importar que se encuentre en un sistema binario o múltiple. Esto es por dos motivos: en primer lugar, porque si la estrella o estrellas compañeras están lo suficientemente lejos, no interferirán en las medidas y estaremos obteniendo el periodo de rotación de la estrella y no del sistema. En segundo lugar, si las estrellas están lo suficientemente cerca como para que su periodo orbital sea comparable al de rotación, tampoco sería un problema, porque se produce un acoplamiento de marea, es decir, el periodo de rotación de la estrella y el de traslación orbital se sincronizan, lo que implica que en cualquier caso estaremos midiendo el periodo de rotación de la estrella.

Aclarado este punto, nos fijamos en la Fig. 3.5. En esta gráfica se expresa la relación entre el radio teórico de la estrella (A. Reiners, priv. comm.) asociado a su tipo espectral (Tabla 3.2) y su periodo, de la que podemos obtener una primera conclusión: las estrellas enanas de tipo M rotan más despacio cuanto más pequeña es la estrella.

Tabla 3.2: Datos teóricos para la temperatura efectiva y el radio de estrellas enanas de tipo espectral M.

Tipo Esp.	T _{eff} [K]	R [R _☉]
M0.0V	3850	0.54
M0.5V	3790	0.52
M1.0V	3720	0.50
M1.5V	3650	0.46
M2.0V	3580	0.41
M2.5V	3520	0.37
M3.0V	3470	0.32
M3.5V	3420	0.27
M4.0V	3370	0.25
M4.5V	3310	0.22
M5.0V	3200	0.18
M5.5V	3070	0.16
M6.0V	2900	0.13
M6.5V	2720	0.12
M7.0V	2620	0.11
M7.5V	2550	0.11
M8.0V	2490	0.10
M8.5V	2440	0.10
M9.0V	2400	0.10
M9.5V	2350	0.10

Este fenómeno ya ha sido observado previamente por otros autores con catálogos de estrellas mucho más amplios, como es el caso de las 34,030 estrellas de *Kepler* estudiadas en McQuillan et al. (2013, 2014).

3.3.1. Velocidad ecuatorial

Como ya hemos mencionado en el capítulo anterior, la velocidad rotacional medida desde tierra, es decir, su proyección, y la velocidad ecuatorial, están relacionadas por la inclinación del ecuador de la estrella. La inclinación, es por tanto, un parámetro de la estrella que, *a priori*, no conocemos, pero que podemos estimar mediante la suposición teórica de un radio estelar, del que ya hemos hablado en la sección anterior.

El resultado que se obtendría no es más que una estimación grosera, debido a los grandes errores asociados a esta medida, pero que puede ayudar mucho cuando se trata de seleccionar las mejores estrellas de entre un millar. Por otro lado, también puede ser muy aconsejable esta estimación, para saber qué método podemos aplicar en la detección de exoplanetas, ya que las estrellas con una inclinación muy baja ($\sim 90^\circ$) son susceptibles de ser estudiadas con el método de los tránsitos, mientras que las estrellas que en una primera aproximación no cumplan este requisito, sería mejor utilizar la técnica de la medida de la velocidad radial para la detección de sus exoplanetas (Fig. 3.6).

Para poder estimar algún valor de la inclinación de las estrellas, utilizamos la relación de la física clásica que relaciona el periodo, el radio de la estrella y su velocidad radial:

$$v \sin i = \frac{2\pi R}{P} \sin i \quad (3.2)$$

de donde:

$$\sin i = \frac{P}{2\pi R} (v \sin i) \quad (3.3)$$

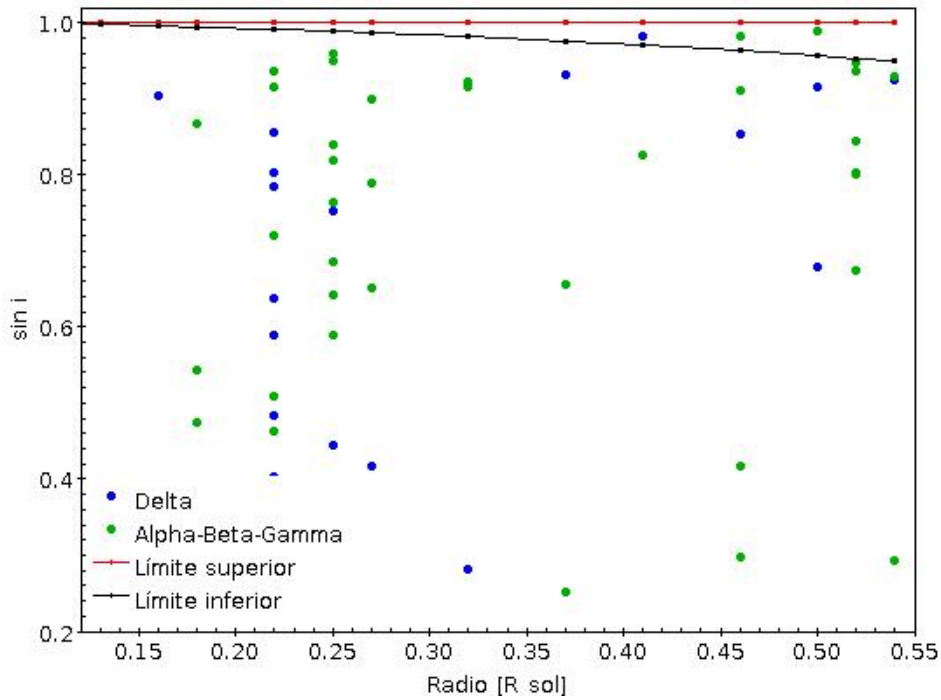


Figura 3.6: Gráfica comparativa del radio de la estrella con la inclinación dada por el $\sin i$. Para calcular los límites superior (rojo) e inferior (negro), se ha variado la distancia estrella-planeta (a en la ecuación 3.5). Para ello, en el más desfavorable suponemos una distancia a su estrella de 0.12 au, y para el caso más favorable, una distancia de 0.01 au. Siempre contando con una probabilidad de transición del 80%. El límite inferior hace referencia a la zona de habitabilidad de la estrella, donde la superficie del planeta permitiría la presencia de agua líquida ($T_{sup} = 273 - 373^\circ \text{C}$).

El periodo es difícil de estimar con la fotometría debido a que la actividad estelar es muy intensa, lo que implica que las manchas estelares puedan tener periodos menores que los de la rotación de la estrella. Esto conlleva un error considerable en la medida de periodos, de hasta el 10% según el caso, tal y como se aprecia en la Tabla A.2. Conocida la velocidad radial proyectada en la dirección de observación ($v \sin i$), el periodo y el radio teórico asociado a su tipo espectral, podemos hacer una estimación de la inclinación (Tabla 3.3).

Tabla 3.3: Estrellas que cumplen las condiciones para ser observada mediante tránsitos.

Karmn	SIMBAD	SpT	R	$\sin i$	i
			$[R_\odot]$		$[\text{deg}]$
J13007+123*	DT Vir AB	M2.0V	0.41	0.982645	± 79.3
J05068-215E	BD-21 1074 A	M1.5V	0.46	0.982719	± 79.3
J00428+355	FF And	M1.0V	0.50	0.987851	± 81.1

Nota: (*) Estrella binaria. El signo \pm en la inclinación, se debe a que la función seno es bi-valuada.

Estudiar una estrella mediante tránsitos para la detección de exoplanetas, depende de varios factores. En primer lugar, depende de la inclinación de la órbita del planeta alrededor de la estrella. En segundo lugar, hay un factor temporal debido al periodo de la órbita del planeta. Y un tercer factor que depende de la sensibilidad en el método de detección, ya que la variación de magnitud es la suma del tamaño del exoplaneta y las características técnicas del telescopio utilizado. El segundo factor puede minimizarse monitorizando la estrella a lo largo del tiempo. En cuanto al tercer factor, va disminuyendo en importancia a medida que se mejora la instrumentación. El factor más importante es la perspectiva geométrica del problema.

La probabilidad de tránsito es una cuestión de geometría, que podemos expresar como la probabilidad de que transite, teniendo en cuenta el ángulo de inclinación definido entre R_1 y R_2 , dividido entre todas las inclinaciones posibles:

$$P_{\text{tran}} = \frac{\int_0^{\frac{(R_1+R_2)}{a}} d(\cos i)}{\int_0^1 d(\cos i)} = \frac{R_1 + R_2}{a} \quad (3.4)$$

donde R_1 es el radio de la estrella, R_2 es el radio del exoplaneta y a el semieje mayor. Si tenemos en cuenta que $R_1 \gg R_2$, la ecuación se simplifica aún más $P_{\text{tran}} \simeq R_1 a^{-1}$.

Por otro lado, nos interesa diferenciar entre las estrellas que pueden ser observadas por tránsitos y las que no. Para ello utilizamos el criterio de que siempre que la probabilidad de tránsito sea superior al 80 %, esa estrella será susceptible de ser estudiada mediante dicho método. Para ello utilizaremos:

$$P_{\text{tran}}(80\%) = \frac{\int_0^{\frac{R_1}{a}} d(\cos i)}{\int_0^x d(\cos i)} \quad \rightarrow \quad x = 1.25 \frac{R_1}{a} \quad (3.5)$$

donde x quiere decir $\cos i$. Hemos supuesto el caso de que $R_1 \gg R_2$.

En la Tabla 3.3 se muestran los resultados más interesantes para que un estudio posterior realice un seguimiento detallado. **J13007+123** es una estrella binaria, lo que le confiere un interés especial dado que hay pocas estrellas de estas características a las que se le hayan encontrado un planeta, como es el caso de CM Dra AB (Deeg et al. 2008).

Capítulo 4

Conclusiones

- Se ha indagado en la base de datos de VizieR y en más de cincuenta artículos individuales para recopilar una cantidad importante de información para el catálogo CARMENCITA. En particular, se han recopilado 172 periodos de rotación de estrellas, 93 medidas de $v \sin i$, 36 medidas de la cantidad R'_{HK} y 481 nuevas medidas de $pEW(H\alpha)$.
- Hemos presentado una lista de 44 estrellas de CARMENCITA pertenecientes a distintos grupo de movimiento. Con ello tenemos una muy buena estimación de la edad de la estrella (Tabla 3.1).
- Con los datos recopilados, se han representado el índice de actividad $pEW(H\alpha)$ frente al periodo (Fig. 3.4), donde se ha obtenido una estrella, **V647 Her**, con un valor por encima de lo esperado.
- En cuanto al índice de actividad R'_{HK} , con los datos obtenidos es anecdótica cualquier relación que pueda observarse en las gráficas de la Fig. 3.3.
- Se presentan también los resultados que relacionan la velocidad rotacional ($v \sin i$), el periodo y el radio de la estrella, para obtener la inclinación del eje de rotación de la estrella (Fig. 3.6).
- Hallada la relación anterior, podemos obtener los ángulos de inclinación de estrellas que sean susceptibles de ser observadas mediante tránsitos (Tabla 3.3). La complejidad del sistema para que ocurra un tránsito da como resultado 3 posibles estrellas para un estudio posterior más en profundidad (**DT Vir AB**, **BD-21 1074 A** y **FF And**).
- Este trabajo, junto con trabajos de los otros estudiantes de CARMENES, ha dado pie a la publicación, hasta la fecha, del póster¹: “Cool Stars 18”, The 18th Cool Stars, Stellar Systems and the Sun workshop (9 – 13 June 2014, Flagstaff, Arizona, USA).

¹<http://www2.lowell.edu/workshops/coolstars18/abstracts-posters/poster-abstract-286.html>

Bibliografía

- Antonova, A., Hallinan, G., Doyle, J. G., et al. 2013, A&A, 549,A131
- Basri, G. & Marcy, G. W. 1995, AJ 109:762
- Berta, Z.K., Charbonneau, D., Bean, J., et al. 2011, ApJ, 736,12
- Bertout, C. & Genova, F. 2006, A&A, 1,1
- Barrado y Navascués, David & Martín & Eduardo 2003, AJ, 126,2997
- Bidelman, W. P. 1988, Bulletin d'Information du Centre de Donnees Stellaires, 34,35
- Bergfors, C., Brandner, W., Janson, M., et al. 2010, A&A, 520,A54
- Browning, M. K., Basri, G., Marcy, G. W., et al. 2010, A&A, 520,91
- Caballero, J. A. 2010 A&A, 514,A98
- Caballero, J. A., Montes, David, et al. 2010, A&A, 520,A91
- Chugainov, P. F. 1974, Krym. Astrof. Obser., 52,3
- Deeg, H. J., Ocaña, B., Kozhevnikov, V. P., et al. 2008, A&A, 480,563
- Delfosse, X., Forveille, T., Beuzit, J.L., et al. 1999, A&A, 344,897
- Deshpande, R., Martín, E. L., Montgomery, M. M., et al. 2012, AJ, 144,99
- Devor J., Charbonneau D., O'donovan F.T., et al. 2008, AJ, 135,850
- Herrero, E., Ribas, I., Jordi, C., et al. 2012, A&A, 537,A147
- Giacobbe, P., Damasso, M., Sozzetti, A., et al. 2012, MNRAS, 424,3101
- Giclas, H. L., Burham, R., Thomas, N. G. Jr. 1962 Lowell Observatory, 118,V-18
- Gizis, John E., Reid, I. Neill & Hawley, Suzanne L. 2002, AJ, 123,3356
- Głeboccki, R., Gnaciński, P. 2005, yCat, 3244
- Gomes, R., Levison, H. F., Tsiganis, K. & Morbidelli, A. 2005, Nature, 435,466
- Hartman, J. D., Bakos, G., et al. 2004, AJ, 128,1761
- Hartman, J. D., Bakos, G., et al. 2010, MNRAS, 408,475
- Hartman, J. D., Bakos, G., et al. 2011, AJ, 141,166
- Hawley, S. L., Gizis, J. E. & Reid, I. N. 1996, AJ, 112,2799
- Herrero, E., Ribas, I., Jordi, C., et al. 2012, A&A, 537,A147
- Holgado, G. 2014, MSc thesis, Universidad Complutense de Madrid, Spain
- Houdebine, E. R. 2010, NMRAS, 407,1657
- Hunt-Walker, N. M., Hilton, E. J., Kowalski, A. F., et al. 2012, ASP, 124,545
- Irwin, J, Zachory, B. K., Burke, C. J., et al. 2010, ApJ, 747,56
- Jenkins J. S., Ramsey L. W., Jones, H.R.A., et al. 2009, ApJ, 704,975
- Kiraga, M. 2012, Acta Astron., 62,67
- Kiraga, M. & Stepień K. 2007, Acta Astron., 57,149
- Kiraga, M. & Stepień K. 2013, Acta Astron., 63,53
- Koen, C. & Eyler, L. 2002, NMRAS, 331,45
- Korhonen, H., Vida, K., Husarik, M., et al. 2010, Atron. Nach., 331,772
- Lépine, S., Hilton, Erin J., Mann, A. W., et al. 2013, AJ, 145,102
- Norton, A. J., Wheatley, P. J. , West, R. G., et al. 2007, A&A, 467,785
- Martínez-Rodríguez, H. 2014, MSc thesis, Universidad Complutense de Madrid, Spain
- Mayer, M. & Queloz, D. 1995, Nature, 378,355

- Messina, S., Desidera, S., Turatto, M., et al. 2010, *A&A*, 520,A15
- McQuillan, A., Aigrain, A. & Mazeh, T. 2013, *MNRAS*, 432,1203
- McQuillan, A., Mazeh, T., Aigrain, S. 2014, *ApJS*, 211, 24
- Montagnier, G., Ségransan, D., Beuzit, J. L., et al. 2006, *A&A*, 460,L19
- Phan-Bao, N. & Bessel, M. S. 2006, *A&A*, 446,515
- Plavec, M. 1960, *Astron. Inst. Czechoslovak*, BAC11,197
- Pojmański, G. 2002, *Acta Astron.*, 52,397
- Poveda, A., Herrera, M. A. et al. 1993, *A&A*, 28,43
- Quirrenbach, A., Amado, P. J., Caballero, J. A., et al. 2012, *SPIE*, 276,545
- Rebull, L. M., Padgett, D. L., McCabe, C. E., et al. 2010, *ApJS*, 186,259
- Reid, N. 2002, *MNRAS*, 342,847
- Reid, I.N., Cruz, K.L., Allen, P., et al. 2004, *AJ*, 128,463
- Reiners, A. 2007, *A&A*, 467,259
- Reiners, A., Joshi, A.& Goldman, B. 2012, *AJ*, 143,93
- Schlieder, J. E., Lépine, S. & Simon, M. 2010, *AJ*, 140,119
- Schlieder, J. E., Lépine, S. & Simon, M. 2012, *AJ*, 144,109
- Shkolnik, E., Liu, M. C. & Reid, I. N. 2009, *ApJ*, 699,649
- Shkolnik, E., Andrada-Escudé, G., et al. 2012, *ApJ*, 758,56
- Soderblom, D. R. & Mayor, M. 1993, *AJ*, 105,1
- Stauffer, J. R. & Hartmann, L. W. 1986, *ApJS*, 61,531
- Stern, Robert A., Schmitt, Juergen H. M. M. & Kahabka, Peter T. 1995, *ApJ*, 448,683
- Reid, I. N., Hawley, S. L. & Gizis, J. E. 1995, *AJ*, 110,1838
- Riaz, B., Gizis, J. E. & Harvin, J. 2006, *AJ*, 132,866
- Torres, C. A. O., Quast, G. R., da Silva, L., et al. 2006, *A&A*, 460,695
- Walkowicz, L. M., Hawley, S. L.& Bochanski, J. J. 2009, *AJ*, 137,3297
- West, A. A., Hawley, S. L., Bochanski, J. J., et al. 2008, *AJ*, 135,785
- White, R. J., Gabor, J. M. & Hillenbrand, L. A. 2007, *AJ*, 133,2524
- Wright, J. T., Marcy, G. W., Butler, R. P. & Vogt, S. S. 2004, *ApJS*, 152,261
- Zuckerman, B., Song, I., et al. 2004, *ApJ*, 613,L65

Apéndice A

Tabla de Datos

Tabla A.1: Relación de exoplanetas descubiertos en estrellas M.

Estrella	Exoplaneta	SpT	M [M_{Jup}]	a [au]	P [d]	Método de Detección
GJ 27.1	b	M0.5 V	0.041	0.101	15.82	Velocidad radial
HIP 12961	b	M0 V	0.35	0.13	57.43	
GJ 160.2	b	M0 V	0.032	0.053	5.24	
Gl 163	b	M3.5	0.033	0.060	8.63	
	c		0.023	0.125	25.65	
	d		0.069	1.026	600.89	
GJ 176	b	M2.5 V	0.026	0.066	8.78	
Gl 179	b	M3.5	0.82	2.41	2288.0	
GJ 180	b	M2 V	0.026	0.103	17.38	
	c		0.020	0.129	24.33	
HD 41004 B	b	M2	18.4	0.017	1.32	
GJ 229	b	M1/M2	0.1	0.97	471.0	
GJ 317	b	M3.5	1.8	1.15	691.78	
	c		2.0	30.0	<10000.0	
GJ 3634	b	M2.5	0.022	0.028	2.645	
GJ 422	b	M3.5 V	0.031	0.119	26.16	
GJ 433	b	M1.5	0.0182	0.058	7.37	
	c		0.14	3.6	3693.0	
HIP 57050	b	M4 V	0.298	0.163	41.397	
Gl 581	d	M2.5 V	0.019	0.22	66.64	
	e		0.006	0.028	3.15	
	b		0.05	0.041	5.37	
	c		0.017	0.073	12.92	
HIP 79431	b	M3 V	2.1	0.36	111.7	
Gl 649	b	M1.5	0.328	1.135	598.3	
	c		0.03	0.043	4.48	
GJ 667C	c	M1.5 V	0.0134	0.125	28.13	
	e		0.0085	0.213	62.24	
	f		0.0085	0.156	39.026	
	g		0.0145	0.549	256.2	
	d		0.0218	0.303	106.4	
	b		0.0172	0.050	7.199	

Continúa en la siguiente página

Estrella	Exoplaneta	SpT	M [M_{Jup}]	a [au]	P [d]	Método de Detección
GJ 674	b	M2.5	0.037	0.039	4.69	
GJ 676A	c	M0 V	3.0	5.2	4400.0	
	d		0.014	0.0413	3.6	
	e		0.036	0.187	35.37	
	b		4.95	1.8	1050.3	
Gl 687	b	M3.5 V	0.058	0.164	38.14	
GJ 682	b	M3.5 V	0.014	0.08	17.48	
	c		0.027	0.176	57.32	
KOI-314	c	M1 V	0.003	...	23.01	
HD 208527	b	M1 III	9.9	2.1	875.5	
GJ 849	b	M3.5 V	0.9	2.35	1914.0	
	c		0.77	...	7049.0	
Gliese 876	b	M4 V	2.275	0.208	61.12	
	c		0.714	0.129	30.09	
	d		0.021	0.021	1.94	
	e		0.046	0.334	124.26	
HD 220074	b	M2 III	11.1	1.6	672.1	
GJ 3470	b	M1.5	0.044	0.035	3.34	Tránsitos
GJ 436	b	M2.5	0.037	0.028	2.644	
GJ 1214	b	M	0.02	0.014	1.58	
KOI-314	b	M1 V	0.012	...	13.78	
Kepler-45	b	M	0.505	0.027	2.45	
MOA-2009-BLG-387L	b	M	2.6	1.8	1970.0	Micro lente
OGLE-05-390L	b	M	0.017	2.1	3500.0	
MOA-2010-BLG-328L	b	M	0.029	0.92	...	
MOA-2007-BLG-192-L	b	M	0.01	0.66	...	
2M 0103(AB)	b	M	13.0	84.0	...	Imagen
GU Psc	b	M3	11.0	2000.0	...	
2M 0122-2439	b	M3.5	13.0	52.0	...	
FU Tau	b	M7.25	15.0	800.0	...	
FW Tau	b	M4	10.0	330.0	...	
DH Tau	b	M0.5 V	11.0	330.0	...	
CD-35 2722	b	M1 V	31.0	67.0	...	
2M 044144	b	M8.5	7.5	15.0	...	
CHXR 73	b	M3.25	12.0	200.0	...	
2M1207	b	M8	4.0	46.0	...	
Ross 458(AB)	c	M2 V	8.5	1168.0	...	
UScoCTIO 108	b	M7	16.0	670.0	...	
USco1612-1800	b	M3	26.0	430.0	...	
GSC 6214-210	b	M1	17.0	320.0	...	
Oph 11	b	M9	21.0	243.0	730000.0	
ROXs 12	b	M0	16.0	210.	...	
ROXs 42B	b	M0 D	10.0	140.0	...	

Tabla A.2: Datos Generales del catálogo de CARMENCITA.

Karmn	RA-DE (J2000)	T. stp.	$pEW(H\alpha)$ [Å]	P. [d]	Refs.	$v \sin i$ [ms^{-1}]	$\log(R'_{HK})$
J00051+457	00:05:10.78 +45:47:11.6	M1.0 V	0.47	...	...	2.76	...
J00056+458	00:05:40.90 +45:48:37.5	M0.0 V	-5.85	...	...	5.3± 1.0	-4.715± 0.162
J00081+479	00:08:06.43 +47:57:02.5	M4.0 V	-2.39	4.37	Har11 ^r	...	...
J00136+806	00:13:38.81 +80:39:56.9	M1.5 V	0.13	...	...	4.0	...
J00158+135	00:15:49.20 +13:33:21.9	M3.0 V	0.37	78.5± 7.8	Irw10 ⁿ	...	...
J00162+198W	00:16:14.63 +19:51:37.6	M4.0 V	-4.5 ^{+0.3} _{-0.4}	4.79	Nor07 ⁱ	...	...
J00162+198E	00:16:16.08 +19:51:51.5	M4.0 V	-0.5 ^{+0.1} _{-0.2}	104.0± 31.2	Irw10	...	...
J00183+440	00:18:22.57 +44:01:22.2	M1.0 V	0.0± 0.2	...	...	2.5	...
J00184+440	00:18:25.50 +44:01:37.6	M3.5 V	0.63	...	...	1.9	...
J00219+492	00:21:57.81 +49:12:38.0	M2.5 V	-2.4	6.18	Har11	...	...
J00245+300	00:24:34.78 +30:02:29.5	M4.5 V	-9.98	1.08± 0.02	Irw10	...	...
J00288+503	00:28:53.92 +50:22:33.0	M4.0 V	-5.35	1.09	Har11	...	...
J00324+672N	00:32:29.71 +67:14:08.0	M2.0 V	0.22	...	...	4.0	...
J00325+074	00:32:34.81 +07:29:27.1	M4.0 V	-3.97	...	...	14.7	...
J00341+253	00:34:08.43 +25:23:49.8	M0.0 V	-0.82	3.16	Nor07	10.0± 2.0	...
J00374+515	00:37:25.99 +51:33:07.3	M0.5 V	0.02	7.20	Har11	...	...
J00389+306	00:38:58.79 +30:36:58.4	M2.5 V	0.0± 0.2	...	...	2.5	...
J00395+149S	00:39:33.49 +14:54:18.9	M4.0 V	-1.7± 0.2	34.0± 0.6	Irw10	...	...
J00428+355	00:42:48.21 +35:32:55.4	M1.0 V	-1.34	2.17	Har11	...	...
J00489+445	00:48:58.22 +44:35:09.1	M3.0 V	-4.96	1.30	Har11	...	...
J00505+248	00:50:33.19 +24:49:01.0	M3.5 V	-3.53	1.69	Nor07	...	...
J01013+613	01:01:20.06 +61:21:56.0	M2.0 V	0.41	...	...	4.0	...
J01025+716	01:02:32.13 +71:40:47.6	M3.0 V	0.42	...	...	2.5	...
J01026+623	01:02:38.96 +62:20:42.2	M1.5 V	0.0± 0.2	...	...	2.49	-4.668± 0.207
J01032+200	01:03:14.09 +20:05:52.4	M2.0 V	0.55	...	...	3.0	...
J01033+623	01:03:19.72 +62:21:55.7	M5.0 V	-10.1 ^{+0.4} _{-0.1}	1.06± 0.02	Irw10	...	...
J01036+408	01:03:40.12 +40:51:28.9	M0.0 V	-0.99	0.25	Har11	...	...
J01066+152	01:06:41.52 +15:16:22.9	M2.0 V	0.36	...	...	4.0	...
J01114+154	01:11:25.42 +15:26:21.5	M5.0 V	-8.56	...	...	15.2± 2.4	...
J01125-169	01:12:30.53 -16:59:57.0	M4.5 V	-2.33	...	...	2.5	...
J01133+589	01:13:19.77 +58:55:22.4	M1.5 V	-0.83	0.8	Kir13 ^w	...	...
J01178+054	01:17:53.26 +05:28:25.7	M0.5 V	0.36	...	...	3.16	...
J01221+221	01:22:10.28 +22:09:03.2	M4.5 V	-2.83	...	...	20.0	...
J01383+572	01:38:21.62 +57:13:57.1	M2.5 V	0.53	...	...	4.0	...
J01390-179	01:39:01.20 -17:57:02.7	M5.0 V	-5.0658± 0.3869	...	...	31.5	...
J01433+043	01:43:20.15 +04:19:17.2	M2.0 V	0.32	...	...	2.5	...
J01453+465	01:45:18.20 +46:32:07.8	M2.0 V	-1.46	4.12	Har11	...	...
J01518-108	01:51:48.65 -10:48:12.0	M2.0 V	0.324	...	...	3.0	...
J01518+644	01:51:51.08 +64:26:06.1	M2.5 V	0.54	...	...	4.0	...
J01531-210	01:53:11.33 -21:05:43.3	M1.1 V	-0.38	2.84	Kir12 ^v	...	...
J01593+585	01:59:23.50 +58:31:16.2	M4.0 V	-5.0	...	...	13.8	...
J02002+130	02:00:12.79 +13:03:11.2	M3.5 V	-2.0 ^{+0.2} _{-0.3}	...	...	2.5	...
J02015+637	02:01:35.33 +63:46:11.9	M3.0 V	0.52	...	...	2.5	...
J02022+103	02:02:16.21 +10:20:13.7	M4.5 V	-1.6 ^{+0.5} _{-0.3}	...	...	4.5	...
J02027+135	02:02:44.28 +13:34:33.6	M4.5 V	-7.96	4.01	Shk10 ^P	6.6± 0.3	...
J02050-176	02:05:04.93 -17:36:52.9	M2.5 V	0.303	44.51	Kir07 ^h	3.0	...
J02088+494	02:08:53.60 +49:26:56.6	M3.5 V	-3.76	...	...	30.0	...
J02123+035	02:12:20.91 +03:34:31.1	M1.5 V	0.37	...	...	3.99	-5.402± 0.181
J02171+354	02:17:09.93 +35:26:33.0	M5.0 V	-10.0	0.28± 0.01	Irw10	28.2± 0.7	...
J02207+029	02:20:46.26 +02:58:37.5	M4.5 V	-3.22	...	...	23.3± 0.7	...
J02234+227	02:23:26.64 +22:44:06.9	M0.5 V	-0.62	...	...	6.0± 2.0	...
J02256+375	02:25:38.42 +37:32:34.0	M4.0 V	-2.63	15.29	Har11	...	...
J02362+068	02:36:15.36 +06:52:19.1	M4.0 V	-0.5± 0.2	...	...	2.5	...
J02442+255	02:44:15.38 +25:31:25.0	M3.0 V	0.2702± 0.006	...	...	2.5	...
J02443+109W	02:44:21.38 +10:57:41.2	M1.0 V	-1.41	3.32	Poj02 ^f	...	...
J02524+269	02:52:25.02 +26:58:30.5	M1.0 V	0.44	...	...	4.0	...
J02565+554W	02:56:34.35 +55:26:14.5	M1.0 V	0.56	...	...	4.0	...
J02565+554E	02:56:35.07 +55:26:30.2	M3.0 V	0.48	...	...	4.0	...
J03018-165S	03:01:51.43 -16:35:35.7	M3.5 V	-1.25	...	...	3.0	...
J03104+584	03:10:26.49 +58:26:08.7	M1.0 V	0.29	...	...	4.0	...
J03133+047	03:13:22.99 +04:46:29.4	M5.0 V	-1.4349± 0.1262	102.0± 30.6	Irw10	...	...
J03167+389	03:16:46.13 +38:55:27.4	M3.5 V	0.0± 0.2	63.18	Har11	...	...
J03181+382	03:18:07.42 +38:15:08.2	M1.5 V	0.43	...	...	2.53	...
J03186+326	03:18:38.31 +32:39:57.1	M0.0 V	0.47	...	...	4.0	...
J03213+799	03:21:21.76 +79:58:02.2	M2.0 V	0.34	...	...	4.0	...
J03224+271	03:22:28.12 +27:09:21.9	M0.0 V	0.49	15.32	Har11	...	...
J03242+237	03:24:12.81 +23:46:19.3	M2.0 V	0.33	20.63	Har10	...	...
J03267+192	03:26:44.96 +19:14:40.3	M4.5 V	-4.02	0.45	Har10	21.9± 0.6	...
J03272+273	03:27:14.33 +27:23:08.8	M1.0 V	-0.5	9.69	Har11	...	...
J03284+352	03:28:29.22 +35:15:19.9	M2.0 V	0.46	26.41	Har11	...	...
J03288+264	03:28:49.58 +26:29:12.2	M3.0 V	-1.8	3.23	Har11	...	...
J03366+034	03:36:40.84 +03:29:19.5	M4.5 V	-4.53	0.33	Kir12	...	...
J03372+691	03:37:14.08 +69:10:49.8	M3.5 V	-7.43	0.77	Irw09 ^k	...	...
J03375+178N	03:37:33.32 +17:51:14.6	M2.0 V	-1.4 ^{+0.4} _{-0.2}	16.36± 0.02	Har10 ^m	...	...
J03375+178S	03:37:33.87 +17:51:00.5	M3.5 V	-6.8 ^{+0.6} _{-0.5}	0.48	Har10	...	...
J03437+166	03:43:45.22 +16:40:02.7	M1.0 V	0.46	...	...	3.7	...
J03445+349	03:44:30.94 +34:58:23.7	M0.0 V	0.43	13.56	Har11	...	...
J03463+262	03:46:20.12 +26:12:56.0	M0.0 V	0.41	...	...	1.8	...
J03473-019	03:47:23.33 -01:58:19.5	M3.5 V	-3.7 ^{+0.4} _{-0.2}	3.88	Kir12	...	...
J03479+027	03:47:58.09 +02:47:16.2	M0.5 V	0.51	...	...	2.93	...
J03510-008	03:51:00.05 -00:52:45.3	M6.0 V	-6.86	...	...	6.5	...
J03526+170	03:52:41.69 +17:01:05.7	M4.5 V	0.01± 0.01	78.8± 7.9	Irw10	...	...
J03548+163	03:54:53.20 +16:18:56.4	M4.0 V	-8.6 ^{+0.7} _{-0.4}	...	...	12.5	...
J03565+319	03:56:33.08 +31:57:24.8	M3.5 V	-4.7 ^{+0.6} _{-0.3}	5.85	Har11	...	...
J03567+039	03:56:47.39 +53:33:36.9	M1.5 V	-2.2± 0.2	...	...	4.0	...
J03574-011	03:57:28.92 -01:09:23.4	M2.0 V	-2.2± 0.2	...	...	10.0	...
J04056+057	04:05:38.89 +05:44:40.8	M3.5 V	-5.6	1.46	Kir12	...	...
J04086+336	04:08:37.43 +33:38:13.4	M0.5 V	0.48	...	...	2.35	...
J04123+162	04:12:21.73 +16:15:03.3	M3.5 V	-2.5± 0.3	...	...	15.0	...
J04148+277	04:14:53.49 +27:45:28.4	M3.5 V	-0.77	17.57	Har11	...	...

Continúa en la siguiente página

Karmn	RA-DE (J2000)	T. stp.	$pEW(H\alpha)$ [Å]	P. [d]	Refs.	$v \sin i$ [ms^{-1}]	$\log(R'_{HK})$
J04153-076	04:15:21.73 -07:39:17.4	M4.5 V	$-5.0^{+0.4}_{-0.5}$	...	...	5.5	...
J04199+364	04:19:59.64 +36:29:11.3	M1.5 V	0.51	30.64	Har11	...	...
J04252+172	04:25:13.53 +17:16:05.6	M3.5 V	-7.0 ± 0.4	...	...	11.5	...
J04304+398	04:30:25.27 +39:51:00.1	M4.5 V	-4.0	0.72± 0.01	IrW10	...	...
J04310+367	04:31:00.10 +36:47:54.8	M3.0 V	$-3.2^{+0.4}_{-0.2}$	13.26	Har11	...	...
J04311+589	04:31:11.48 +58:58:37.6	M4.0 V	0.38	...	...	2.0	...
J04313+241	04:31:23.82 +24:10:52.9	M4.5 V	$-9.5^{+0.6}_{-0.5}$	...	...	16.3	...
J04350+086	04:35:02.56 +08:39:30.5	M1.0 V	-0.43	11.76	Kir12	...	...
J04352-161	04:35:16.13 -16:06:57.5	M7.0 V	-2.19 ± 0.20	...	...	12.0 ± 3.0	...
J04376-024	04:37:37.46 -02:29:28.2	M1.1 V	-1.79 ± 0.20	6.1	Mes10 ^o	6.5	...
J04376-110	04:37:41.88 -11:02:19.8	M1.5 V	0.45 ± 0.01	...	...	2.5	...
J04382+282	04:38:12.56 +28:13:00.1	M4.0 V	-4.17	0.34	Har11	30.0	...
J04393+335	04:39:23.20 +33:31:49.4	M4.0 V	$-11.2^{+0.7}_{-0.4}$	0.89	Har11	...	...
J04403-055	04:40:23.25 -05:30:08.3	M6.0 V	-19.11 ± 0.21	...	...	19.6 ± 2.0	...
J04413+327	04:41:23.88 +32:42:22.8	M4.0 V	$-0.4^{+0.2}_{-0.1}$	6.52	Har11	...	...
J04429+189	04:42:55.81 +18:57:28.5	M2.0 V	0.4	38.92	Kir07	...	...
J04480+170	04:48:00.87 +17:03:21.6	M0.5 V	0.07	...	...	8.0	...
J04494+484	04:49:29.47 +48:28:45.9	M4.0 V	-5.5 ± 0.5	2.49	Har11	...	...
J04520+064	04:52:05.73 +06:28:35.6	M3.5 V	0.31	...	...	2.5	...
J04538-177	04:53:49.95 -17:46:23.5	M2.0 V	0.372	...	...	2.5	...
J04559+046	04:55:54.46 +04:40:16.4	M2.0 V	$-3.3^{+0.3}_{-0.2}$	...	...	3.6	...
J04587+509	04:58:45.99 +50:56:37.9	M0.5 V	0.45	30.47	Har11	4.0	...
J04595+017	04:59:34.83 +01:47:00.7	M0.0 V	-1.65 ± 0.14	4.41	Kir12	8.7 ± 0.9	-4.08 ± 0.15
J05019+099	05:01:58.81 +09:58:58.8	M4.0 V	-6.13	6.43	Kir12	...	...
J05034+531	05:03:24.02 +53:07:41.2	M0.5 V	0.47	...	...	4.0 ± 5.2	-4.811 ± 0.148
J05062+046	05:06:12.93 +04:39:27.2	M4.0 V	$-10.0^{+0.6}_{-0.2}$	0.89	Kir12	26.0	...
J05068-215E	05:06:49.47 -21:35:03.8	M1.5 V	-1.94 ± 0.15	13.3	Kir07	5.3	...
J05068-215W	05:06:49.92 -21:35:09.2	M3.5 V	-5.48 ± 0.57	...	...	5.3	...
J05078+179	05:07:49.24 +17:58:58.4	M3.0 V	0.39	...	...	3.0	...
J05103+488	05:10:22.08 +48:50:32.7	M2.5 V	0.62	32.69	Har11	...	...
J05127+196	05:12:42.23 +19:39:56.6	M2.0 V	0.21	...	...	2.5	...
J05280+096	05:28:00.15 +09:38:38.3	M3.5 V	0.44	...	...	4.0	...
J05282+029	05:28:14.60 +02:58:14.3	M3.0 V	0.3	...	...	3.0	...
J05314-036	05:31:27.35 -03:40:35.7	M1.5 V	0.0 ± 0.3	33.61	Kir07	1.5	...
J05322+098	05:32:14.67 +09:49:15.0	M3.5 V	-1.47	7.59	Shk10	10.0	...
J05337+019	05:33:44.81 +01:56:43.4	M2.5 V	-4.98	...	...	10.0	...
J05341+512	05:34:08.70 +51:12:56.6	M0.5 V	0.31	39.19	Har11	...	...
J05341+475	05:34:10.64 +47:32:03.3	M2.5 V	-1.02	12.35	Har11	...	...
J05342+103N	05:34:15.14 +10:19:14.2	M3.0 V	0.0 ± 0.2	...	...	4.0	...
J05348+138	05:34:52.12 +13:52:47.2	M3.5 V	0.31	...	...	2.5	...
J05360-076	05:36:00.08 -07:38:58.1	M4.0 V	0.02	...	...	4.0	...
J05365+113	05:36:30.99 +11:19:40.2	M0.0 V	0.07	10.04	Kir12	...	...
J05402+126	05:40:16.09 +12:39:00.8	M1.0 V	-2.07	1.58	Kir12	...	...
J05415+534	05:41:30.73 +53:29:23.9	M1.0 V	0.0 ± 0.2	...	...	1.98	...
J05421+124	05:42:08.98 +12:29:25.3	M3.5 V	-0.5 ± 0.3	...	...	2.5	...
J05596+585	05:59:37.75 +58:35:35.1	M0.5 V	0.0 ± 0.3	...	...	2.6	...
J06000+027	06:00:03.51 +02:42:23.6	M4.0 V	-0.59	1.81 ± 0.02	IrW10	7.4	...
J06011+595	06:01:11.07 +59:35:50.8	M3.5 V	0.46	...	...	2.5	...
J06024+498	06:02:29.18 +49:51:56.2	M5.0 V	$-0.6^{+0.2}_{-0.3}$	99.6 ± 10.0	IrW10	4.3 ± 1.2	...
J06071+335	06:07:11.79 +33:32:37.3	M2.5 V	0.59	45.49	Har11	...	...
J06103+821	06:10:19.78 +82:06:25.7	M2.0 V	0.62	...	...	2.5	...
J06105-218	06:10:34.62 -21:51:52.2	M0.5 V	0.499 ± 0.014	...	...	2.63	...
J06171+751	06:18:07.30 +75:06:03.3	M2.0 V	-1.81	0.54	Kir13	...	...
J06218-227	06:21:53.85 -22:43:24.2	M1.0 V	0.604	17.29	Koe02 ^e	...	...
J06246+234	06:24:41.32 +23:25:58.6	M4.0 V	0.0 ± 0.4	...	...	3.1	...
J06293-028	06:29:23.39 -02:48:50.0	M4.5 V	-3.99	...	...	5.4	...
J06318+414	06:31:50.74 +41:29:45.9	M5.0 V	-9.26	...	...	39.6	...
J06322+378	06:32:15.06 +37:48:12.8	M1.5 V	0.24	18.21	Har11	...	...
J06467+159	06:46:45.73 +15:57:42.2	M1.0 V	-0.61	5.08	Kir12	Kir12	...
J06548+332	06:54:49.03 +33:16:05.9	M3.0 V	0.25 ± 0.03	...	...	2.5	...
J06579+623	06:57:57.04 +62:19:19.7	M4.5 V	-1.24	54.2 ± 5.4	IrW10	3.7	...
J07039+527	07:03:55.65 +52:42:07.6	M5.0 V	0.48	...	...	4.7 ± 0.6	...
J07100+385	07:10:01.80 +38:31:45.8	M4.5 V	-0.77	5.59	Har11	6.3	...
J07121+522	07:12:11.39 +52:16:24.8	M1.0 V	0.35	...	...	3.2	...
J07181+392	07:18:08.19 +39:16:29.5	M0.0 V	0.45	34.87	Har11	...	...
J07274+052	07:27:24.50 +05:13:32.9	M4.0 V	-0.5 ± 0.2	...	...	2.5	...
J07287-032	07:28:45.41 -03:17:52.4	M3.0 V	0.405	...	...	2.5	...
J07295+359	07:29:31.09 +35:56:00.4	M1.5 V	-1.92	...	...	15.0	...
J07310+460	07:31:01.29 +46:00:26.6	M4.0 V	$-9.5^{+0.6}_{-0.5}$	1.33	Har11	...	...
J07319+362N	07:31:57.35 +36:13:47.8	M4.0 V	$-2.4^{+0.3}_{-0.2}$	...	...	4.0	...
J07319+362S	07:31:57.74 +36:13:10.2	M2.5 V	$-2.0^{+0.6}_{-0.2}$	...	...	4.8	...
J07320+686	07:32:02.04 +68:37:15.7	M1.0 V	0.551	...	...	2.7	...
J07320+173W	07:32:02.92 +17:19:10.3	M0.0 V	0.52	13.29	Har11	...	...
J07342+009	07:34:17.58 +00:59:09.3	M2.5 V	0.29	...	...	3.0	...
J07344+629	07:34:27.49 +62:56:29.6	M0.5 V	0.41	...	...	2.5	...
J07346+318	07:34:37.46 +31:52:10.2	M1.0 V	-1.51	0.81	Pla60 ^a	...	...
J07361-031	07:36:07.08 -03:06:38.5	M1.0 V	$-1.0^{+0.3}_{-0.2}$	12.16	Kir12	...	...
J07364+070	07:36:25.13 +07:04:43.2	M5.0 V	-3.55	...	...	7.9	...
J07366+440	07:36:39.28 +44:04:48.9	M3.0 V	0.0 ± 0.4	50.80	Har11	...	...
J07384+240	07:38:29.52 +24:00:08.8	M3.5 V	-4.08	3.87	Har11	...	...
J07386-212	07:38:40.89 -21:13:27.6	M3.0 V	0.179	...	...	2.5	...
J07446+035	07:44:40.18 +03:33:09.0	M4.5 V	-6.31 ± 0.78	2.78	Chu74 ^b	4.5	...
J07482+203	07:48:16.17 +20:22:07.4	M1.0 V	0.36	...	...	1.0	...
J07523+162	07:52:23.90 +16:12:15.7	M6.0 V	$-25.4^{+1.4}_{-1.0}$	...	...	9.0	...
J07558+833	07:55:53.97 +83:23:05.0	M3.5 V	$-5.2^{+0.6}_{-0.2}$	1.11 ± 0.02	IrW10	...	...
J07582+413	07:58:12.70 +41:18:13.5	M3.5 V	0.52	...	...	2.0	...
J08068+367	08:06:48.42 +36:45:39.0	M3.0 V	0.38	74.40	Har11	...	...
J08069+422	08:06:55.32 +42:17:33.4	M4.0 V	$-2.5^{+0.3}_{-0.4}$	8.81	Has11	...	...
J08082+211S	08:08:13.59 +21:06:09.4	M3.0 V	$-3.7^{+0.4}_{-0.5}$	...	...	35.0	...
J08089+328	08:08:55.44 +32:49:05.1	M2.8 V	-4.7	3.37	Har11	...	...
J08119+087	08:11:57.58 +08:46:22.1	M4.5 V	0.63	...	...	3.0 ± 1.7	...

Continúa en la siguiente página

APÉNDICE A. TABLA DE DATOS

Karmn	RA-DE (J2000)	T. stp.	$pEW(H\alpha)$ [Å]	P. [d]	Refs.	$v \sin i$ [ms^{-1}]	$\log(R'_{HK})$
J08161+013	08:16:07.98 +01:18:09.2	M2.0 V	0.0± 0.3	...	...	2.5	...
J08178+311	08:17:51.30 +31:07:45.6	M1.0 V	0.44	0.97	Har11	...	...
J08298+267	08:29:49.50 +26:46:34.8	M6.5 V	-3.063± 0.216	...	...	8.1± 1.1	...
J08316+193N	08:31:37.44 +19:23:49.5	M4.0 V	-4.64	...	...	6.5	...
J08316+193S	08:31:37.60 +19:23:39.6	M3.5 V	-5.31	2.77	Del99 ^d	...	...
J08517+181	08:51:43.87 +18:07:29.9	M1.5 V	0.48	...	...	3.8	...
J08526+283	08:52:40.85 +28:18:58.9	M4.5 V	-0.7 ^{+0.2} _{-0.3}	...	...	2.5	...
J08536-034	08:53:36.20 -03:29:32.1	M9.0 V	-8.087± 1.066	...	...	11.5	...
J08570+116	08:57:04.68 +11:38:49.1	M1.0 V	0.39	...	...	3.05	...
J09003+218	09:00:23.59 +21:50:05.4	M6.0 V	-10.0± 0.8	...	...	20.0± 0.6	...
J09005+465	09:00:32.54 +46:35:11.8	M4.5 V	-0.53	...	...	4.0± 0.7	...
J09028+680	09:02:52.85 +68:03:46.4	M4.0 V	0.46	...	...	4.0	...
J09115+466	09:11:30.85 +46:37:01.4	M0.5 V	0.49	...	...	4.0	...
J09143+526	09:14:22.98 +52:41:12.5	M0.0 V	0.0± 0.3	...	...	2.9± 1.2	-4.652± 0.166
J09144+526	09:14:24.86 +52:41:11.8	M0.0 V	0.0± 0.3	...	...	3.21	...
J09177+462	09:17:44.73 +46:12:24.7	M2.5 V	-2.89	0.56	Har11	...	...
J09193+620	09:19:22.92 +62:03:17.1	M0.0 V	-1.53	20.2	Shk10	...	...
J09218+435	09:21:49.11 +43:30:28.5	M4.5 V	-2.01	28.78	Har11	...	...
J09228+467	09:22:51.66 +46:47:00.8	M1.0 V	0.35	16.61	Har11	...	...
J09300+396	09:30:01.67 +39:37:24.0	M2.5 V	0.72	46.02	Har11	...	...
J09307+003	09:30:44.58 +00:19:21.4	M3.5 V	0.55	...	...	2.5	...
J09319+363	09:31:56.33 +36:19:12.9	M0.0 V	0.43	...	...	2.5	...
J09360-216	09:36:01.61 -21:39:37.1	M2.5 V	0.317	...	...	2.5	...
J09362+375	09:36:15.93 +37:31:45.7	M0.5 V	-0.9 ^{+0.2} _{-0.3}	...	...	6.0± 2.0	...
J09411+132	09:41:10.33 +13:12:34.4	M1.5 V	0.39	...	...	1.95	...
J09423+559	09:42:23.28 +55:59:01.6	M3.5 V	0.42	72.8± 7.3	Irw10	...	...
J09428+700	09:42:51.82 +70:02:22.2	M3.0 V	-0.5	...	...	2.5	...
J09439+269	09:43:55.63 +26:58:08.6	M3.5 V	0.37	...	...	4.0	...
J08468+760	09:46:48.45 +76:02:38.8	M1.5 V	0.56	...	...	1.0	...
J09511-123	09:51:09.64 -12:19:47.8	M0.5 V	0.447	...	...	3.0	...
J09531-036	09:53:11.78 -03:41:24.0	M2.0 V	0.383	...	...	4.0	...
J09539+209	09:53:55.23 +20:56:46.0	M4.5 V	-4.36	...	...	16.5± 0.4	...
J09561+627	09:56:08.69 +62:47:18.6	M0.0 V	0.56	...	...	2.5	...
J09593+438E	09:59:18.80 +43:50:25.6	M3.5 V	-15.49	0.76	Har11	...	...
J10023+480	10:02:21.84 +48:05:20.9	M1.0 V	0.75	...	...	2.25	...
J10043+503	10:04:21.49 +50:23:13.6	M2.5 V	-3.76	1.31	Kir13	20.0± 5.0	...
J10120-026	10:12:04.66 -02:41:04.5	M2.0 V	0.0± 0.3	...	...	4.0	...
J10122-037	10:12:17.69 -03:44:44.1	M0.5 V	0.302	21.56	Kir12	2.9	...
J10143+210	10:14:19.19 +21:04:29.8	M0.5 V	-0.91	7.86	Kir12	8.0± 1.0	-3.955± 0.175
J10167-119	10:16:46.00 -11:57:41.3	M3.0 V	0.365	...	...	4.0	...
J10196+198	10:19:36.35 +19:52:12.2	M3.0 V	-4.1 ^{+0.3} _{-0.4}	2.23	Hun12 ^u	3.0	-3.790± 0.063
J10238+438	10:23:51.85 +43:53:33.2	M5.0 V	-5.1± 0.5	60.751	Har11	...	...
J10240+366	10:24:05.07 +36:39:32.6	M3.5 V	-1.9 ^{+0.2} _{-0.3}	2.17	Har11	...	...
J10251-102	10:25:10.88 -10:13:43.4	M1.0 V	0.411	...	...	2.46	...
J10289+008	10:28:55.55 +00:50:27.5	M2.0 V	0.297	...	...	1.5	...
J10384+485	10:38:29.81 +48:31:44.9	M3.0 V	-3.54	27.82	Har11	...	...
J10396-069	10:39:40.61 -06:55:25.6	M2.5 V	0.355	...	...	4.0	...
J10416+376	10:41:38.10 +37:36:39.8	M4.5 V	0.48	...	...	4.1± 0.7	...
J10482-113	10:48:12.58 -11:20:08.2	M6.5 V	-3.049± 0.315	...	...	3.0	...
J10497+355	10:49:45.61 +35:32:51.5	M4.5 V	0.68	...	...	4.0	...
J10508+068	10:50:52.01 +06:48:29.3	M4.0 V	0.0± 0.4	...	...	2.5	...
J10513+361	10:51:20.60 +36:07:25.6	M3.0 V	-4.55	3.78	Har11	...	...
J10520+139	10:52:04.41 +13:59:51.0	M3.5 V	0.18	96.8± 9.7	Irw10	...	...
J10522+059	10:52:14.23 +05:55:09.9	M5.0 V	-14.47	...	...	19.1± 0.2	...
J11000+228	11:00:04.32 +22:49:59.3	M2.5 V	0.52	...	...	2.5	...
J11026+219	11:02:38.33 +21:58:01.7	M2.0 V	-0.04	...	...	2.5	...
J11031+366	11:03:10.00 +36:39:08.5	M3.5 V	-7.83	2.06	Har11	...	...
J11033+359	11:03:20.24 +35:58:11.8	M0.5 V	0.0± 0.3	48.0	Kir07	2.5	...
J11042+400	11:04:15.91 +40:00:16.6	M0.0 V	0.53	8.92	Har11	...	...
J11054+435	11:05:29.03 +43:31:35.7	M1.0 V	0.0± 0.3	...	...	2.5	...
J11055+435	11:05:31.33 +43:31:17.1	M5.5 V	-10.2 ^{+1.2} _{-0.9}	...	...	7.7± 1.7	...
J11055+450	11:05:33.68 +45:00:31.7	M0.0 V	0.47	34.44	Har11	...	...
J11075+437	11:07:32.08 +43:45:56.4	M3.0 V	-2.9 ^{0.4}	29.14	Har11	...	...
J11110+304	11:11:02.54 +30:26:41.3	M2.0 V	0.49	...	...	2.5	...
J11118+335	11:11:51.76 +33:32:11.2	M3.5 V	-2.95	7.77	Har11	...	...
J11154+410	11:15:26.59 +41:05:16.3	M3.5 V	0.46	63.19	Har11	...	...
J11159+553	11:15:54.04 +55:19:50.6	M0.5 V	-1.7	...	...	30.0	...
J11200+658	11:20:05.27 +65:50:47.1	M0.0 V	0.47	...	...	2.5	...
J11237+085	11:23:44.56 +08:33:48.4	M0.5 V	0.58	...	...	2.46	...
J11240+381	11:24:04.35 +38:08:10.9	M4.0 V	-6.9 ^{+0.4} _{-0.3}	0.48	Har11	...	...
J11266+379	11:26:37.57 +37:56:23.8	M2.0 V	0.57	21.85	Har11	...	...
J11317+226	11:31:43.39 +22:40:01.6	M0.5 V	0.57	...	...	0.46	...
J11417+427	11:41:44.72 +42:45:07.3	M4.0 V	0.43	73.49	Har11	2.5	...
J11421+267	11:42:10.96 +26:42:25.1	M2.5 V	0.0± 0.3	2.64	Wan11 ^s	2.5	...
J11467-140	11:46:42.82 -14:00:50.5	M3.0 V	0.324	...	...	3.0	...
J11476+002	11:47:40.74 +00:15:20.2	M4.0 V	-3.43	11.60	Kir12	...	...
J11476+786	11:47:41.44 +78:41:28.3	M3.5 V	0.53	...	...	2.5	...
J11477+008	11:47:44.40 +00:48:16.4	M4.0 V	0.63	...	...	2.5	...
J11509+483	11:50:57.88 +48:22:39.6	M4.5 V	0.55	132.0± 39.6	Irw10	4.1	...
J11511+352	11:51:07.37 +35:16:18.9	M1.5 V	0.0± 0.3	...	...	2.47	...
J11519+075	11:51:56.81 +07:31:26.2	M2.5 V	-1.55	2.29	Kir12	...	...
J11551+009	11:55:07.21 +00:58:25.7	M1.5 V	0.39	...	...	2.19	...
J11575+118	11:57:32.78 +11:49:39.8	M2.0 V	0.48	...	...	2.31	...
J12054+695	12:05:29.75 +69:32:22.7	M4.0 V	0.41	96.2± 9.6	Irw10	...	...
J12123+544S	12:12:20.85 +54:29:08.7	M0.0 V	0.54	...	...	5.4± 1.0	-4.97± 0.04
J12142+006	12:14:16.54 +00:37:26.3	M5.0 V	-3.88	...	...	5.2	...
J12189+111	12:18:59.40 +11:07:33.9	M5.0 V	-5.784± 0.401	0.49± 0.01	Irw10	9.2± 1.9	...
J12194+283	12:19:24.07 +28:22:56.6	M0.0 V	0.5	...	...	2.8± 0.4	-4.776± 0.182
J12204+005	12:20:25.51 +00:35:01.4	M0.0 V	0.39	...	...	3.0	...
J12238+125	12:23:53.54 +12:34:49.2	M0.0 V	0.82	...	...	2.4	...
J12248-182	12:24:52.43 -18:14:30.3	M2.0 V	0.28	...	...	2.5	...
J12274+374	12:27:29.45 +37:26:33.2	M1.5 V	0.47	...	...	23.9± 2.69	...
J12289+084	12:28:57.60 +08:25:31.6	M3.5 V	0.46	...	...	1.58	...
J12290+417	12:29:02.90 +41:43:49.7	M3.5 V	-1.95	13.58	Har11	...	...

Continúa en la siguiente página

Karmn	RA-DE (J2000)	T. stp.	$pEW(H\alpha)$ [Å]	P. [d]	Refs.	$v \sin i$ [$m s^{-1}$]	$\log(R'_{HK})$
J12199+364	12:29:55.03 +36:26:42.1	M1.0 V	0.48	...	...	20.33± 3.64	...
J12350+098	12:35:00.70 +09:49:42.5	M2.5 V	0.52	...	...	3.0	...
J12388+116	12:38:52.42 +11:41:46.2	M3.0 V	0.6	...	...	3.0	...
J12479+097	12:47:56.64 +09:45:05.0	M3.5 V	0.61	...	...	2.5	...
J12490+661	12:49:02.73 +66:06:36.6	M3.0 V	-0.94	...	...	10.0	...
J12576+352E	12:57:40.30 +35:13:30.6	M1.5 V	-1.05	3.17	Kir07	8.4	...
J13005+056	13:00:33.51 +05:41:08.1	M4.5 V	-4.149± 0.343	0.6± 0.02	Irw10	16.8	...
J13007+123	13:00:46.66 +12:22:32.6	M2.0 V	-1.96	2.89	Kir12	9.75	...
J13054+371	13:05:29.85 +37:08:10.7	M2.5 V	0.4	38.93	Har11	...	...
J13095+289	13:09:34.95 +28:59:06.6	M4.0 V	-4.64	0.22	Gial2 ^t	...	...
J13143+133	13:14:20.39 +13:20:01.2	M6.0 V	-16.9 ^{+1.4} _{-1.1}	...	...	45.0	...
J13168+170	13:16:51.56 +17:01:00.1	M1.0 V	0.0± 0.3	...	...	2.8± 0.6	-4.548± 0.085
J13179+362	13:17:58.39 +36:17:57.4	M1.0 V	0.0± 0.3	50.07	Har11	...	...
J13195+351W	13:19:33.56 +35:06:37.3	M0.5 V	0.48	...	...	4.0	...
J13196+333	13:19:40.15 +33:20:47.8	M1.5 V	0.43	...	...	2.32	-4.2± 0.04
J13209+342	13:20:57.97 +34:16:44.7	M1.0 V	0.45	...	...	1.78	...
J13215+037	13:21:35.24 +03:45:55.2	M1.0 V	0.55	...	...	1.72	...
J13283-023E	13:28:21.06 -02:21:36.5	M3.0 V	0.316	...	...	4.0	...
J13299+102	13:29:59.79 +10:22:37.6	M0.5 V	0.42	...	...	2.07	...
J13317+292	13:31:46.67 +29:16:36.9	M4.0 V	-7.51	0.27	Nor07	55.5	...
J13376+481	13:37:40.44 +48:07:54.2	M4.0 V	-4.55	0.56	Har11	...	...
J13394+461	13:39:24.10 +46:11:11.5	M1.0 V	0.0± 0.3	...	...	0.85	...
J13427+332	13:42:43.29 +33:17:25.5	M3.5 V	0.62	...	...	4.0	...
J13450+176	13:45:05.03 +17:47:10.5	M1.0 V	-0.44	...	...	2.0	...
J13457+148	13:45:43.54 +14:53:31.8	M1.5 V	0.456	...	...	2.0	...
J13458-179	13:45:50.75 -17:58:04.8	M3.5 V	0.241	...	...	2.5	...
J13591-198	13:59:10.46 -19:50:03.5	M4.0 V	-4.0	...	...	3.0	...
J14010-026	14:01:03.25 -02:39:18.1	M1.0 V	0.512	...	...	2.5	...
J14023+136	14:02:19.61 +13:41:22.9	M0.5 V	0.61	...	...	4.0	...
J14025+463N	14:02:33.24 +46:20:26.6	M0.5 V	0.56	...	...	3.6	...
J14025+463S	14:02:33.13 +46:20:23.9	M0.5 V	0.32	...	...	3.6	...
J14082+805	14:08:12.98 +80:35:50.0	M1.0 V	0.56	...	...	2.09	...
J14200+390	14:20:04.69 +39:03:01.5	M2.5 V	-3.93	0.37	Nor07	...	...
J14257+236W	14:25:43.49 +23:37:01.1	M0.0 V	0.55	...	...	4.0	...
J14257+236E	14:25:46.67 +23:37:13.3	M0.5 V	0.539	...	...	4.0	...
J14259+142	14:25:55.94 +14:12:10.2	M0.0 V	-3.01	4.34	Ber10 ^l	...	...
J14294+155	14:29:29.72 +15:31:57.9	M2.0 V	0.52	...	...	0.8± 0.8	-4.859± 0.198
J14306+597	14:30:37.88 +59:43:24.9	M6.5 V	-3.35	...	...	18.7	...
J14310-122	14:31:01.20 -12:17:45.2	M3.5 V	0.284	...	...	2.5	...
J14342-125	14:34:16.83 -12:31:10.7	M4.0 V	0.206± 0.009	...	...	2.5	...
J14388+422	14:38:51.87 +42:13:44.5	M1.5 V	0.38	39.26	Har11	...	...
J14423+660	14:42:21.65 +66:03:20.8	M2.0 V	0.42	...	...	2.5	...
J14538+235	14:53:51.44 +23:33:20.8	M3.5 V	0.25	...	...	4.0	...
J14544+355	14:54:27.91 +35:32:57.0	M3.5 V	0.3	...	...	4.0	...
J14544+161	14:54:29.23 +16:06:04.0	M1.0 V	-0.83± 0.15	13.68	Kir07	3.5± 0.7	-4.225± 0.144
J14549+411	14:54:54.97 +41:08:48.1	M4.5 V	-7.87	6.11	Har11	...	...
J14574-214	14:57:27.88 -21:24:52.7	M1.0 V	0.86	...	...	2.5	...
J14575+313	14:57:32.28 +31:23:44.6	M2.0 V	-0.6	...	...	2.5	...
J14578+566	14:57:53.75 +56:39:24.2	M5.5 V	-4.74	...	...	13.6	...
J15009+454	15:00:55.57 +45:25:34.3	M0.5 V	0.48	...	...	3.0± 2.3	-4.788± 0.185
J15060+453	15:06:02.84 +45:21:52.3	M1.5 V	0.47	44.83	Har11	...	...
J15095+031	15:09:35.59 +03:10:00.8	M3.0 V	0.48	...	...	4.0	...
J15151+333	15:15:07.06 +33:18:03.3	M2.0 V	0.0± 0.3	...	...	26.6± 4.2	...
J15218+209	15:21:52.92 +20:58:39.5	M1.5 V	-2.25	0.37	Nor07	6.5	...
J15319+288	15:31:54.27 +28:51:09.6	M4.5 V	-1.28	...	...	3.8	...
J15368+375	15:36:50.38 +37:34:49.6	M0.0 V	-0.6	4.61	Har11	...	...
J15474+451	15:47:27.44 +45:07:51.2	M4.0 V	-4.1 ^{+0.7} _{-0.5}	3.54	Har11	...	...
J15480+043	15:48:02.80 +04:21:39.3	M2.5 V	-4.7 ^{+0.3} _{-0.2}	1.79	Kir13	...	...
J15555+352	15:55:31.78 +35:12:02.9	M4.5 V	-5.72	3.52	Har11	21.9± 0.4	...
J15569+376	15:56:58.24 +37:38:13.8	M2.0 V	-5.2	0.31	Har11	...	...
J15583+354	15:58:18.83 +35:24:23.7	M3.5 V	0.4	57.22	Har11	...	...
J15587+346	15:58:45.68 +34:48:54.9	M3.5 V	0.65	59.77	Har11	...	...
J15598-082	15:59:53.37 -08:15:11.4	M1.0 V	0.314± 0.016	...	...	3.0	...
J16028+205	16:02:50.98 +20:35:21.8	M4.0 V	0.41	...	...	3.0	...
J16066+083	16:06:41.18 +08:23:18.2	M0.5 V	0.53	...	...	3.53	...
J16090+529	16:09:03.09 +52:56:37.9	M0.0 V	0.45	...	...	4.0	...
J16167+672S	16:16:42.80 +67:14:19.7	M1.0 V	0.0± 0.4	...	...	4.2± 2.0	-4.715± 0.164
J16167+672N	16:16:45.37 +67:15:22.4	M3.0 V	0.4	...	...	2.5	...
J16170+552	16:17:05.37 +55:16:09.4	M5.6 V	-1.56	...	...	17.2± 0.9	-3.36± 0.04
J16220+228	16:22:01.19 +22:50:21.7	M1.5 V	-1.3	1.37	Nor07	...	...
J16241+483	16:24:09.13 +48:21:11.3	M2.5 V	0.41	...	...	2.9	...
J16254+543	16:25:24.59 +54:18:14.9	M1.5 V	0.0± 0.3	...	...	2.5	...
J16303-126	16:30:18.09 -12:39:43.4	M3.5 V	0.234	...	...	1.5	...
J16313+408	16:31:18.79 +40:51:51.6	M5.0 V	-11.55	0.51	Har11	...	...
J16343+571	16:34:20.41 +57:09:43.9	M4.5 V	-1.82	1.27	Dev08 ^j	27.5	...
J16354+350	16:35:27.41 +35:00:57.7	M4.0 V	-2.31	0.92	Nor07	15.8	...
J16360+088	16:36:05.63 +08:48:49.2	M4.0 V	-1.39	6.41± 0.06	Irw10	...	...
J16401+007	16:40:06.00 +00:42:18.8	M4.0 V	-3.82	0.31± 0.01	Irw10	...	...
J16403+676	16:40:20.68 +67:36:04.7	M5.5 V	-8.24	0.38± 0.01	Irw10	...	...
J16408+363	16:40:48.92 +36:18:59.6	M2.0 V	0.47	15.96	Har11	4.0	...
J16487-157	16:48:45.97 -15:44:19.9	M1.5 V	0.457	...	...	4.0	...
J16554-083N	16:55:25.27 -08:19:20.8	M3.5 V	0.258± 0.024	...	...	2.7	...
J16554-083S	16:55:28.81 -08:20:10.3	M3.0 V	-1.89	...	...	2.9± 1.0	-4.19± 0.04
J16555-083	16:55:35.29 -08:23:40.1	M6.5 V	-4.237± 0.359	...	...	9.0	...
J16570-043	16:57:05.71 -04:20:56.0	M3.5 V	-4.16	1.21	Kir12	10.7	...
J16581+257	16:58:08.85 +25:44:39.2	M1.0 V	0.35	...	...	2.27	-4.872± 0.252
J16591+209	16:59:09.63 +20:58:16.0	M3.5 V	-2.18	4.10	Nor07	...	...
J17038+321	17:03:52.83 +32:11:45.6	M2.0 V	-1.73	14.53	Har11	...	...
J17052-050	17:05:13.84 -05:05:38.6	M2.0 V	0.339± 0.018	...	...	5.7	...
J17058+260	17:05:52.59 +26:05:32.3	M1.5 V	0.45	35.90	Har11	...	...
J17071+215	17:07:07.52 +21:33:14.4	M3.0 V	0.54	...	...	2.5	...
J17095+436	17:09:31.53 +43:40:53.2	M3.5 V	0.68	...	...	4.0	...
J17104+279	17:10:25.46 +27:58:40.0	M2.5 V	0.26	33.08	Har11	...	...
J17115+384	17:11:34.72 +38:26:34.1	M3.5 V	0.53	...	...	2.5	...
J17121+456	17:12:07.80 +45:39:58.8	M3.5 V	0.47	...	...	4.0	...

Continúa en la siguiente página

Karmn	RA-DE (J2000)	T. stp.	$pEW(H\alpha)$ [Å]	P. [d]	Refs.	$v \sin i$ [$m s^{-1}$]	$\log(R'_{HK})$
J17158+190	17:15:50.10 +19:00:00.1	M0.5 V	0.39	...	...	4.0	...
J17160+110	17:16:00.63 +11:03:27.4	M1.0 V	0.65	...	...	4.0	...
J17166+080	17:16:40.97 +08:03:30.2	M2.0 V	0.43	...	...	4.0	...
J17183-017	17:18:21.73 -01:46:53.6	M0.0 V	0.297	...	...	4.0	...
J17198+265	17:19:52.98 +26:30:02.6	M4.5 V	$-8.2^{+0.8}_{-0.7}$	20.38	Har11	6.1	...
J17199+265	17:19:54.22 +26:30:03.0	M3.5 V	-2.4 ± 0.2	19.81	Nor07	4.0	-3.96 ± 0.04
J17303+055	17:30:22.73 +05:32:54.7	M0.0 V	0.56	...	...	7.4 ± 1.0	-4.43 ± 0.04
J17338+169	17:33:53.15 +16:55:12.9	M5.5 V	-9.16	0.27	Nor07	...	...
J17355+616	17:35:34.46 +61:40:54.0	M0.5 V	0.43	...	...	3.8 ± 1.3	-4.657 ± 0.191
J17364+683	17:36:25.94 +68:20:22.0	M3.0 V	0.0 ± 0.4	...	...	2.5	...
J17378+185	17:37:53.3 +18:35:29.5	M1.0 V	0.44	...	...	2.49	-5.121 ± 0.245
J17395+277N	17:39:32.23 +27:46:36.7	M3.0 V	0.39	30.25	Har11	...	...
J17439+433	17:43:55.95 +43:22:44.1	M2.5 V	0.51	...	...	2.5	...
J17578+046	17:57:48.49 +04:41:40.5	M4.0 V	0.0 ± 0.3	130.0	Kir07	2.5	...
J17578+465	17:57:50.96 +46:35:18.2	M3.0 V	0.0 ± 0.4	31.64	Har11	4.0	...
J18042+359	18:04:17.59 +35:57:25.9	M0.5 V	0.55	21.90	Har11	4.5	...
J18051-030	18:05:07.56 -03:01:52.4	M1.0 V	0.445	...	...	1.6	...
J18075-159	18:07:32.93 -15:57:46.5	M4.5 V	-5.78	...	...	3.0	...
J18096+318	18:09:40.71 +31:52:12.4	M1.0 V	0.53	32.15	Har11	...	...
J18131+260	18:13:06.57 +26:01:51.9	M3.8 V	$-7.8^{+1.2}_{-0.7}$	2.28	Har11	...	...
J18165+455	18:16:31.09 +45:33:27.6	M0.5 V	0.38	39.52	Har11	4.0	...
J18180+387E	18:18:04.28 +38:46:34.2	M3.0 V	0.49	...	...	2.5	...
J18189+661	18:18:57.26 +66:11:33.2	M4.5 V	-2.82	...	...	14.6	...
J18195+420	18:19:34.57 +42:01:37.6	M1.5 V	0.61	27.69	Har11	...	...
J18224+620	18:22:27.19 +62:03:02.5	M4.0 V	$-0.5^{+0.2}_{-0.3}$	...	...	2.3	...
J18250+246	18:25:04.79 +24:38:04.4	M0.0 V	0.54	...	...	4.0	...
J18319+406	18:31:58.40 +40:41:10.4	M3.5 V	0.37	...	...	2.5	...
J18353+457	18:35:18.33 +45:44:37.9	M0.5 V	0.0 ± 0.4	...	...	1.0 ± 0.6	-4.759 ± 0.165
J18354+457	18:35:27.23 +45:45:40.3	M3.0 V	0.0 ± 0.4	...	...	6.3 ± 1.7	...
J18387-144	18:38:44.75 -14:29:25.0	M2.5 V	0.303	...	...	3.0	...
J18395+301	18:39:32.13 +30:09:55.2	M0.0 V	0.44	...	...	23.45 ± 1.2	...
J18409-133	18:40:57.33 -13:22:45.6	M1.0 V	0.498	...	...	2.97	...
J18411+247S	18:41:09.78 +24:47:14.4	M4.5 V	-1.74	...	...	5.0	...
J18419+318	18:41:59.09 +31:49:49.8	M3.0 V	0.55	...	...	2.5	...
J18427+139	18:42:44.99 +13:54:16.8	M4.0 V	-2.26	8.07 ± 0.08	Irw10	...	...
J18427+596N	18:42:46.66 +59:37:49.9	M3.0 V	0.0 ± 0.4	...	...	8.1 ± 1.3	-5.267 ± 0.229
J18427+596S	18:42:46.88 +59:37:37.4	M3.5 V	0.0 ± 0.4	...	...	2.5	...
J18433+406	18:43:22.14 +40:40:21.1	M8.0 V	-7.35	...	...	5.0	...
J18451+063	18:45:10.27 +06:20:15.8	M1.0 V	-0.04	16.18	Kir12	...	...
J18507+479	18:50:45.21 +47:58:19.5	M3.5 V	0.88	69.68	McQ13 ^F	...	...
J18518+165	18:51:51.18 +16:34:59.9	M0.0 V	0.53	...	...	4.0	...
J18554+084	18:55:27.41 +08:24:09.0	M3.0 V	-1.761 ± 0.285	...	...	7.7	-4.426 ± 0.238
J18580+059	18:58:00.14 +05:54:29.7	M0.5 V	0.67	...	...	3.8 ± 2.3	-4.825 ± 0.175
J18596+079	18:59:38.60 +07:59:14.0	M0.0 V	0.6	...	...	4.0	...
J19070+208	19:07:05.56 +20:53:16.8	M2.0 V	0.0 ± 0.4	...	...	2.5	...
J19072+208	19:07:13.20 +20:52:37.3	M2.0 V	0.45	...	...	2.5	...
J19084+322	19:08:29.96 +32:16:52.0	M3.0 V	0.7	...	...	2.5	...
J19093+382	19:09:19.19 +39:12:03.7	M1.0 V	0.6	38.80	McQ13	...	...
J19095+391	19:09:31.71 +39:10:51.5	M2.0 V	0.43	38.90	McQ13	...	...
J19122+028	19:12:14.55 +02:53:11.2	M3.5 V	0.68	...	...	4.6	...
J19146+193N	19:14:39.26 +19:19:02.6	M3.5 V	-3.29	0.48	Gia12	...	...
J19169+051N	19:16:55.26 +05:10:08.6	M2.5 V	0.0 ± 0.4	...	...	2.5	-4.879 ± 0.192
J19169+051S	19:16:57.62 +05:09:02.2	M8.0 V	$-9.5^{+1.1}_{-1.0}$	...	...	6.5	...
J19215+425	19:21:32.10 +42:30:52.1	M2.0 V	-0.33	15.14	Har11	...	...
J19312+361	19:31:12.56 +36:07:30.1	M4.5 V	$-8.5^{+0.7}_{-0.5}$	1.63	Har04	...	...
J19336+395	19:33:39.41 +39:31:37.3	M1.5 V	0.36	67.44	McQ13	...	...
J19351+084S	19:35:06.29 +08:27:38.9	M0.0 V	0.47	...	...	4.0	...
J19358+413	19:35:51.44 +41:19:07.9	M0.0 V	0.63	25.39	McQ13	...	...
J19395+718	19:39:32.89 +71:52:19.2	M0.0 V	0.61	...	...	4.0	...
J19457+323	19:45:49.69 +32:23:13.2	M1.0 V	0.45	...	...	4.0	...
J19511+464	19:51:09.31 +46:28:59.9	M4.0 V	-7.15	0.59	Har11	22.0	...
J19539+444W	19:53:54.43 +44:24:54.2	M5.5 V	-4.4 ± 1.0	0.26	Har11	22.5	...
J19539+444E	19:53:55.09 +44:24:55.0	M5.5 V	$-5.1^{+1.0}_{-0.9}$	...	...	6.8	...
J20050+544	20:05:02.28 +54:26:03.8	M1.0 V	-0.82	...	...	12.7	...
J20082+333	20:08:17.86 +33:18:12.2	M4.5 V	-4.79	...	...	15.7	...
J20105+065	20:10:34.45 +06:32:14.0	M3.5 V	-4.39	1.12	Kir12	...	...
J20298+096	20:29:48.34 +09:41:20.2	M4.5 V	-2.28	0.35 ± 0.01	Irw10	35.0	...
J20305+654	20:30:32.08 +65:26:58.6	M2.5 V	0.32	...	...	2.5	...
J20336+617	20:33:40.31 +61:45:13.6	M4.0 V	0.51	...	...	4.0	...
J20373+219	20:37:20.81 +21:56:52.5	M0.5 V	-0.3	2.37	Har11	...	...
J20429-189	20:42:57.09 -18:55:04.8	M1.5 V	0.482	...	...	2.34	...
J20433+553	20:43:19.21 +55:20:52.1	M5.0 V	-4.49	...	...	4.5	...
J20435+240	20:43:34.53 +24:07:40.8	M2.5 V	-2.27	0.79	Har11	...	...
J20450+444	20:45:04.03 +44:29:56.2	M1.5 V	0.19	...	...	0.49	...
J20519+691	20:51:59.91 +69:10:07.2	M1.0 V	0.43	...	...	1.0	...
J20533+621	20:53:19.78 +62:09:15.8	M0.5 V	0.28	...	...	2.66	...
J20586+342	20:58:41.92 +34:16:27.2	M0.0 V	0.46	...	...	4.0	...
J21000+400	21:00:05.29 +40:04:13.6	M1.5 V	-1.83	...	...	7.61	...
J21092-133	21:09:17.41 -13:18:08.0	M1.0 V	0.346	...	...	2.63	...
J21185+302	21:18:33.75 +30:14:34.7	M1.5 V	-1.66	...	...	10.0 ± 2.0	...
J21267+037	21:26:42.46 +03:44:13.7	M0.0 V	0.54	...	...	1.4 ± 1.0	-4.43 ± 0.04
J21296+176	21:29:36.71 +17:38:35.4	M3.5 V	0.39	...	...	5.3	...
J21323+245	21:32:21.98 +24:33:41.9	M3.5 V	-2.58	4.74	Nor07	...	...
J21376+016	21:37:40.19 +01:37:13.7	M4.5 V	$-11.9^{+1.3}_{-0.8}$	0.21	Kir12	...	...
J21380+277	21:38:00.37 +27:43:25.5	M0.0 V	0.45	...	...	4.0	...
J21539+417	21:53:59.02 +41:46:44.3	M0.0 V	0.632	...	...	4.0	...
J21584+755	21:58:24.51 +75:35:20.6	M0.5 V	0.5	...	...	4.0	...
J21593+418	21:59:21.92 +41:51:32.7	M3.0 V	0.38	77.98	Har11	...	...
J22012+283	22:01:13.11 +28:18:24.9	M4.0 V	-6.45	0.45	Kor10	29.4 ± 1.2	...
J22018+164	22:01:49.02 +16:28:02.7	M2.0 V	0.4	...	...	1.0	-4.74 ± 0.04
J22021+014	22:02:10.26 +01:24:00.6	M0.5 V	0.518 ± 0.026	...	...	20.21 ± 4.94	...
J22096-046	22:09:40.30 -04:38:26.8	M3.5 V	0.384	...	...	2.5	...
J22115+184	22:11:30.08 +18:25:34.1	M2.0 V	0.38	...	...	...	...
J22234+324	22:23:29.05 +32:27:33.4	M1.0 V	$-5.3^{+0.6}_{-0.3}$	...	...	6.0 ± 2.0	...

Continúa en la siguiente página

Karmn	RA-DE (J2000)	T. stp.	$pEW(H\alpha)$ [Å]	P. [d]	Refs.	$v \sin i$ [ms^{-1}]	$\log(R'_{HK})$
J22250+356	22:25:01.74 +35:40:07.9	M2.0 V	0.39	22.89	Har11	...	...
J22252+594	22:25:17.06 +59:24:49.6	M4.0 V	0.34	...	...	4.0	...
J22279+576	22:27:59.58 +57:41:45.3	M3.0 V	0.122	...	...	4.7± 1.5	-5.128± 0.279
J22287+189	22:28:45.91 +18:55:54.5	M0.0 V	0.48	...	...	4.0	...
J22289-134	22:28:54.40 -13:25:17.9	M6.5 V	-1.41	...	...	7.0	...
J22290+016	22:29:05.87 +01:39:48.1	M0.5 V	0.52	...	...	7.0	...
J22300+488	22:30:04.19 +48:51:34.7	M4.5 V	-6.1 ^{+0.9} _{-0.7}	0.82	Har11	...	...
J22330+093	22:33:02.25 +09:22:41.1	M1.0 V	0.42	...	...	2.64	...
J22333-096	22:33:22.65 -09:36:53.8	M3.0 V	-5.57	...	...	15.0	...
J22361-008	22:36:09.67 -00:50:29.8	M0.0 V	0.534	...	...	8.0	...
J22387-206N	22:38:45.31 -20:36:51.9	M3.5 V	-4.64	1.95	Bid88 ^c	4.68	...
J22387-206S	22:38:45.60 -20:37:16.1	M1.5 V	-3.48	4.23	Kir07	7.02	...
J22468+443	22:46:49.81 +44:20:03.1	M3.5 V	-4.63	...	...	6.9	-3.972± 0.147
J22518+317	22:51:53.49 +31:45:15.3	M3.0 V	-3.26	1.64	Nor07	11.0	...
J22532-142	22:53:16.72 -14:15:48.9	M4.0 V	0.248± 0.013	...	...	2.5	...
J22565+165	22:56:34.97 +16:33:13.0	M1.5 V	0.341± 0.039	...	...	9.7± 1.0	-4.40± 0.04
J23028+436	23:02:52.51 +43:38:15.7	M4.5 V	-5.8 ^{+0.8} _{-0.9}	0.35	Har11	...	...
J23045+667	23:04:30.19 +66:45:51.8	M0.5 V	0.68	...	...	5.3	...
J23051+452	23:05:08.71 +45:17:31.8	M3.5 V	-6.6 ^{+0.6} _{-0.4}	1.28	Har11	...	...
J23060+639	23:06:04.83 +63:55:33.9	M0.0 V	-1.44	2.83	Kir13	...	...
J23063+126	23:06:23.78 +12:36:26.9	M0.5 V	-1.17	5.0	Shk10	...	...
J23064-050	23:06:29.28 -05:02:28.6	M8.0 V	-6.589± 1.343	...	...	6.4	...
J23083-154	23:08:19.54 -15:24:35.5	M0.0 V	-2.12	0.43	Kir12	70.0	...
J23088+065	23:08:52.49 +06:33:39.9	M0.0 V	0.14	...	...	4.5± 1.2	...
J23182+462	23:18:17.89 +46:17:21.4	M0.0 V	0.56	8.60	Har11	...	...
J23216+172	23:21:37.52 +17:17:28.5	M4.0 V	0.5	...	...	2.5	...
J23245+578	23:24:30.49 +57:51:15.3	M1.0 V	0.39	...	...	0.52	...
J23256+531	23:25:40.17 +53:08:05.6	M4.5 V	-2.48	24.8± 0.06	Irw10	...	...
J23293+414S	23:29:22.58 +41:27:52.2	M4.0 V	-4.91	...	...	14.5	...
J23302-203	23:30:13.41 -20:23:27.1	M3.0 V	-2.98	...	...	3.9± 1.2	...
J23318+199E	23:31:52.09 +19:56:14.2	M3.5 V	-4.46	...	...	12.8	...
J23318+199W	23:31:52.45 +19:56:13.8	M4.5 V	-2.48	1.07	Nor07	24.2	...
J23327-167	23:32:46.56 -16:45:08.2	M2.0 V	-2.4	...	...	7.1± 1.2	...
J23350+016	23:35:00.29 +01:36:19.4	M0.0 V	0.12	...	...	4.5± 1.2	...
J23364+554	23:36:25.53 +55:29:43.6	M1.5 V	0.33	1.03	Har11	...	...
J23419+441	23:41:54.99 +44:10:40.8	M5.0 V	-1.0 ^{+0.4} _{-0.3}	...	...	1.2	...
J23431+365	23:43:06.29 +36:32:13.2	M4.0 V	-0.04	...	...	2.6	...
J23455-161	23:45:31.28 -16:10:19.8	M5.0 V	-4.66	3.0	Mon06 ^g	...	...
J23492+024	23:49:12.56 +02:24:03.8	M1.0 V	0.4	...	...	2.5	-5.337± 0.184
J23548+385	23:54:51.47 +38:31:36.3	M4.0 V	-3.74	4.76	Kir13	...	...
J23573-129W	23:57:19.35 -12:58:40.7	M4.0 V	-4.39	...	...	4.0	...

Referencias: *a)* Plavec (1960), *b)* Chugainov (1974), *c)* Bidelman (1988), *d)* Delfosse et al. (1999), *e)* Koen et al. (2002), *f)* Pojmański (2002), *g)* Montagnier et al. (2006), *h)* Kiraga & Stepień (2007), *i)* Norton et al. (2007), *j)* Devor et al. (2008), *k)* Irwin et al. (2009), *l)* Bergfors et al. (2010), *m)* Hartman et al. (2010), *n)* Irwin et al. (2010), *o)* Messina et al. (2010), *p)* Shkolnik et al. (2010), *q)* Schlieder et al. (2010), *r)* Hartman et al. (2011), *s)* Wang et al. (2011), *t)* Giacobbe et al. (2012), *u)* Hunt-Walker et al. (2012), *v)* Kiraga (2012), *w)* Kiraga & Stepień (2013), *x)* McQuillan et al. (2013).