

carmenes

CARMENES target characterisation:
activity and rotation periods of M dwarfs

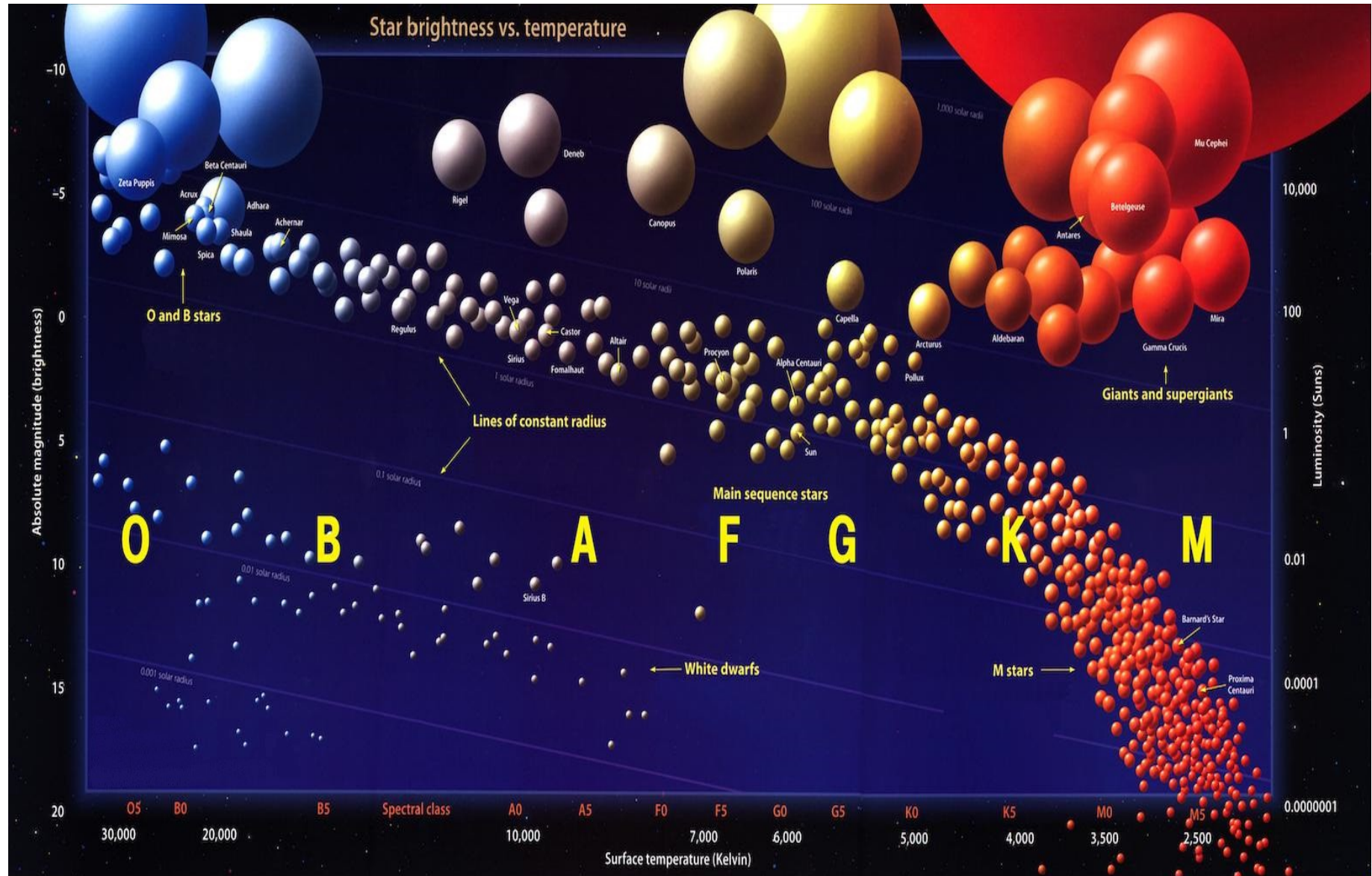


Diego Hidalgo Soto

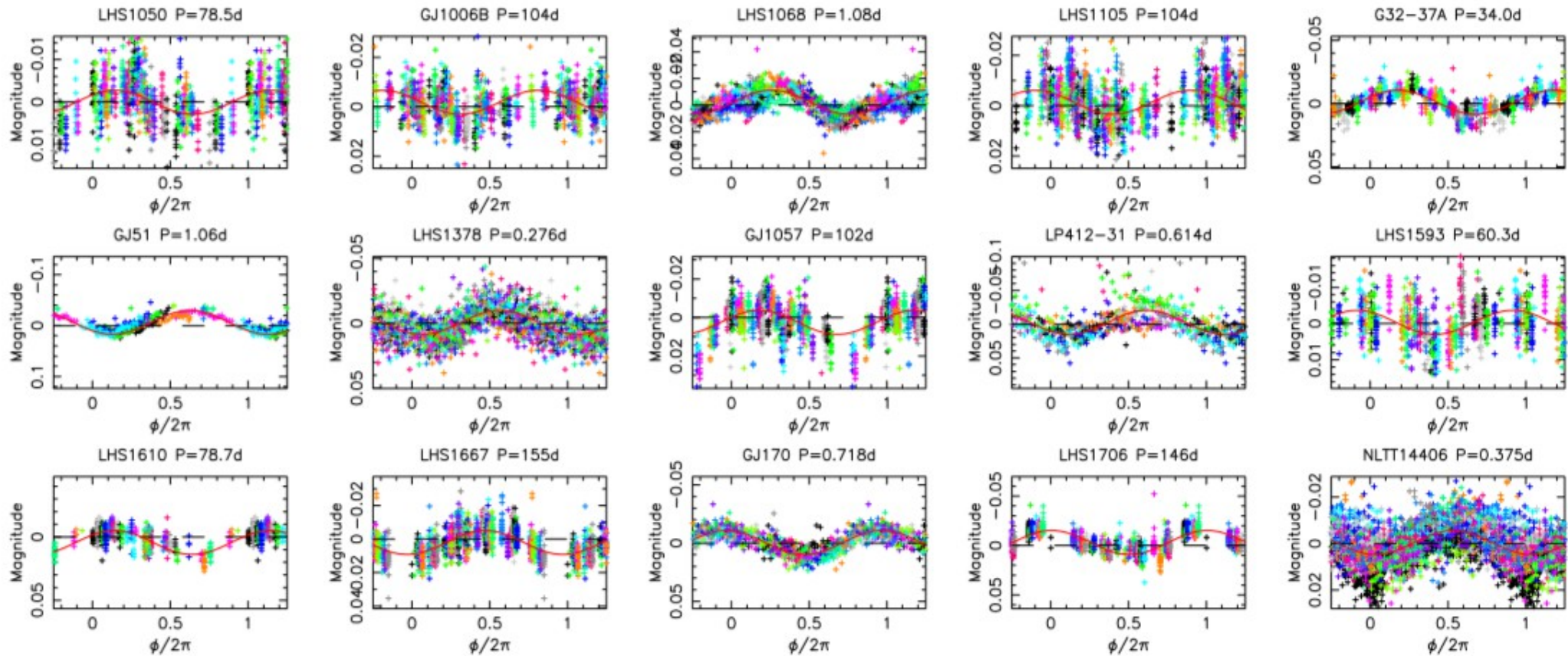
Universidad Complutense de Madrid
Directores: D. Montes, J. A. Caballero

- Introducción
- Análisis
 - Periodos de rotación
 - Velocidad rotacional
 - Emisión H α
 - Índice de actividad R'_{HK}
- Resultados y discusión
 - Índices de actividad
 - Grupos de movimiento y asociaciones jóvenes
 - Velocidad rotacional y parámetros estelares
- Conclusiones

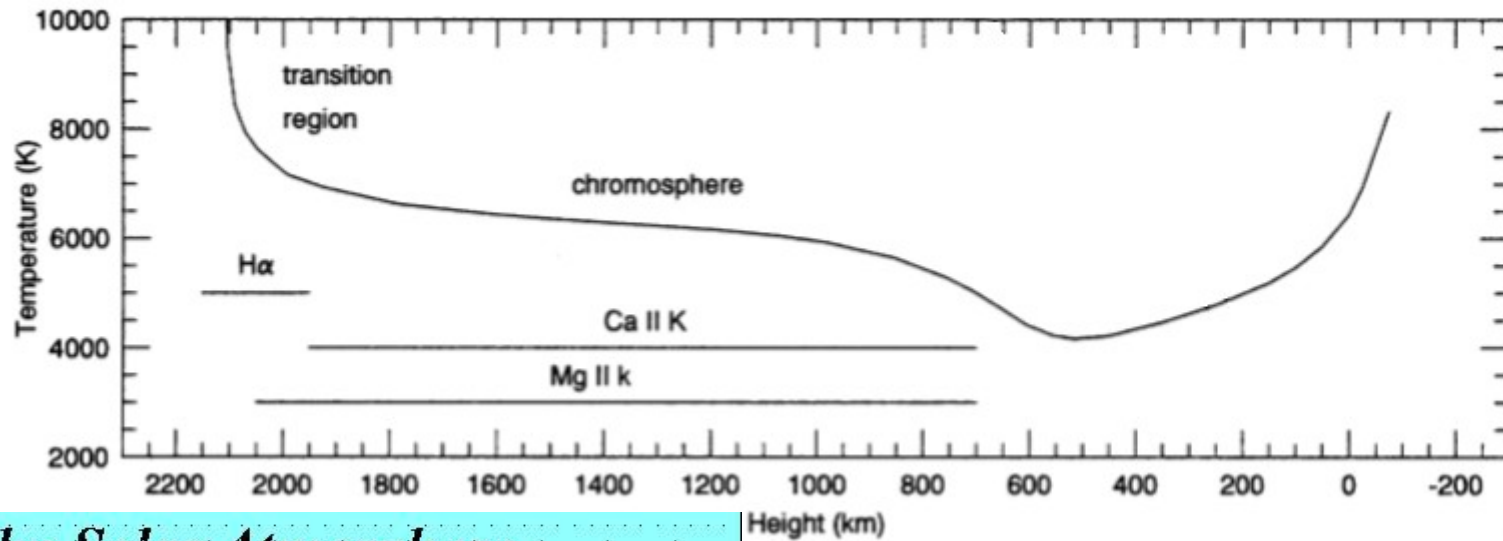
Introducción



Introducción



Introducción



The Solar Atmosphere

Spectrum dominated by:

emission lines of highly ionized elements, X-rays

Region

corona

spicule

emission lines: H α , Ca H&K, ionized He, ionized metals

chromosphere

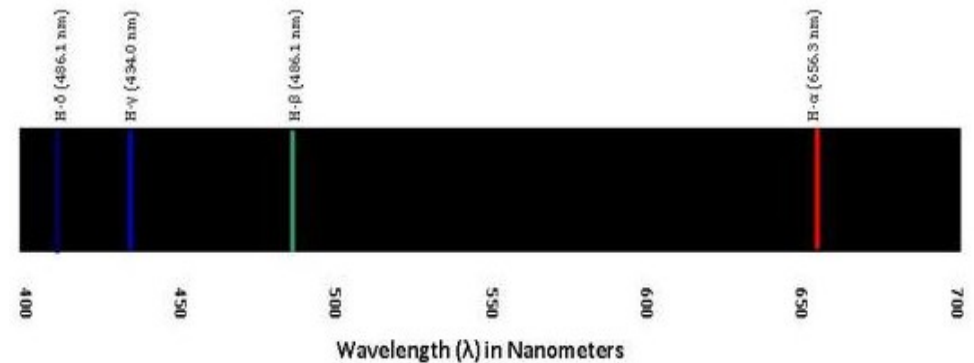
absorption lines: H, ionized Ca, etc.

photosphere

6000 K
15 million K at center

interior

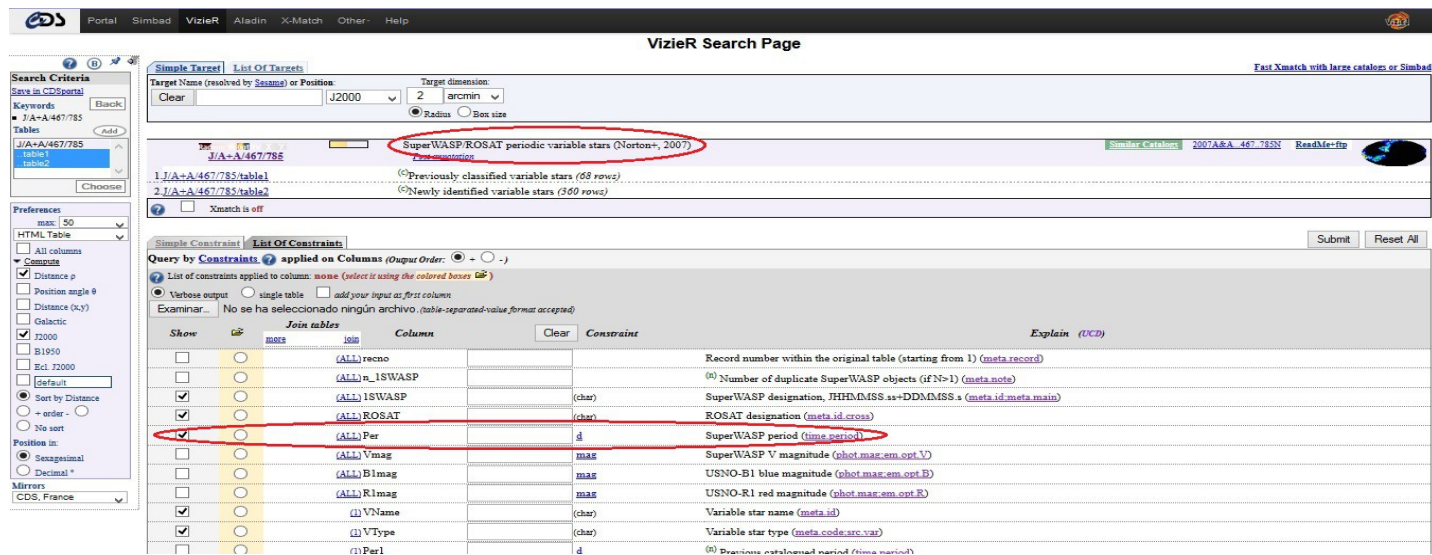
Balmer Series for Hydrogen Atom



- Introducción
- **Análisis**
 - Periodos de rotación
 - Velocidad rotacional
 - Emisión $H\alpha$
 - Índice de actividad R'_{HK}
- **Resultados y discusión**
 - Índices de actividad
 - Grupos de movimiento y asociaciones jóvenes
 - Velocidad rotacional y parámetros estelares
- Conclusiones

Análisis - Periodos de rotación

- Centre de Données astronomiques de Strasbourg (, ).
- Artículos individuales



The screenshot shows the VizieR Search Page interface. The search criteria section includes a target name (J/A+A/467/785), target dimension (2 arcmin), and search radius (2 arcmin). The search results section shows a list of constraints applied to the columns, with the following constraints highlighted in red:

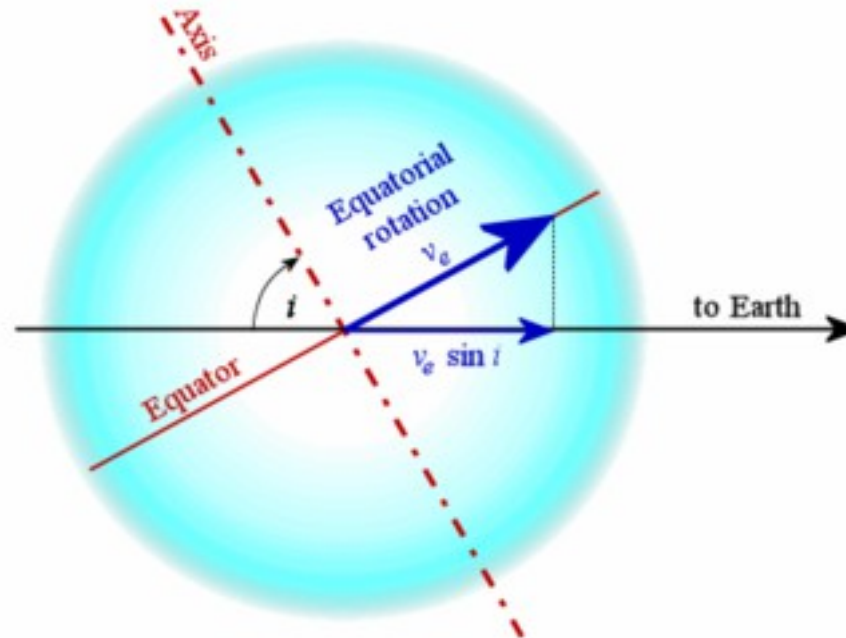
- SuperWASP/ROSAT periodic variable stars (Norton+, 2007)
- Previously classified variable stars (68 rows)
- Newly identified variable stars (560 rows)

The constraints table is as follows:

Column	Constraint	Explain (UCD)
(ALL) reco	Record number within the original table (starting from 1) (meta:reco)	
(ALL) n_ISWASP	(N) Number of duplicate SuperWASP objects (if N>1) (meta:note)	
(ALL) ISWASP	SuperWASP designation, JHHH.MSS.ss+DDM.MSS.s (meta:id:meta:main)	
(ALL) ROSAT	ROSAT designation (meta:id:cross)	
(ALL) Per	SuperWASP period (time:period)	
(ALL) Vmag	SuperWASP V magnitude (phot:mas:em:opt:V)	
(ALL) B1mag	USNO-B1 blue magnitude (phot:mas:em:opt:B)	
(ALL) R1mag	USNO-R1 red magnitude (phot:mas:em:opt:R)	
(1) VName	Variable star name (meta:id)	
(1) VType	Variable star type (meta:code:src:var)	
(1) Per1	Previously catalogued period (time:period)	

- American Association of Variable Star Observers .
- 172 nuevas medidas

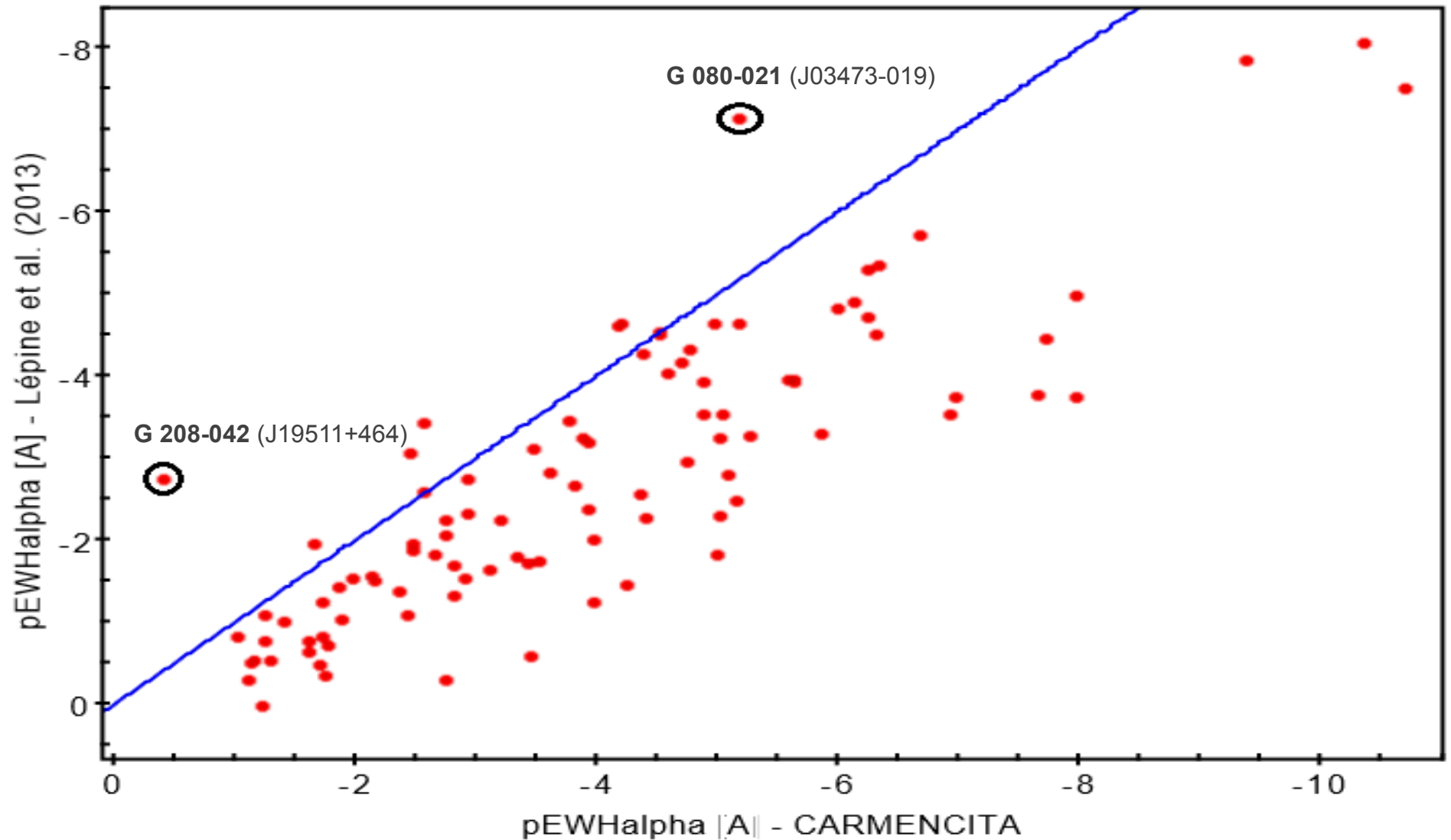
Análisis - Velocidad rotacional



Velocidad rotacional ($vsini$)

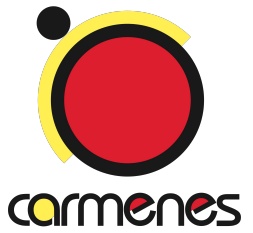
93 Nuevas medidas de $vsini$.

Análisis - Emisión de $H\alpha$



481 nuevas medidas de $pEW(H\alpha)$.

Análisis - Índice de actividad R'_{HK}



- Doblete del Ca II H&K a 3968.47 y 3933.67 Å.
- Ca II H&K $\rightarrow R'_{HK}$.
- H ϵ a 3970 Å.
- Programa del Monte Wilson entre 1966 y 1998.
- **36** medidas.

- Introducción
- Análisis
 - Periodos de rotación
 - Velocidad rotacional
 - Emisión $H\alpha$
 - Índice de actividad R'_{HK}
- Resultados y discusión
 - Índices de actividad
 - Grupos de movimiento y asociaciones jóvenes
 - Velocidad rotacional y parámetros estelares
- Conclusiones

Resultados y discusión

Índices de actividad - $H\alpha$



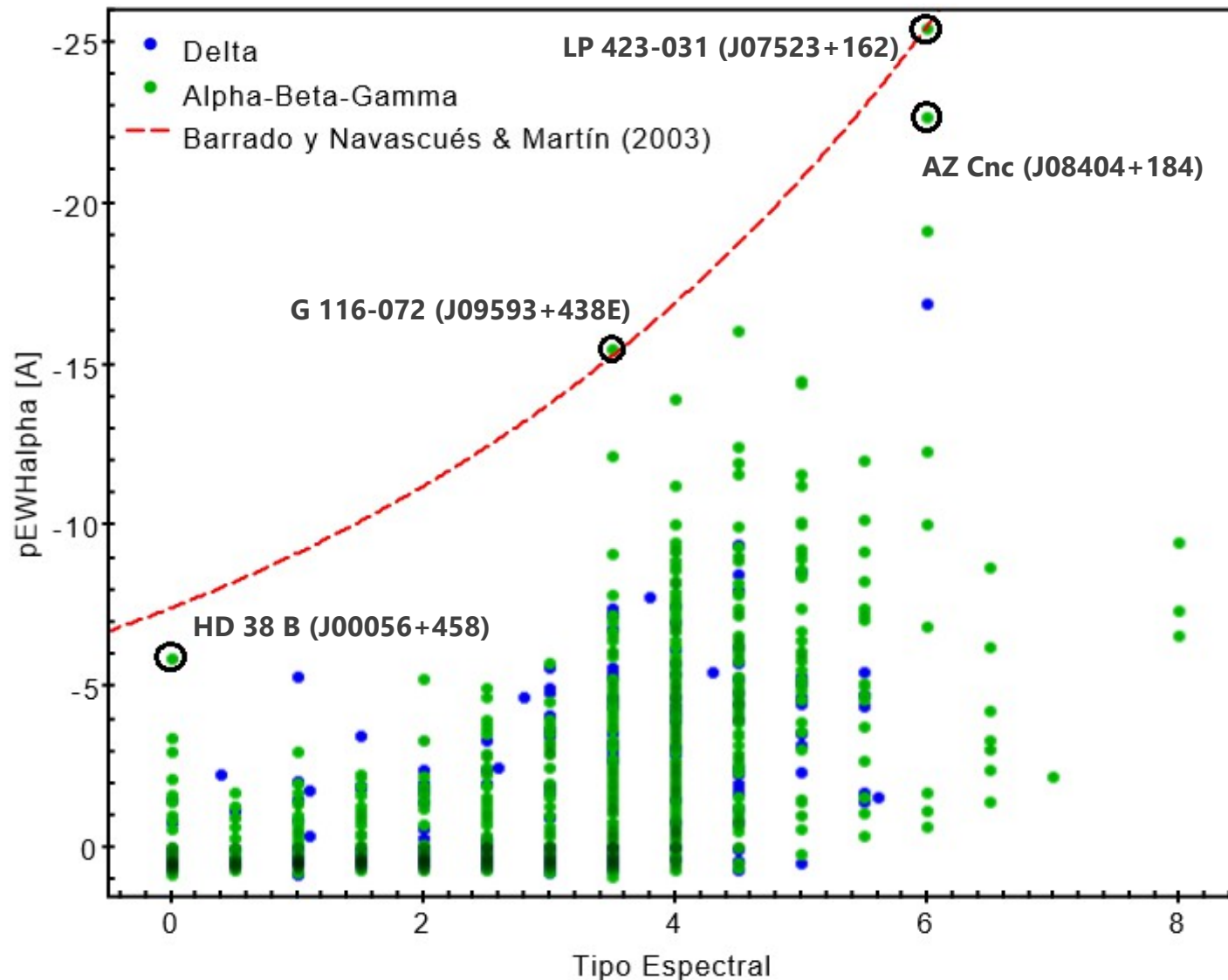
- Límite entre actividad cromosférica y acreción.

$$\log pEW(H\alpha) = 0,0893(SpT) - 4,5767$$

Resultados y discusión

Índices de actividad - H α

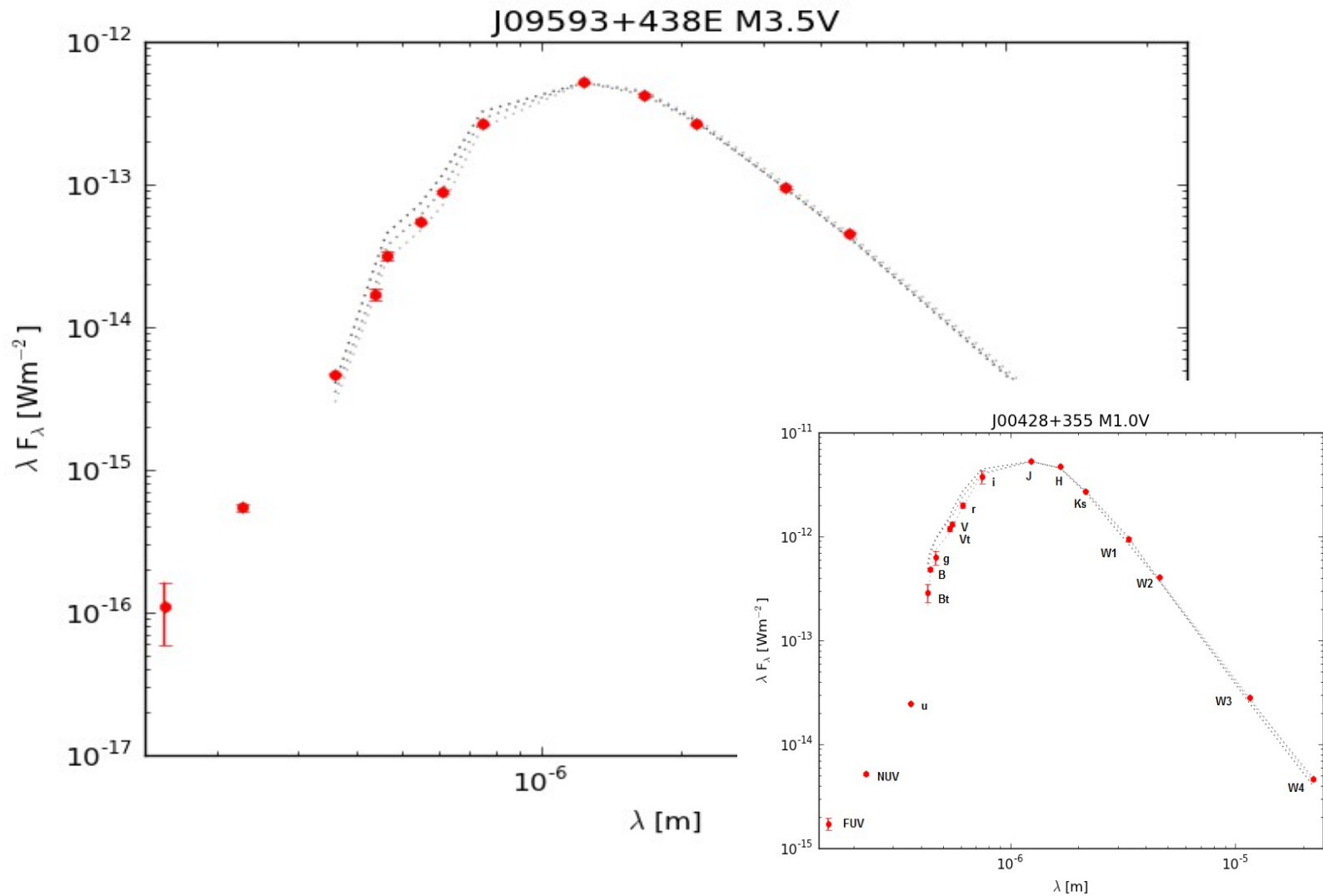
- Límite entre actividad cromosférica y acreción.



Resultados y discusión

Índices de actividad - H α

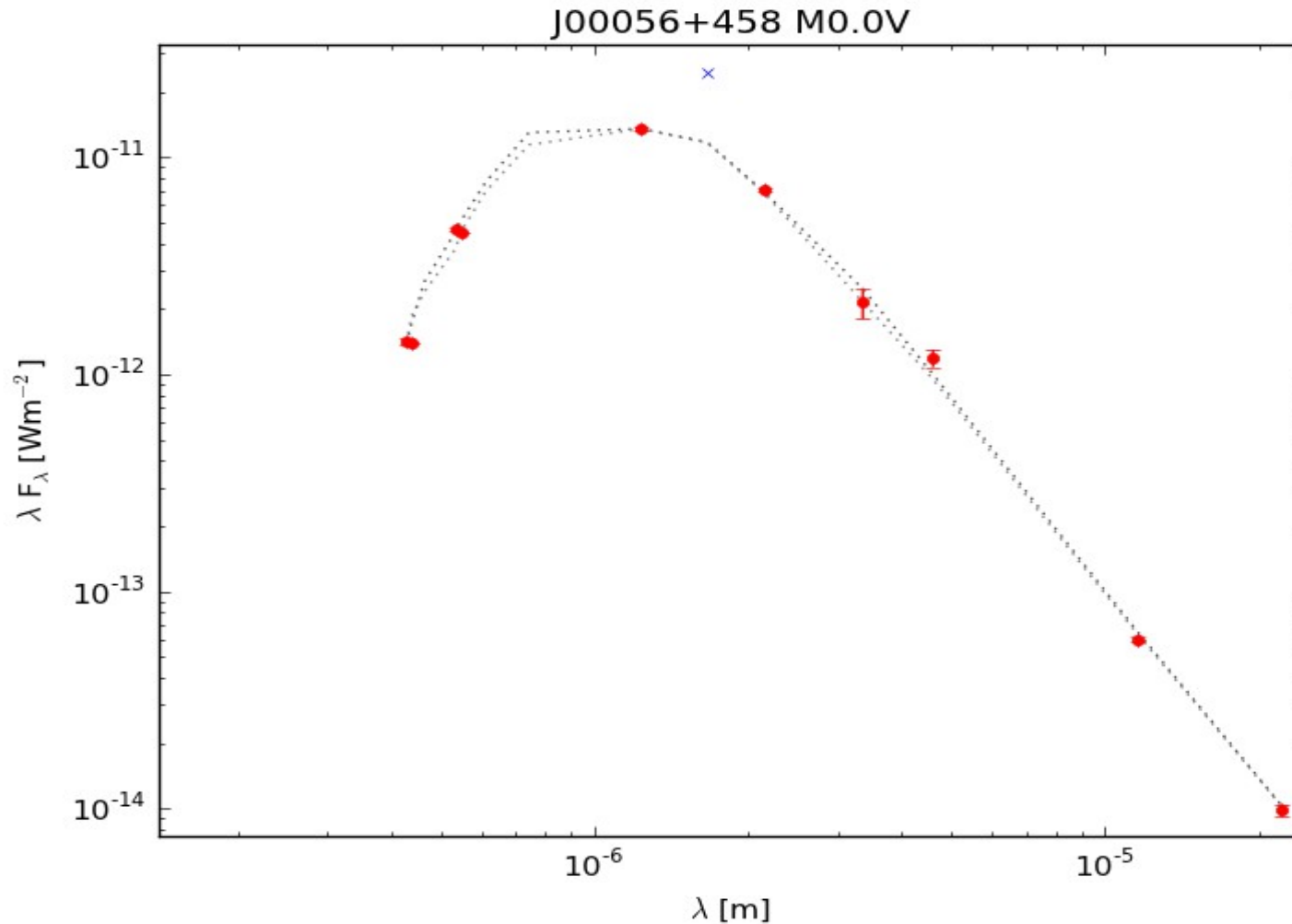
- ¿Exceso de flujo infrarrojo?



Resultados y discusión

Índices de actividad - H α

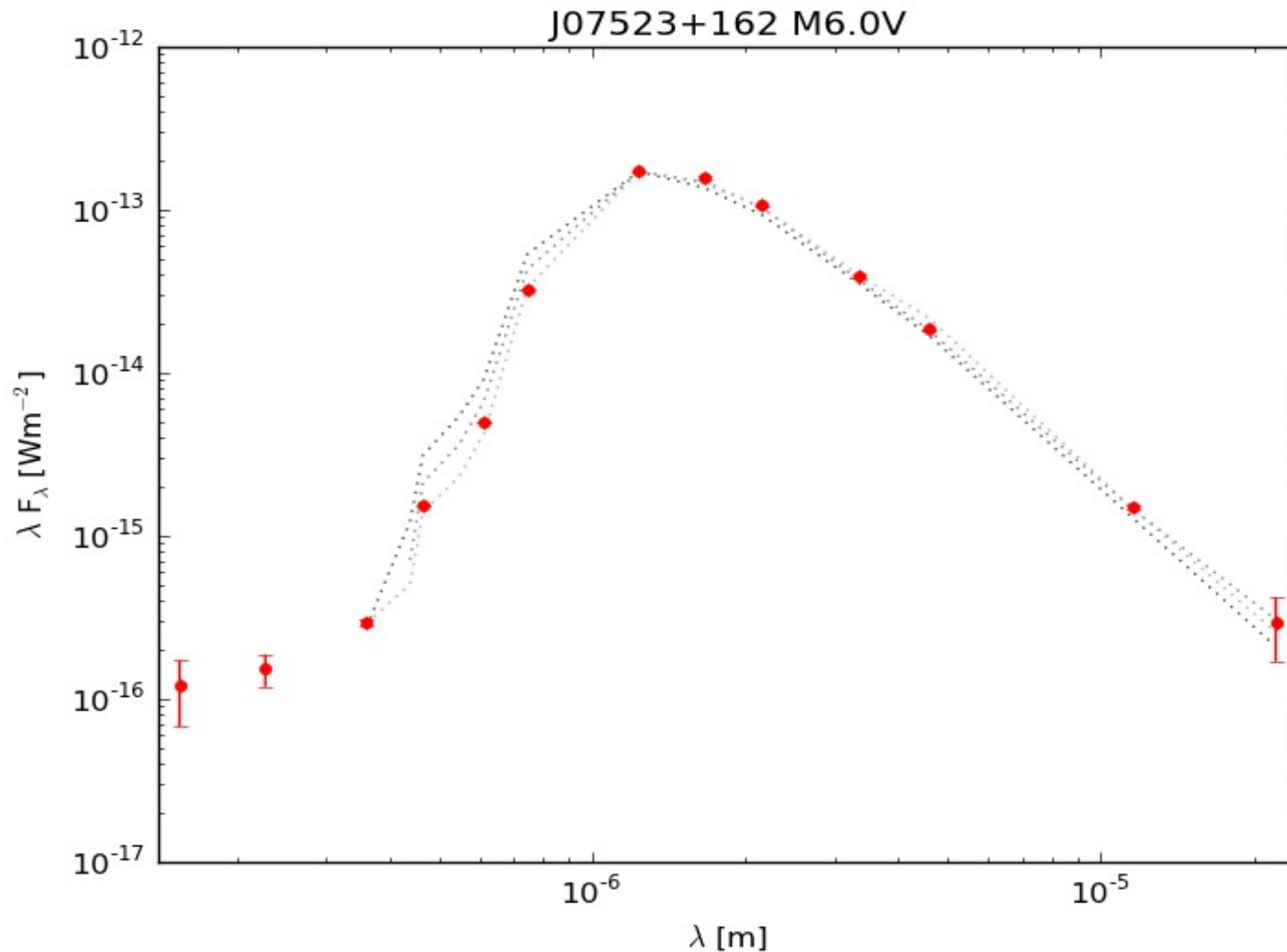
- ¿Exceso de flujo infrarrojo?



Resultados y discusión

Índices de actividad - H α

- ¿Exceso de flujo infrarrojo?

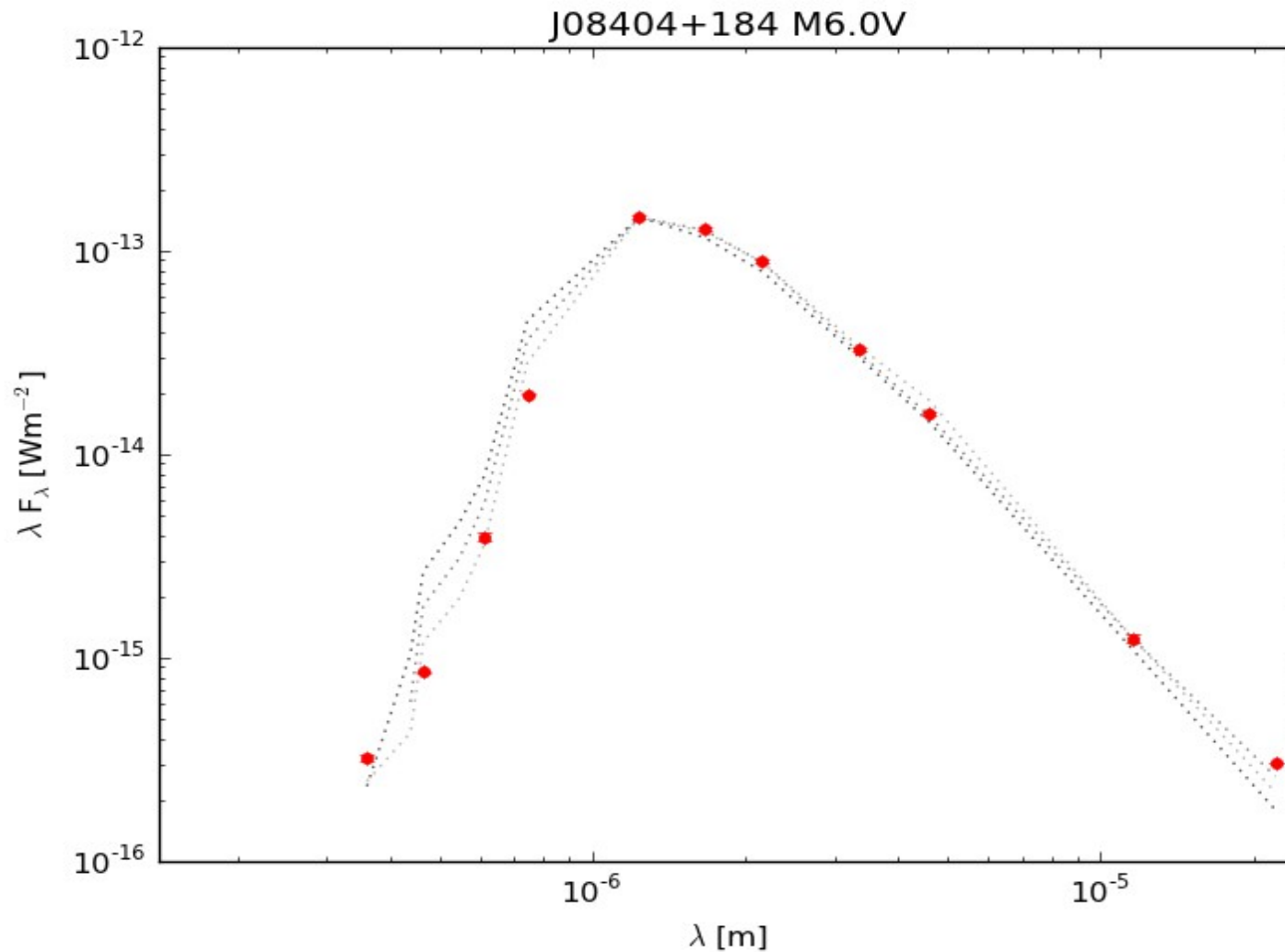


Resultados y discusión

Índices de actividad - H α



- ¿Exceso de flujo infrarrojo?

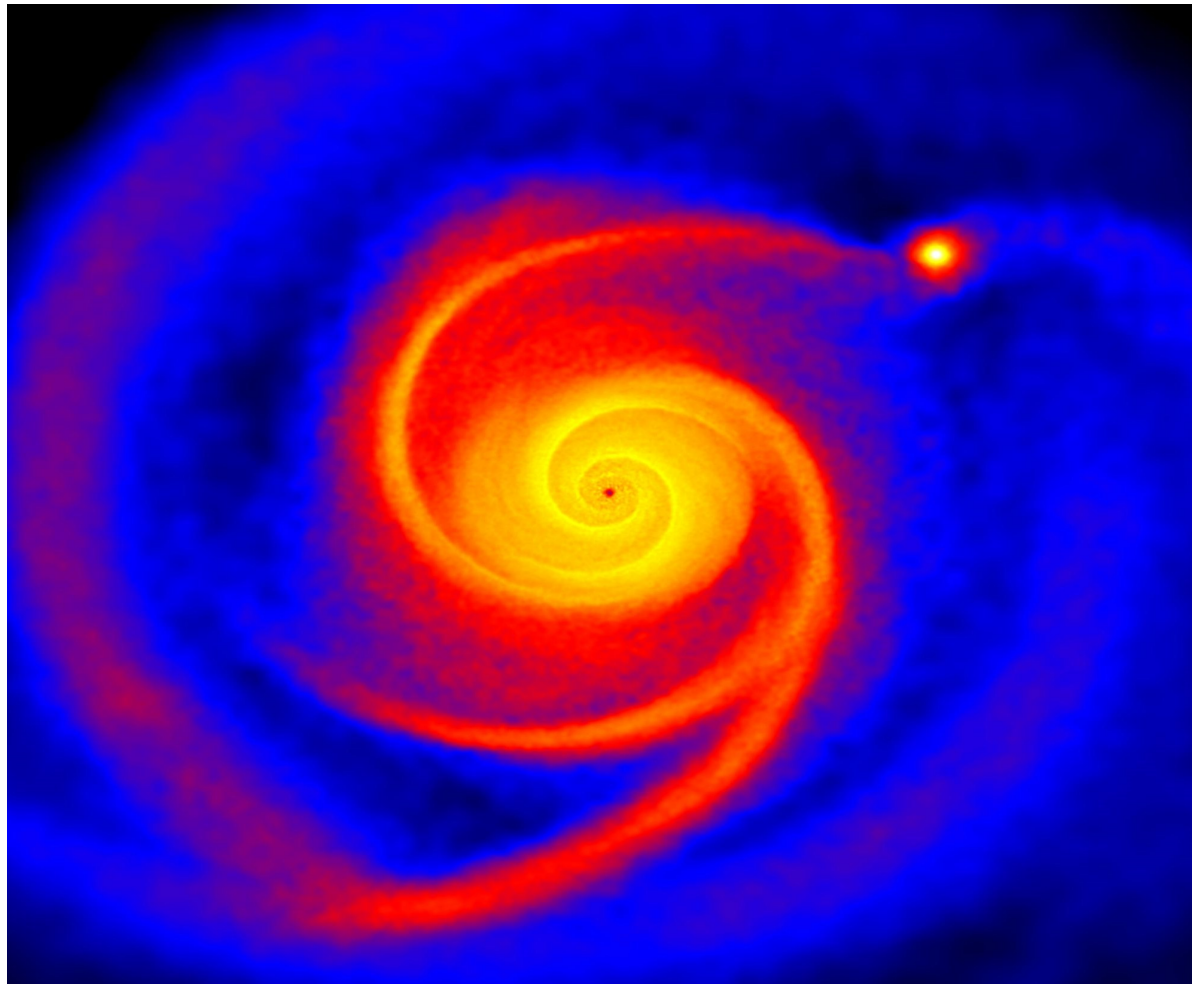


Resultados y discusión

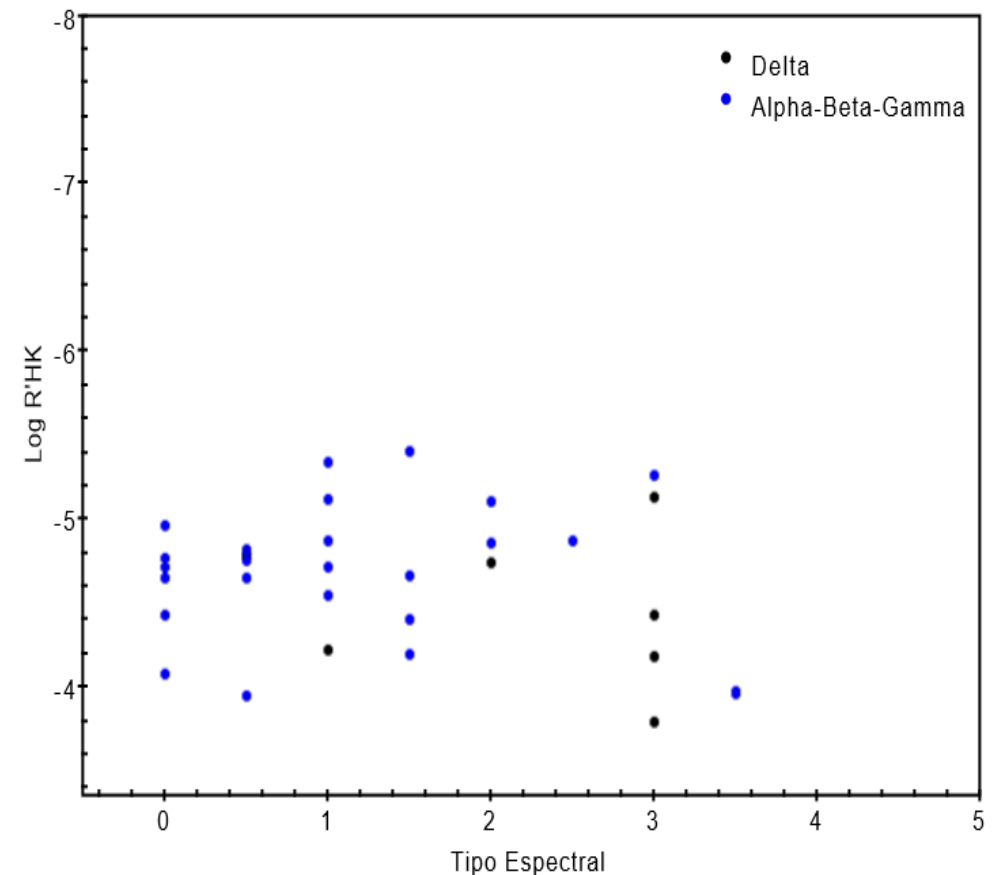
Índices de actividad - H α



- **G 116-072 (J09593+438E)** $\rightarrow$ 25 - 300 Ma (Shkolnik et al. 2009).



- $\text{H}\alpha + \text{Ca II} \rightarrow$ estrellas activas (Walkowicz et al. 2009).



Resultados y discusión

Grupos de movimiento y asociaciones jóvenes



- Edad → Estado evolutivo.
- Grupo de estrellas coherente cinemáticamente hablando, que pueden compartir un origen común (Montes et al. 2001).
- Criterio de determinación “a priori” para seleccionar a una estrella.

Resultados y discusión

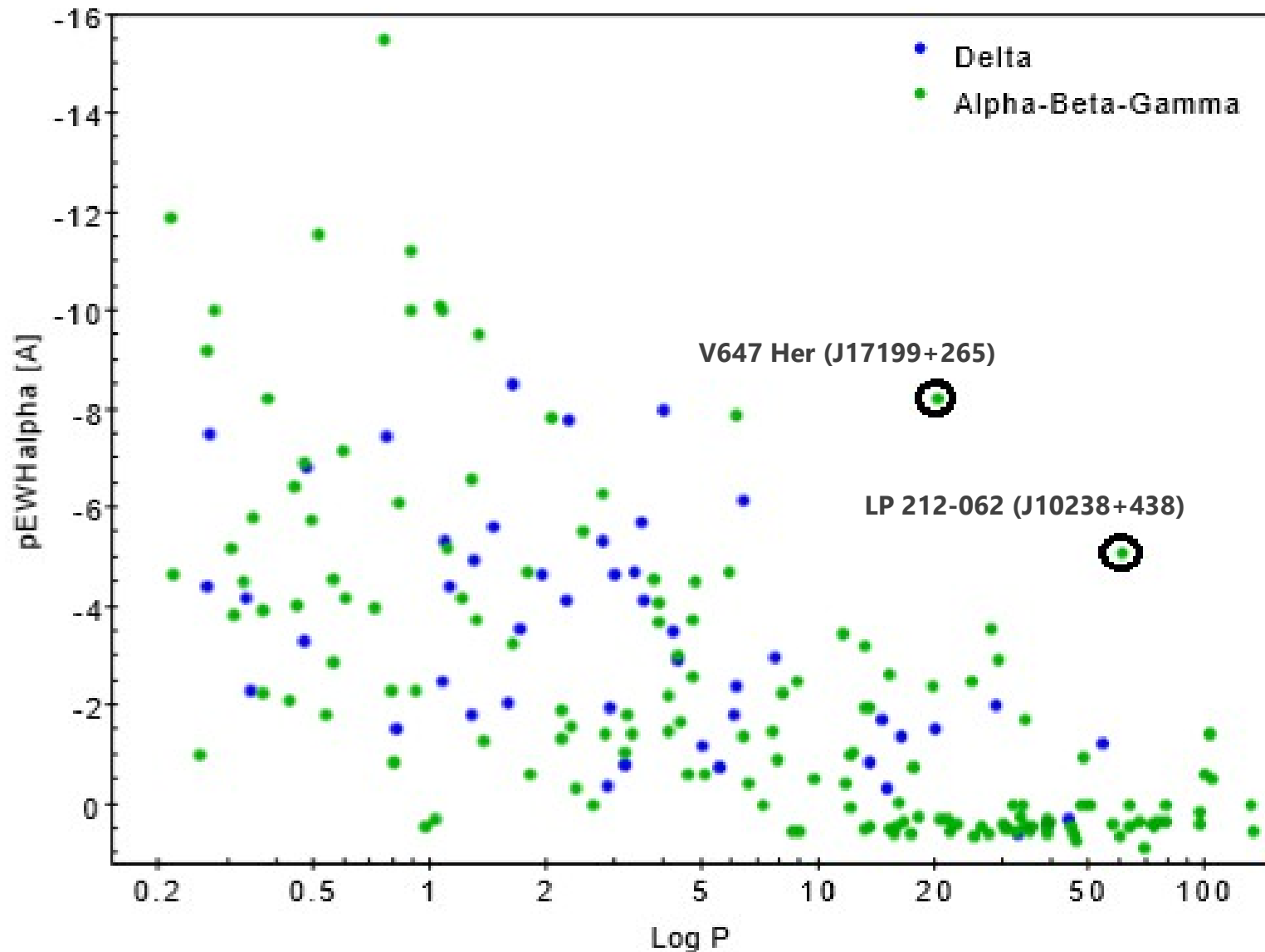
Grupos de movimiento y asociaciones jóvenes



Grupo de movimiento, asociación y región de formación	Edad [Ma]	Número de estrellas
Cúmulo de Taurus	1-2	3
TW Hydrae	8	3
β Pictoris	12	8
AB Doradus	50	7
Castor	200	18
Ursa Major	500	1
Grupo de las Hyades	~600	2
Cúmulo de las Hyades	~600	2

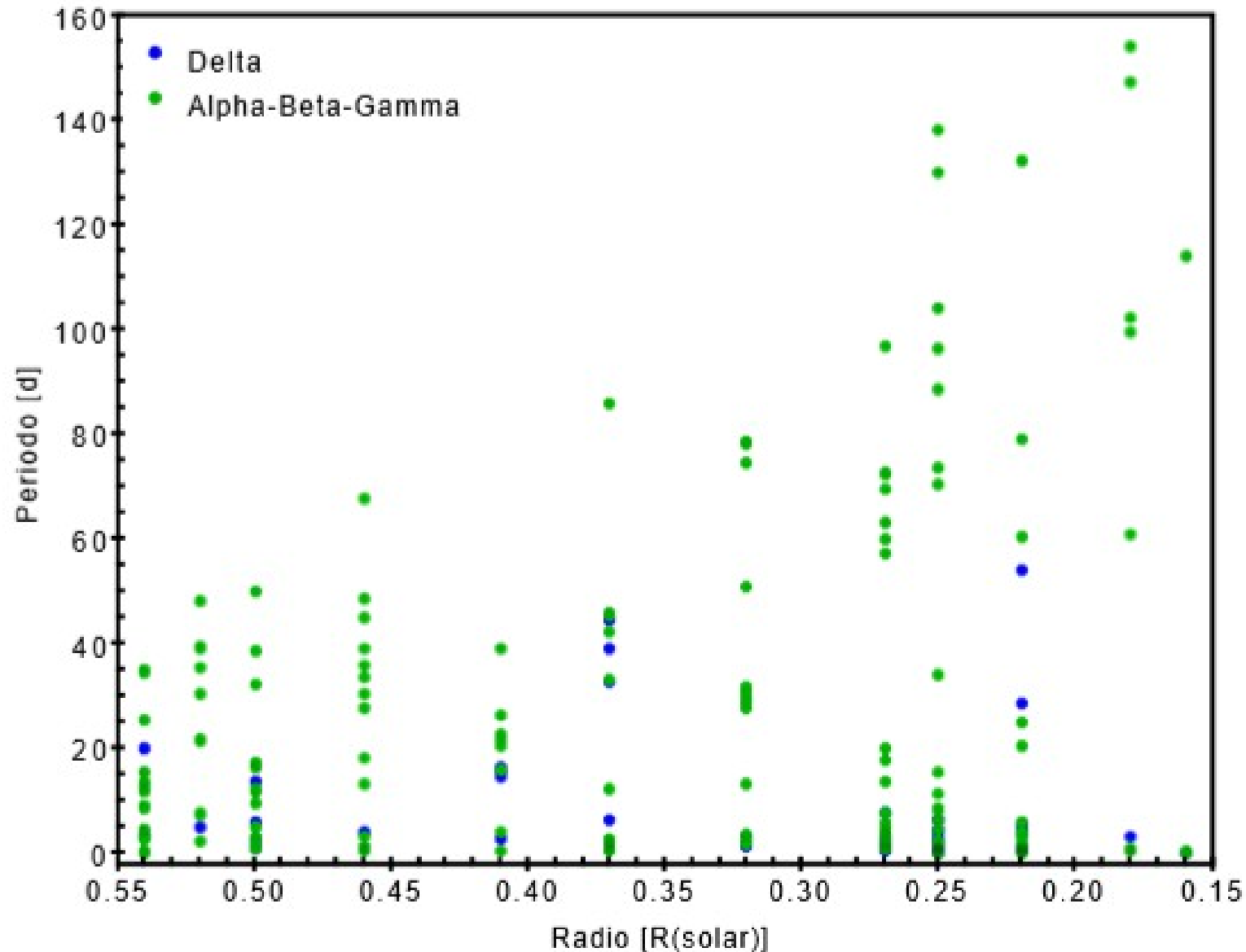
Resultados y discusión

Velocidad rotacional y parámetros estelares



Resultados y discusión

Velocidad rotacional y parámetros estelares



Resultados y discusión

Velocidad rotacional y parámetros estelares



- Velocidad rotacional:

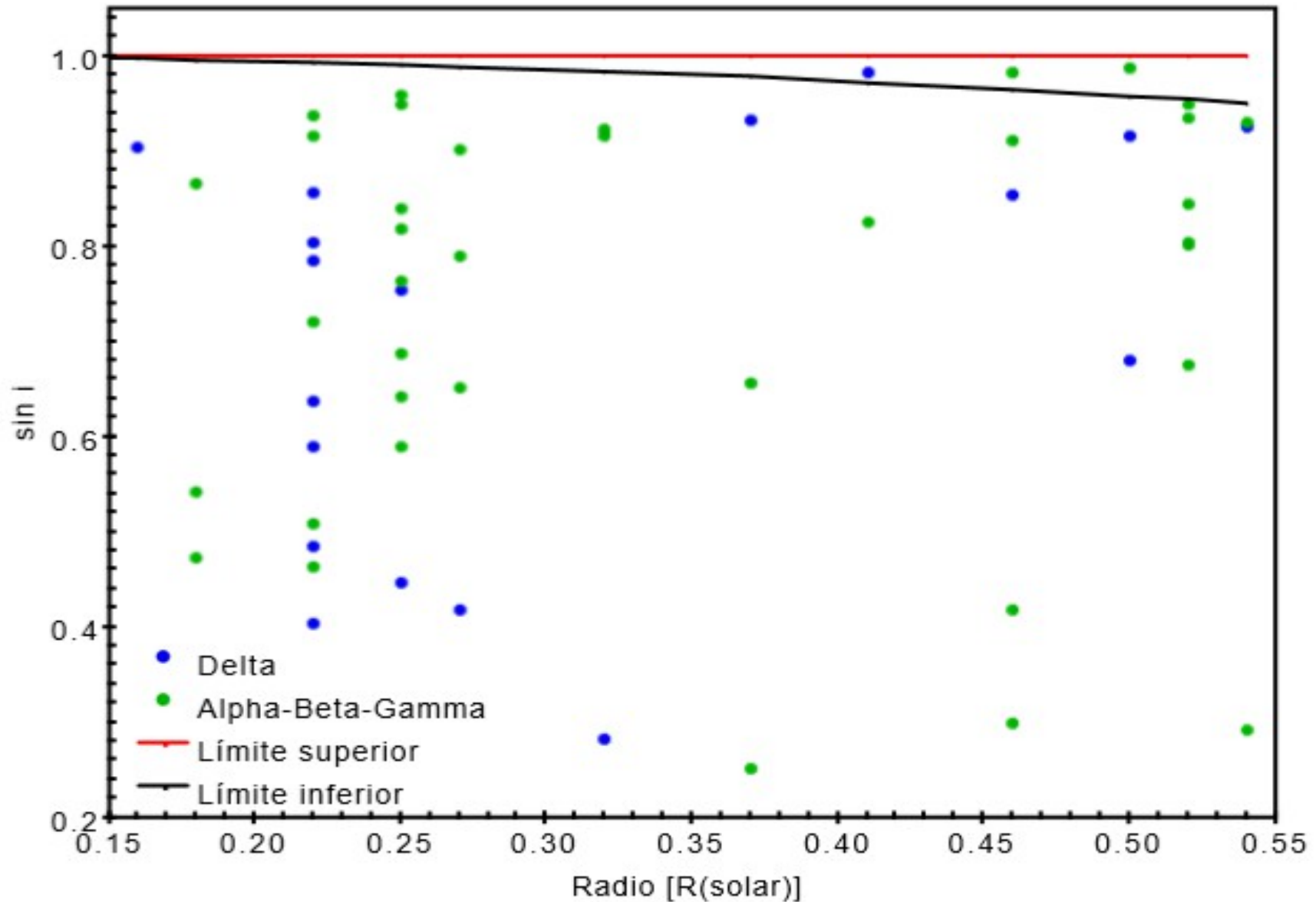
$$v \sin(i) = \frac{2\pi R}{P} \sin(i)$$

- Probabilidad de tránsito geométrico:

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

Resultados y discusión

Velocidad rotacional y parámetros estelares



Resultados y discusión

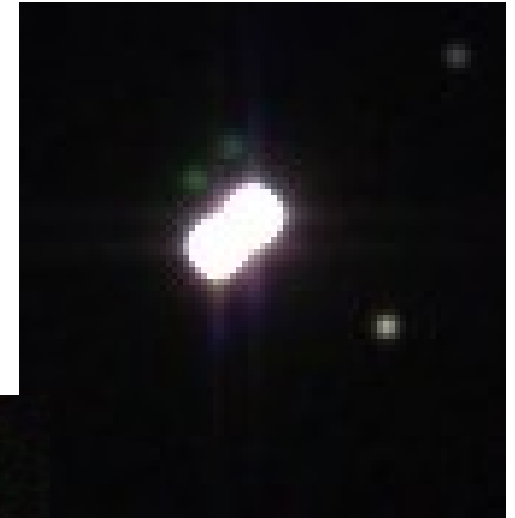
Velocidad rotacional y parámetros estelares



DT Vir AB (J13007+123)



BD-21 1074 A (J05068-215E)



FF And (J00428+355)



- Introducción
- Análisis
 - Periodos de rotación
 - Velocidad rotacional
 - Emisión $H\alpha$
 - Índice de actividad R'_{HK}
- Resultados y discusión
 - Índices de actividad
 - Grupos de movimiento y asociaciones jóvenes
 - Velocidad rotacional y parámetros estelares
- Conclusiones

Conclusiones



- **172** periodos de rotación, **93** medidas de $v \sin i$,
- **36** medidas de R'_{HK} y **481** medidas de $pEW(\text{H}\alpha)$.
- **44** estrellas en grupo de movimiento cinemático.
- **G 116-072** → ¿exceso de $\text{H}\alpha$?

Conclusiones



- $pEW(H\alpha)$ vs $P \rightarrow$ **V647 Her** y **LP 212-062**.
- R'_{HK} , no es posible relacionarla con $pEW(H\alpha)$.
- Se obtiene la inclinación del eje de rotación de la estrella.

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

Preparation of the CARMENES Input Catalogue

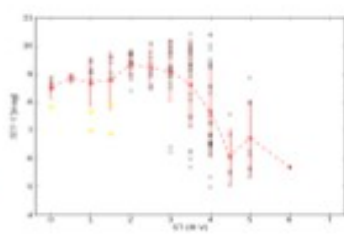
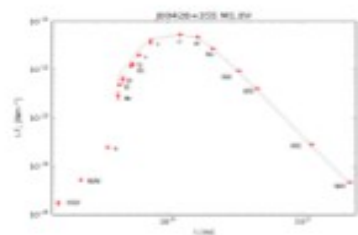
Mining public archives for stellar parameters and spectra of M dwarfs with master thesis students



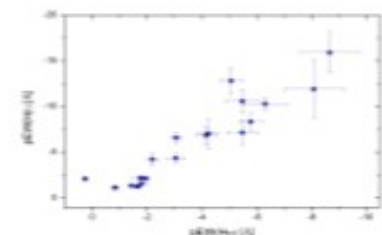
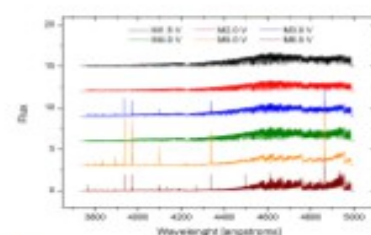
D. Montes⁸, J. A. Caballero¹⁰, F. J. Alonso-Floriano⁸, M. Cortés-Contreras⁸, E. González-Álvarez⁸, D. Hidalgo⁸, G. Holgado⁸, H. Martínez-Rodríguez⁸, J. Sanz-Forcada¹⁰ and the CARMENES Consortium^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11} (<http://carmenes.caha.es/>)

¹Max-Planck-Institut für Astronomie • ²Instituto de Astrofísica de Andalucía • ³Landessternwarte Königstuhl • ⁴Institut de Ciències de l'Espai • ⁵Institut für Astrophysik Göttingen • ⁶Instituto de Astrofísica de Canarias • ⁷Thüringer Landessternwarte Tautenburg • ⁸Universidad Complutense de Madrid • ⁹Hamburger Sternwarte • ¹⁰Centro de Astrobiología • ¹¹Centro Astronómico Hispano-Alemán – Calar Alto Observatory

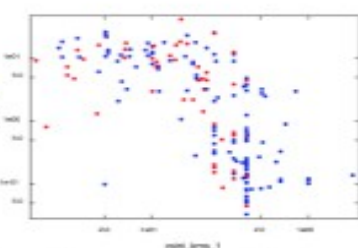
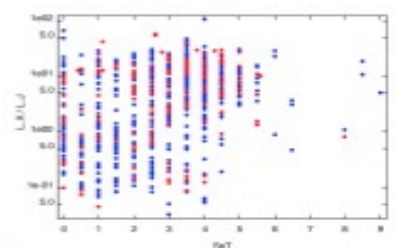
We are compiling the most comprehensive database of M dwarfs ever built, CARMENCITA, the CARMENES Cool dwarf Information and daTa Archive, which will be the CARMENES 'input catalogue'. In addition to the science preparation with low- and high-resolution spectrographs and lucky imagers (see the other posters at Cool Stars 18), we compile a huge pile of public data on over 2100 M dwarfs, and analyze them, mostly using virtual-observatory tools. Here we describe four specific actions carried out by master students. They mine public archives for additional high-resolution spectroscopy (UVES, FEROS and HARPS), multi-band photometry (FUV-NUV-u-B-g-V-r-R-i-J-H-Ks-W1-W2-W3-W4), X-ray data (ROSAT, XMM-Newton and Chandra), and periods, rotational velocities and H α pseudo-equivalent widths. As described, there are many interdependences between all these data.



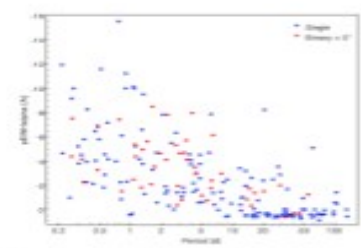
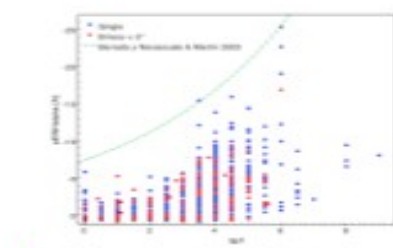
▲ **Photometry.** Holgado compiled photometric data from GALEX, SDSS, Tycho-2, UCAC4, CMC14, 2MASS and WISE archives for constructing cleansed spectral energy distributions of 158 CARMENCITA stars (left panel: SED of FF And) and studying colour-colour relations of 361 bright, late-type, single M dwarfs that surpasses previous works. He also quantified the ultraviolet-excess emission and identified active early M dwarfs (right panel: NUV-V vs. spectral type).



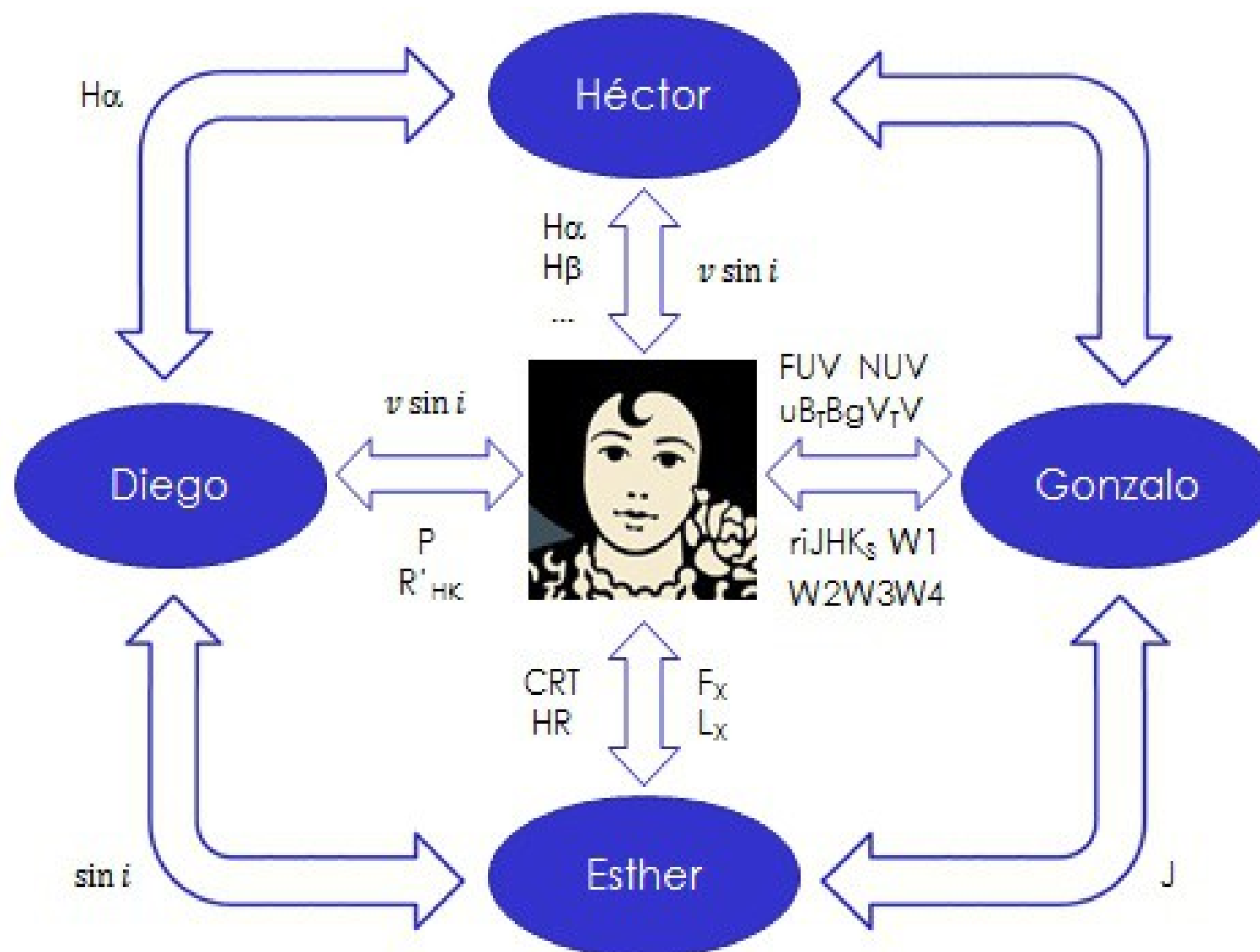
▲ **High-resolution spectroscopy.** Martínez-Rodríguez downloaded 128 UVES spectra of 61 CARMENCITA stars in eight channels (left panel: BLU437) and measured pseudo-equivalent widths of H α - η , Ca II H&K, Na I D1&2 and He I D3. He measured pEW(H α) of 27 M dwarfs for the first time and studied its relation to other lines in emission (right panel: pEW(Hb) vs. pEW(Ha)). He also measured $v \sin i$ of 24 stars (7 new) and identified wrong values published in the literature.

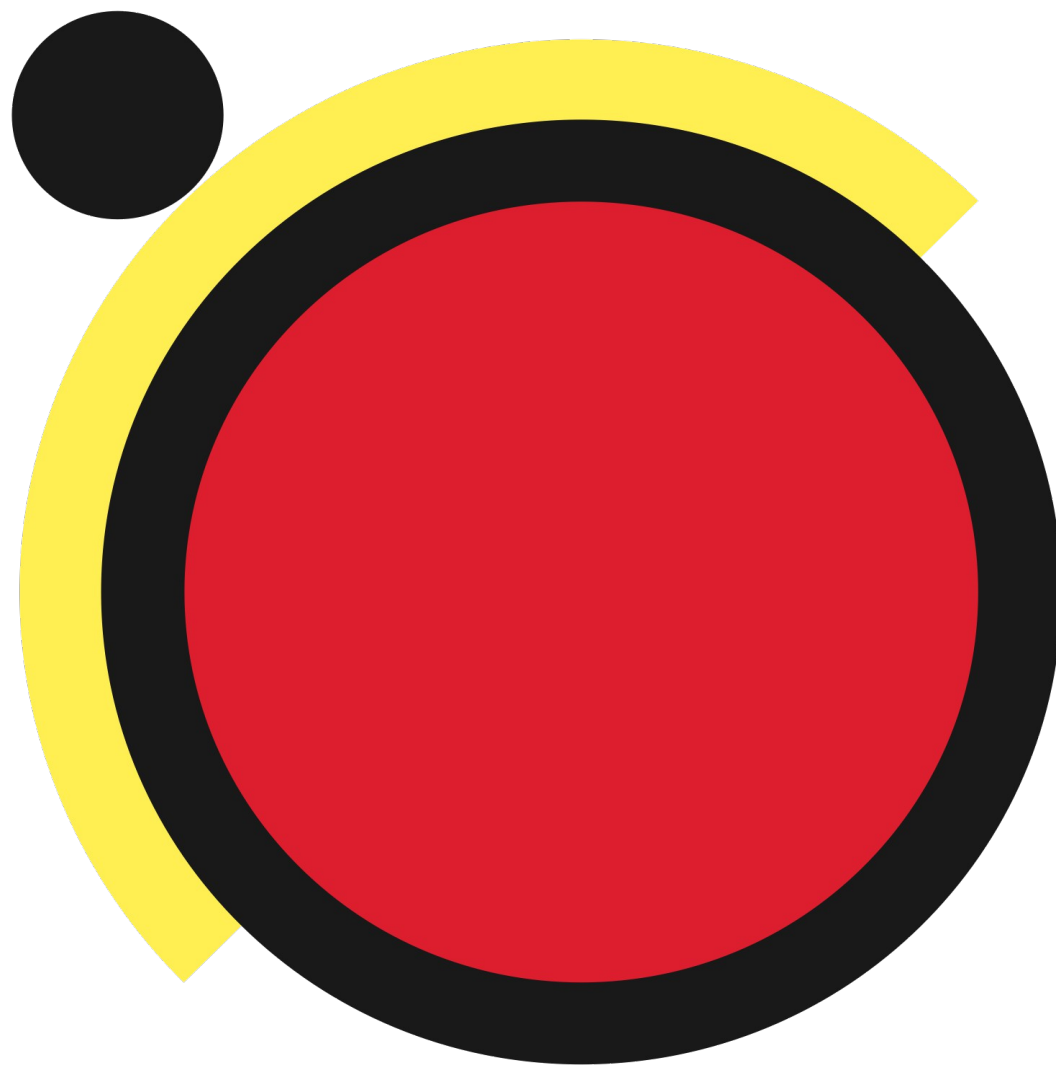


▲ **X-ray emission.** González-Álvarez added new X-ray count-rate and hardness-ratio data of 188 M dwarfs to CARMENCITA. She calculated X-ray fluxes and luminosity ratios L_X/L_1 for 770 stars in total and investigated its variation with spectral type (left panel) and rotational velocity (right panel). She corroborated with a large sample that close binaries (red dots) are more active than single stars and that X-ray saturation starts at $v \sin i \approx 5$ km/s.



▲ **Rotation and activity.** Hidalgo ransacked dozens of publications and compiled photometric periods for 217 CARMENCITA stars, rotational velocities for 420, pEW(H α)s for 1766, and membership in young moving groups for 44. He studied the relation between spectral type, H α activity (left panel), close multiplicity, periods (right panel) and $v \sin i$, from where he identified three stars with inclination angles $i = 79.3$ to 81.6 deg: DT Vir AB, BD-21 1074 A and FF And.





carmenes

Apéndice – Conversión R'_{HK}



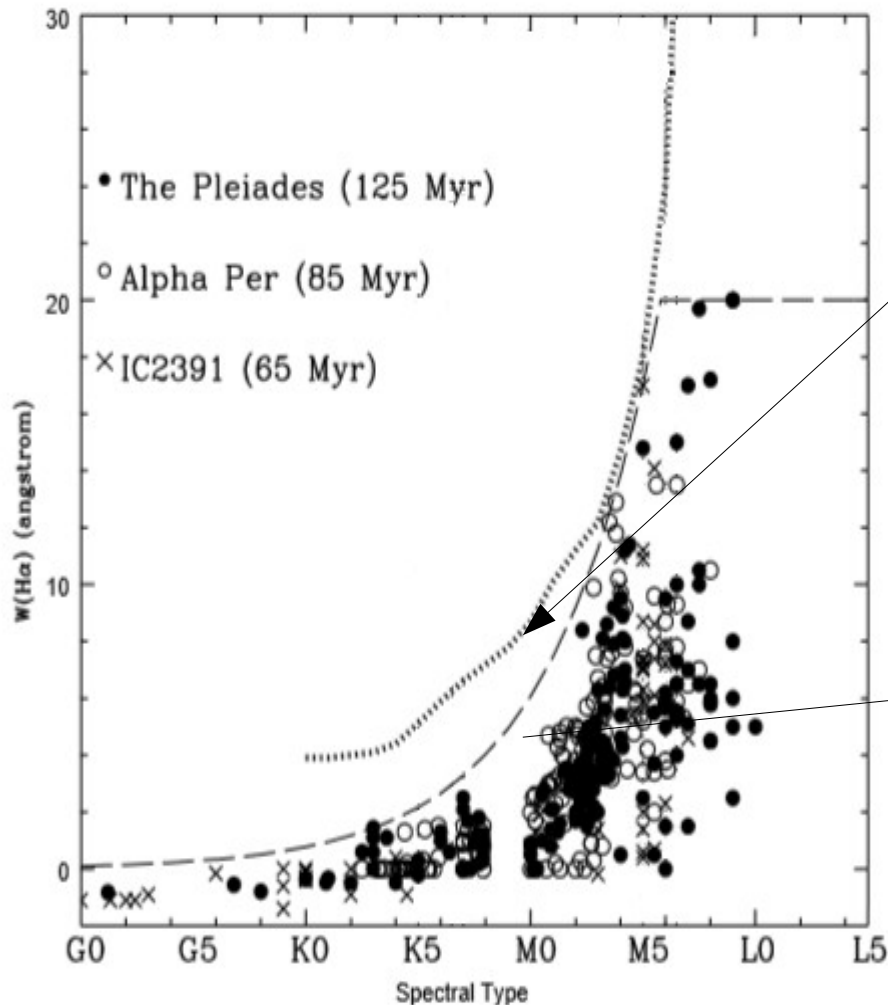
$$S = \alpha \frac{H + K}{R + V} \longrightarrow R_{HK} = 1,34 \times 10^{-4} C_{ef} S$$

$$C_{ef}(B - V) = 1.13(B - V)^3 - 3.91(B - V)^2 + 2.84(B - V) - 0.47$$

$$R'_{HK} = R_{HK} - R_{pho} \longleftarrow \log(R_{pho}) = -4.898 + 1.918(B - V)^2 - 2.893(B - V)^3$$

Apéndice – Límite entre actividad cromosférica y acreción

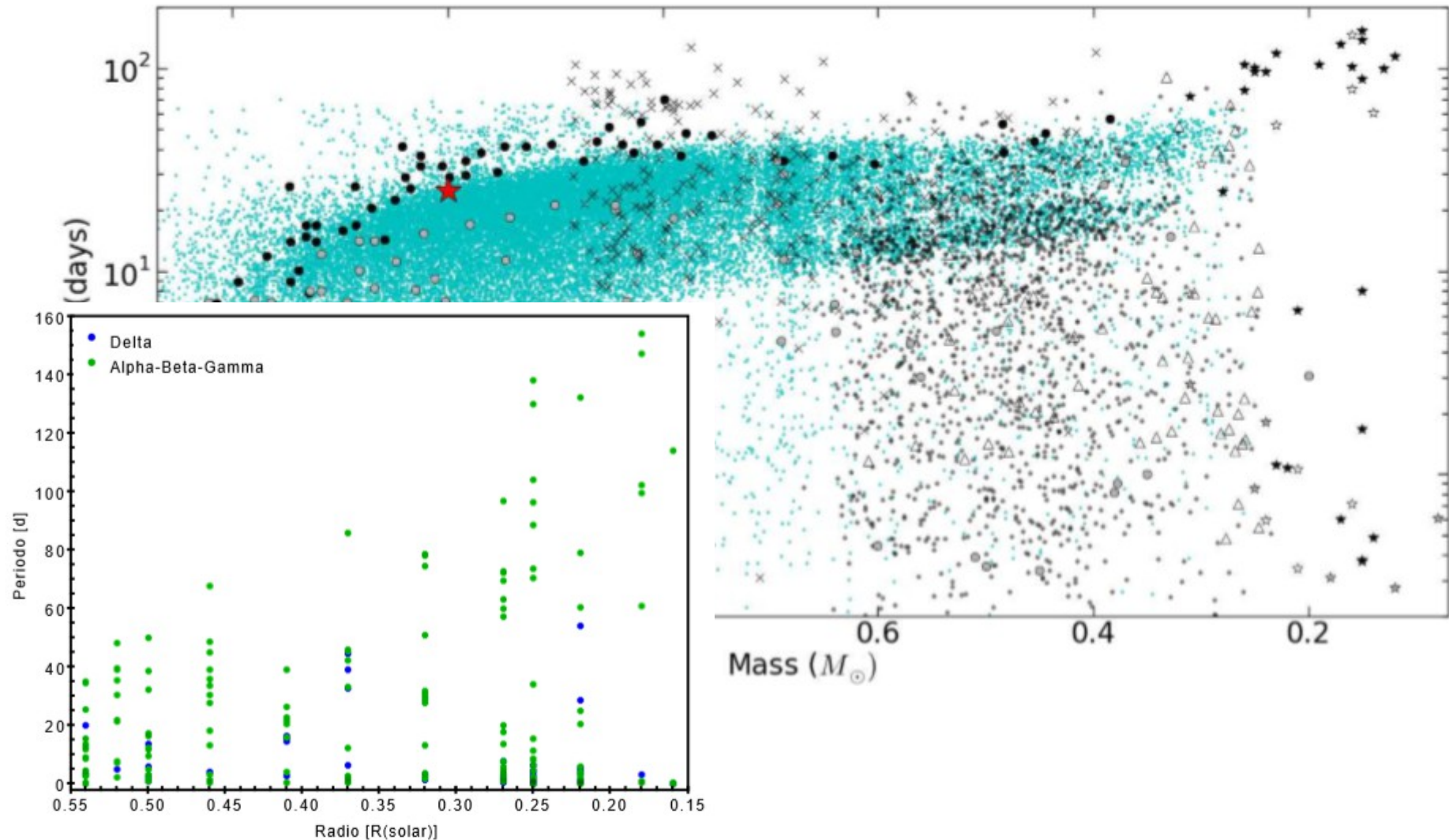
- Límite de saturación (IC 2391):



$$\log(L(H\alpha)/L_{bol}) = -3,3$$

$$\log pEW(H\alpha) = 0,0893(SpT) - 4,5767$$

Apéndice – Relación entre el radio teórico y el periodo de una estrella.



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, D. & Martín, E. L. 2003, AJ, 126, 2997
- Bidelman, W. P. 1988, Bulletin d'Information du Centre de Données 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, D., et al. 2010, A&A, 520, A91
- Caballero, J.A., Cortes-Contreras, M., Alonso-Floriano, F.J et al., 2013. Protostars and Planets VI, (Heidelberg, July 15 — 20, 2013) Poster 2K020 <http://www.mpa-hd.mpg.de/homes/ppvi/posters/2K020.html>
- 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
- 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

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, D. & Martín, E. L. 2003, AJ, 126, 2997
- Bidelman, W. P. 1988, Bulletin d'Information du Centre de Données 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, D., et al. 2010, A&A, 520, A91
- Caballero, J.A., Cortes-Contreras, M., Alonso-Floriano, F.J et al., 2013. Protostars and Planets VI, (Heidelberg, July 15 — 20, 2013) Poster 2K020 <http://www.mpa-hd.mpg.de/homes/ppvi/posters/2K020.html>
- 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
- 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

Bibliografía



- Gizis, J. E., Reid, I. N. & Hawley, S. L. 2002, AJ, 123, 3356
- G lebocki, R., Gnacin'ski, 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. & Eyer, L. 2002, NMRAS, 331, 45
- Korhonen, H., Vida, K., Husarik, M., et al. 2010, Atron. Nach., 331, 772

Bibliografía



- 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
- 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
- Montes, D., Caballero, J. A., Alonso-Floriano, F. J., Cortés-Contreras, M., González-Álvarez, E., Hidalgo, D., Holgado, G., Martínez-Rodríguez, H., Sanz-Forcada, J., Proceedings of Cool Stars 18, The 18th Cool Stars, Stellar Systems and the Sun workshop (9 - 13 June 2014, Flagsta, Arizona, USA)
- Montes, D., López-Santiago, J., Gálvez, M. C. et al. 2001, MNRAS, 328, 45
- Phan-Bao, N. & Bessel, M. S. 2006, A&A, 446, 515
- Plavec, M. 1960, Astron. Inst. Czechoslovak, BAC11, 197
- Pojmanski, G. 2002, Acta Astron., 52, 397
- Poveda, A., Herrera, M. A. et al. 1993, A&A, 28, 43
- Quirrenbach, A., Amado, P. J., Seifert, W., et al. 2012, SPIE, 8446
- Rebull, L. M., Padgett, D. L., McCabe, C. E., et al. 2010, ApJS, 186, 259
- Reid, N. 2002, NMRAS, 342, 847

Bibliografía



- 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., Anglada-Escudé, G., Liu, M.C., 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, R. A., Schmitt, J. H. M. M. & Kahabka, P. 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. 2004, ApJ, 613, L65