

# Determinación de períodos de rotación de estrellas M mediante técnicas fotométricas



## Estudiante:

Enrique Díez Alonso (UCM, Universidad de Oviedo)

## Directores:

David Montes (UCM)

F. Javier de Cos Juez (Univ. Oviedo)

## Colaboradores:

Ramon Naves (Obs. Montcabrer)

Faustino García de la Cuesta (Obs. La Vara, Valdés)

Enrique Herrero (IEEC)

Victor J. S. Béjar (IAC)

José A. Caballero (CAB, LSW)

# Marco del proyecto

Este trabajo se enmarca en el proyecto *CARMENES* (<https://carmenes.caha.es/>); búsqueda de exotierras en estrellas enanas de tipo espectral M mediante el método de la velocidad radial, en funcionamiento desde Enero '16.



# Marco del proyecto

Es fundamental conocer el período de rotación ( $P_{\text{rot}}$ ) de las estrellas de la muestra (*Carmencita*) ya que la actividad magnética puede confundirse o enmascarar la presencia de planetas.

# Objetivos

Determinar los períodos de rotación de las estrellas de *Carmencita* para separar actividad magnética.

Estudiar relaciones del  $P_{\text{rot}}$  con propiedades como la actividad estelar.

Investigar nuevas técnicas de modelización inteligente de la turbulencia atmosférica.

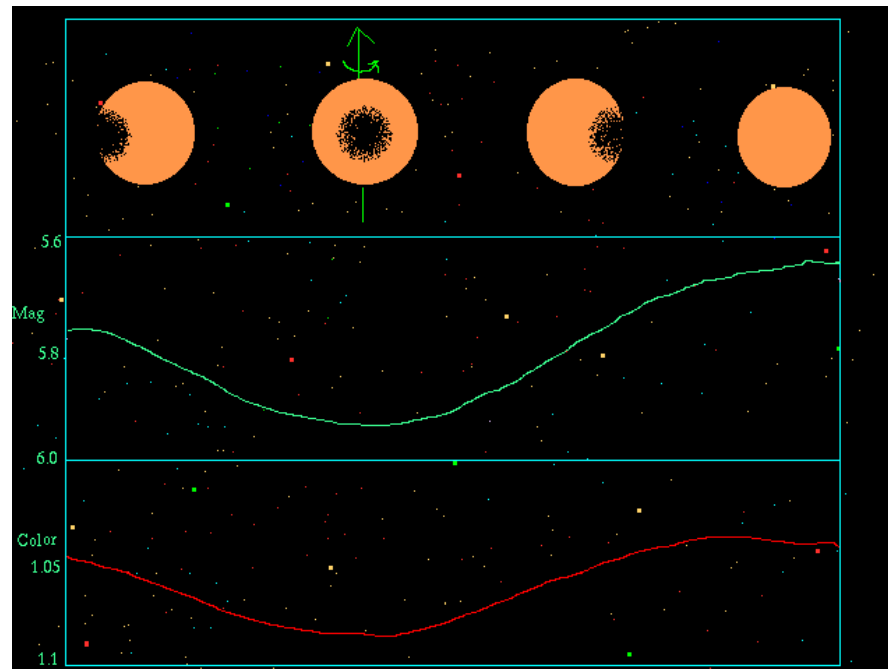
## Situación en 2014

Antes de comenzar este trabajo se conocía  $P_{\text{rot}}$  para 46 de las 298 estrellas prioritarias (*alfas*) de *Carmencita* (Diego Hidalgo).

Nos planteamos realizar búsquedas de series fotométricas de larga duración de las que inferir  $P_{\text{rot}}$ , así como realizar observaciones propias de las estrellas sin datos en surveys.

# Modulaciones fotométricas

La presencia de manchas en las estrellas induce modulaciones fotométricas ( $\sim 0.01$  mag) de las que podemos inferir  $P_{\text{rot}}$  (variables tipo BY Dra).



# Análisis de series fotométricas

Obteniendo *periodogramas* de series fotométricas suficientemente largas y muestreadas se puede inferir el  $P_{\text{rot}}$ , además de rotación diferencial o ciclos de actividad.

Hemos usado el método *Lomb-Scargle*, que permite obtener fácilmente una estimación de la probabilidad de falsa alarma (FAP) de una señal en el periodograma.

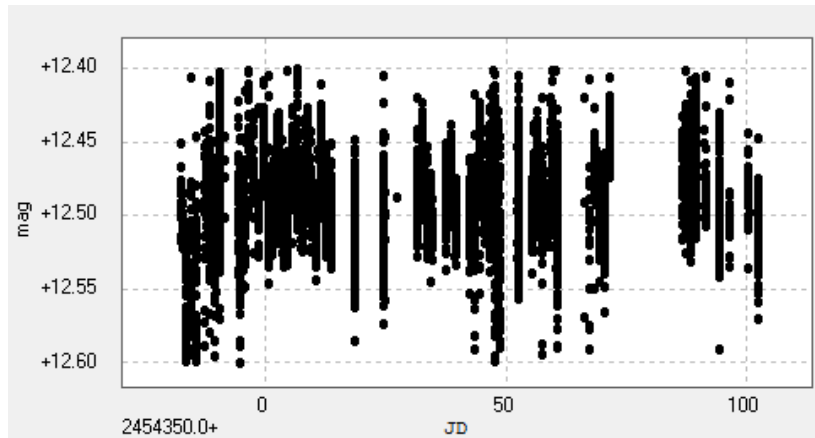
Consideramos señales significativas aquellas para las que  $\text{FAP} \sim 1\% \text{ ó } < 1\%$ , además de la inspección visual de la curva de rotación correspondiente.



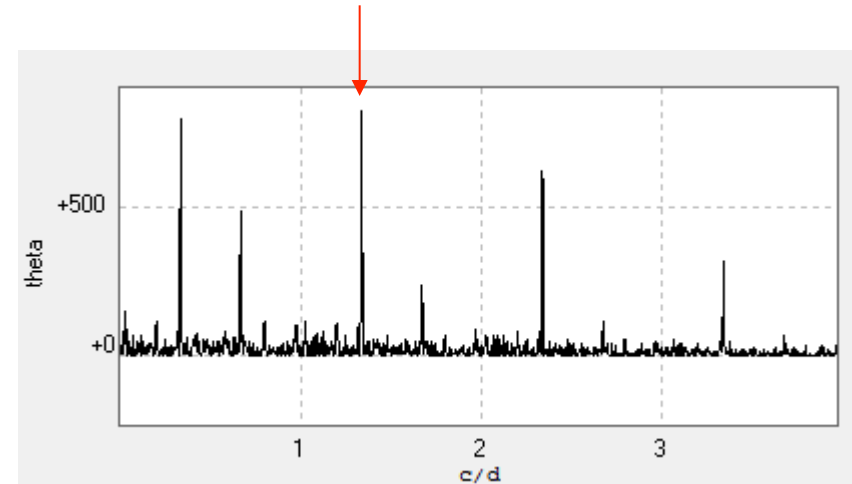
# Análisis de series fotométricas

Name	Survey (Prot)	FAP (%)	Prot_d	eProt_d
GJ 2	Superwasp	< 0.1	15.4	0.6
Wolf 1056	Superwasp	< 0.1	50.2	1.2
YZ Cet	ASAS	0.4	69.2	2.4
G 034-023	Superwasp	< 0.1	0.56	0.01
LP 768-113	ASAS	1.7	27.1	0.4

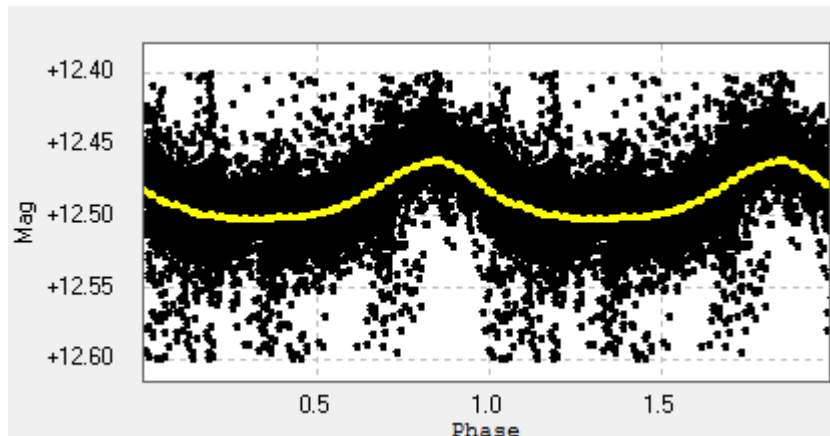
# Análisis de series fotométricas



Serie fotométrica de G 173-039 (SuperWASP)



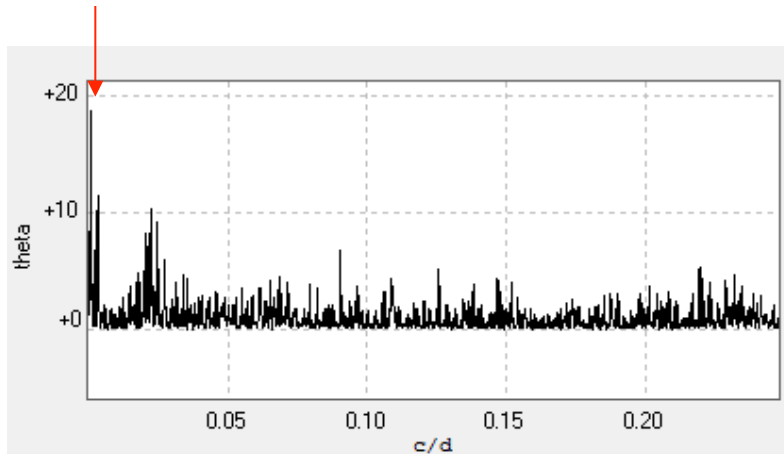
Periodograma Lomb – Scargle con la frecuencia de mayor potencia en 1.337 c/d (0.747 días), FAP < 0.1%



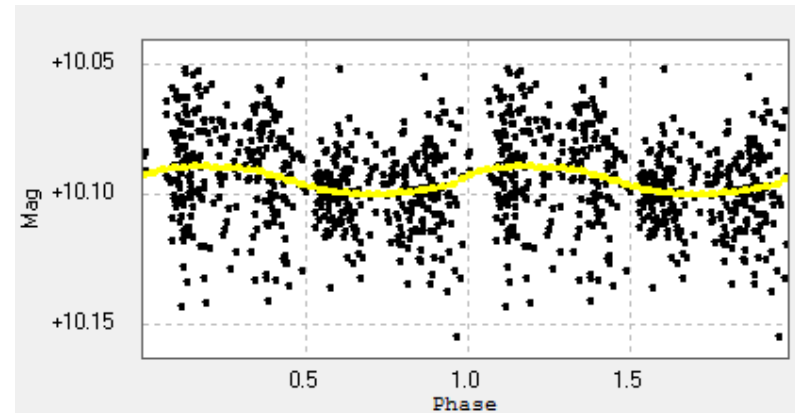
Curva de rotación correspondiente a  $P_{\text{rot}} = 0.747$  días

# Análisis de series fotométricas

Si la serie fotométrica es lo suficientemente larga en ocasiones pueden llegar a inferirse ciclos de actividad.



Periodograma L-S de GJ 2066. En 0.00076 c/d (3.8 años) encontramos una señal de ciclo de actividad



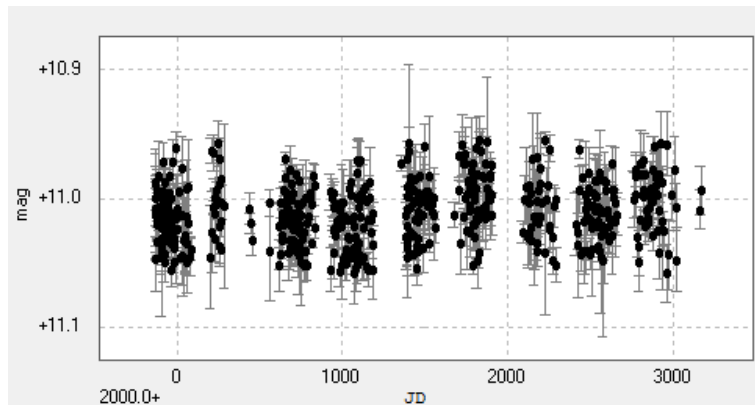
Curva del ciclo de actividad de 3.8 años de GJ 2066

# Análisis de series fotométricas

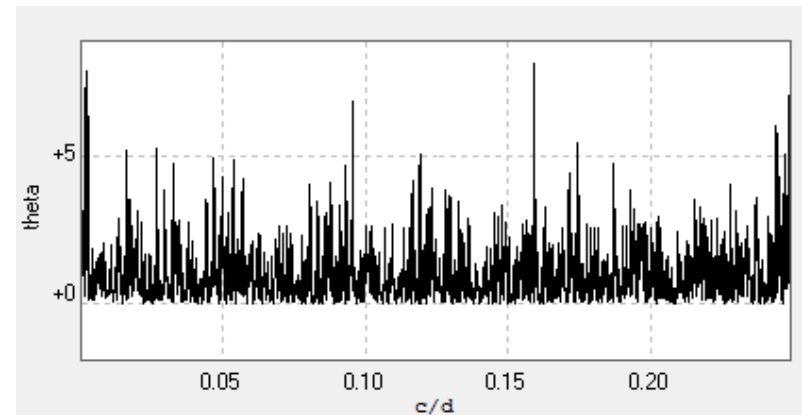
Si las regiones activas son muy estables en el tiempo se obtiene un  $P_{\text{rot}}$  claro analizando todos los datos de una sola vez.

De lo contrario, los cambios de posición de las regiones activas nos obligan a analizar los datos en intervalos temporales más cortos para obtener un periodograma final conjunto en el que destaque el  $P_{\text{rot}}$  de la estrella.

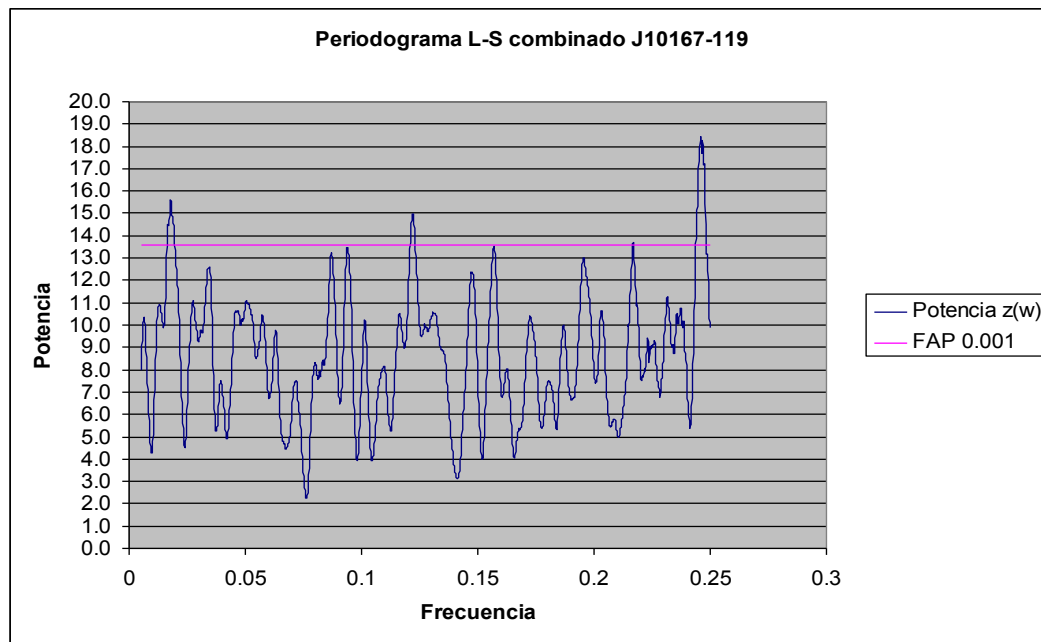
# Análisis de series fotométricas



Serie fotométrica de GJ 386 (ASAS)



Periodograma de GJ 386 (todas las temporadas)



Suma de ocho periodogramas correspondientes a ocho temporadas de observación de GJ 386

# Surveys

Se han obtenido series fotométricas de los siguientes surveys:

- **MEarth** (Irwin et al. 2011ApJ...727...56I)
- **K2** (Howell et al. 2014PASP..126..398H)
- **ASAS** (Pojmanski et al. 2002AcA....52..397P)
- **SuperWASP** (Pollacco et al.2006PASP..118.1407P)
- **NSVS** (Wozniak et al. 2004AJ....127.2436W)
- **Catalina Real-Time Transient Survey** (CRTS,  
Drake et al. 2009ApJ...696..870D)

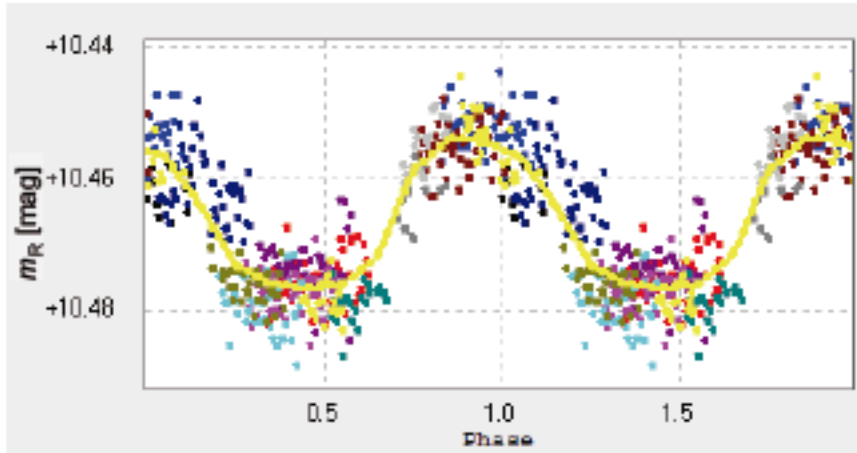
# Observaciones propias

Si no se encuentran series fotométricas en surveys, o estas no son válidas, realizamos observaciones propias.

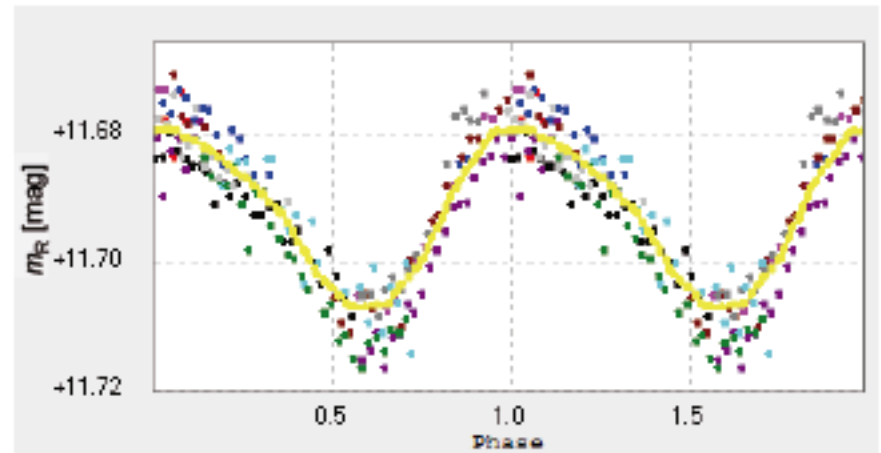
75 horas de observación en el Telescopio Joan Oró desde 10/05/2015 con el que observamos estrellas sospechosas de ser rotadoras lentas (pEW ( $H_{\alpha}$ ) y  $v_{\text{seni}}$  bajas).

Colaboraciones con observatorios amateurs (Montcabrer, mpc 213, La Vara, mpc J38, Carda, mpc Z76), desde los que se realiza seguimiento continuado de estrellas sospechosas de ser rotadoras rápidas.

# Observaciones propias



1RXS J050156.7+010845,  $P_{\text{rot}} = 0.68$  d



RX J0447.2+2038,  $P_{\text{rot}} = 0.342$  d

**Fig. 2:**  $P_{\text{rot}}$  determination for two stars observed with data obtained at Obs. *Montcabrer*. Light curve phased with  $P_{\text{rot}}$  (each colour indicates a time of observation) and average value of the data (yellow curve).



# Modelización inteligente de la turbulencia atmosférica

En colaboración con el *Grupo de Modelización Matemática Aplicada* de la Universidad de Oviedo se están desarrollando técnicas de modelización inteligente de la turbulencia atmosférica.

Para ello se ha instalado en el observatorio Carda un sistema de dos sistemas ópticos idénticos en paralelo, tomando imágenes de ciencia y reconstrucción. Hasta la fecha se han realizado las primeras pruebas con tránsitos de exoplanetas y se pretende ampliar a la rotación de estrellas M.

# Modelización inteligente de la turbulencia atmosférica



Montaje instalado en el Observatorio Carda

# Estado actual del proyecto (diciembre ' 16)

215 estrellas con  $P_{\text{rot}}$  determinado por primera vez.

77 presentan señal con FAP  $\sim 0.1\%$  al analizar toda la serie temporal.

Las 138 restantes incluyen las que han sido analizadas por temporadas y las que presentan múltiples señales.

62 estrellas tienen  $P_{\text{rot}}$  publicado. También han sido analizadas.

21 estrellas sin datos válidos en surveys; De ellas 4 observadas con TJO (en análisis), 4 en observación con TJO, 5 en observación por amateurs

En desarrollo toma de imágenes y pruebas de modelización de la turbulencia con el sistema de dos tubos

# Póster presentado en la XII reunión científica de la SEA, Julio '16

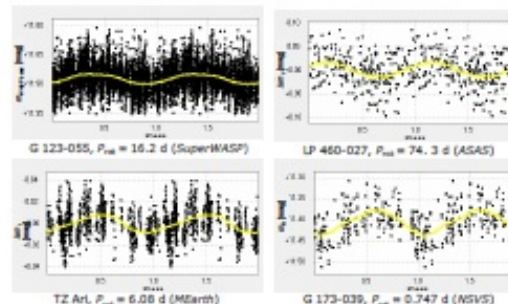
## Determination of rotation periods of M stars with photometric techniques.



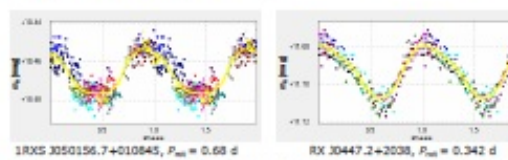
E. Díez Alonso<sup>5</sup>(eridiaz@uom.es),<sup>15</sup>, D. Montes<sup>6</sup>, F. J. de Cos Juez<sup>12</sup>, R. Naves<sup>13</sup>, F. García de la Cuesta<sup>14</sup>, E. Herrero<sup>7</sup>, V. J. S. Béjar<sup>6</sup>, J. A. Caballero<sup>3,10</sup>, A. Quirrenbach<sup>3</sup>, P. J. Amado<sup>2</sup>, I. Ribas<sup>4</sup>, A. Reiners<sup>2</sup>, R. Mundt<sup>1</sup>, W. Seifert<sup>2</sup>, and the CARMENES Consortium<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11</sup>

<sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Astronomie • <sup>2</sup>Instituto de Astrofísica de Andalucía • <sup>3</sup>Landessternwarte Königstuhl • <sup>4</sup>Institut de Ciències de l'Espai • <sup>5</sup>Institut für Astrophysik Göttingen • <sup>6</sup>Instituto de Astrofísica de Canarias • <sup>7</sup>Thüringer Landessternwarte Tautenburg • <sup>8</sup>Universidad Complutense de Madrid • <sup>9</sup>Hamburger Sternwarte • <sup>10</sup>Centro de Astrobiología • <sup>11</sup>Centro Astronómico Hispano-Alemán - Calar Alto Observatory • <sup>12</sup>Universidad de Oviedo • <sup>13</sup>Obs. Montcabrer (mpc 213) • <sup>14</sup>Obs. La Vra (mpc 138) • <sup>15</sup>Obs. Carda (mpc 276)

**Abstract.** This work is part of the project CARMENES (Calar Alto search for high-Resolution M dwarfs With Exoearths With Near-infrared and optical Echelle spectrographs) (<http://carmenes.caha.es>) searching for Earthlike exoplanets in M dwarf stars (Quirrenbach et al. 2014SPIE.9147E..1FQ). Our goal is to characterize the rotation periods of the M-type dwarf stars of CARMENES input catalog in order to distinguish variations in radial velocity produced by magnetic activity of those produced by possible exoplanets. These data will also allow us to study in detail the dependence of chromospheric activity with rotation in this type of stars. We are analyzing photometric series of our input stars obtained by surveys as M<sub>Earth</sub>, ASAS or K2 and making observations at various telescopes in collaboration with amateur observatories. We are also developing and testing new photometric techniques based on intelligent modeling of atmospheric turbulence to improve rotation curves.

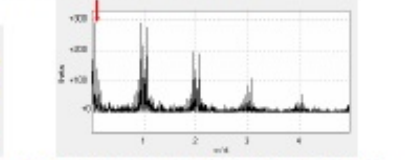


**Fig. 1:** Examples of determining  $P_{rot}$  in four of the surveys analysed (SuperWASP, ASAS, M<sub>Earth</sub> and NSVS). Light curve phased with  $P_{rot}$  and average value of the data (yellow curve).



**Fig. 2:**  $P_{rot}$  determination for two stars observed with data obtained at Obs. Montcabrer. Light curve phased with  $P_{rot}$  (each colour indicates a time of observation) and average value of the data (yellow curve).

We have selected **264 M stars** of our catalogue (Carmenita, see poster Caballero et al., this meeting) with unknown rotation period ( $P_{rot}$ ) and performed a search of photometric data in the following surveys: **M<sub>Earth</sub>** (Irwin et al. 2011ApJ...727..561), **K2** (Howell et al. 2014PASP...126..398H), **ASAS** (Pojmanski et al. 2002AcA...52..397P), **SuperWASP** (Pollacco et al. 2006PASP...118.1407P), **NSVS** (Wozniak et al. 2004AJ...127.2436W) and **Catalina** Real-Time Transient Survey (CRTS, Drake et al. 2009ApJ...696..870D). In addition, we are observing at various telescopes in collaboration with amateur observatories (**Montcabrer**, **La Vra**, and **Carda**, ten stars observed to date). To determine the  $P_{rot}$  we analyse periodograms (see Fig. 3) using Lomb-Scargle method (L-S, Scargle, 1982ApJ...263..835S) we also obtain the probability of false alarm and an estimate of confidence of the frequencies found (Horne & Balunas, 1996ApJ...302..757H).



**Fig. 3:** L-S periodogram of G 123-055. The rotation frequency corresponding to the peak of  $0.0617$   $d^{-1}$  ( $P_{rot} = 16.2$  d, red arrow, see Fig. 1). The other prominent peaks are aliases.

To date we determined  $P_{rot}$  for **156 M dwarfs** (see examples in Figs. 1 and 2). In cases where photometric data are not available from surveys, we are making observations. Suspected stars of being slow rotators ( $v \sin i$  &  $pEW(H\alpha)$ ) have an observation program in Joan Oró Telescope (Observatorio Astronómico del Montsec, 75 hours with Meia 2 instrument since 10/05/16). Suspected stars of being fast rotators are observed in collaboration with amateur observatories Montcabrer, La Vra and Carda.



**Fig. 4:** Assembly installed in Carda observatory.

In collaboration with the Advanced Mathematical Modeling Group at the University of Oviedo, we are developing new photometric techniques based on intelligent modelling of atmospheric turbulence. This new technique will be tested in slight photometric modulations induced by rotation in our stars, as well as in the photometric tracking of stars with exoplanets. In this first phase tests are being developed on an assembly with two identical telescopes and CCD cameras, taking science and reconstruction images (see Fig. 4).

# Acciones futuras

Observación de las estrellas sin datos fotométricos válidos y obtención de su  $P_{\text{rot}}$ .

Revisión de las 138 estrellas con  $P_{\text{rot}}$  ya determinado temporada a temporada o con múltiples señales.

Relación de los  $P_{\text{rot}}$  obtenidos con parámetros estelares.

Continuación de la investigación en modelización de la turbulencia con el sistema de dos tubos.

Publicación de los resultados. En preparación un artículo con los  $P_{\text{rot}}$  de alta fiabilidad (señal con FAP  $\sim 1\%$  ó  $< 1\%$  al analizar toda la serie temporal).