

ESTUDIO FOTOMÉTRICO DE MESSIER 37

I. LAS VARIABLES V1 Y V2

FRANCISCO VIOLAT BORDONAU
Observatorio Norba Caesarina (MPC Z71)
Asesores Astronómicos Cacereños, fviolat@yahoo.es

Resumen. En este trabajo fotométrico del cúmulo abierto Messier 37 (NGC 2099) presentamos los resultados obtenidos durante la campaña del año 2016, en la cual hemos intentado (por noveno año consecutivo) determinar los períodos, amplitudes y otros parámetros físicos de sus variables eclipsantes V1 y V2.

En el año 2007 iniciamos un estudio fotométrico de los cúmulos Messier 36 (NGC 1960) y Messier 37 (NGC 2099) con la intención de obtener curvas de luz de algunas de sus variables y, en dos casos (V1 y V2, en Messier 37), determinar sus parámetros fotométricos (magnitud media, amplitud, período, etc.). Las ambiciosas campañas fotométricas de Messier 13, muy fructíferas a partir del año 2001, han ocupado la mayor parte de nuestra atención, tiempo y recursos de manera que los resultados obtenidos no han llegado a ver la luz: disponemos de abundantes mediciones de ambos cúmulos pero no han sido analizadas en profundidad ni publicadas hasta la fecha.

En el año 2001 Kiss *et al.* (Kiss, 2001) dieron a conocer cinco estrellas variables en el cúmulo de las cuales dos (V1 y V2, marcadas en la Figura 1), las más brillantes, parecían ser estrellas binarias eclipsantes de tipo EA (Algólidas): por desgracia sus observaciones sólo mostraban parte de las curvas de luz, un eclipse (incompletos, en ambos casos) y no lograron determinar períodos, amplitudes o efemérides. Durante los quince años siguiente nadie, pese a la cantidad de trabajos fotométricos del cúmulo que se han realizado, ha logrado determinar dichos parámetros (Chan *et al.*, 2015). Nuestra intención desde la primavera de 2007 ha sido obtener buenas curvas de luz, completas, de las cuales determinar períodos, amplitudes y efemérides.

1. OBSERVACIONES Y REDUCCIÓN DE DATOS.

Se han capturado imágenes filtradas (*V* Jonhson) utilizando un telescopio catadióptrico de 203 mm de abertura y 2000 mm de focal con una cámara CCD de la marca StarlightXpress, modelo SXVF-M7, de 752 x 580 píxeles de 8.6 micras de lado y 16 bits, acoplada al foco primario (focal real: 1947.4 mm); el campo cubierto en las imágenes ha sido de 11.4' x 8.5' con una escala igual a 0.90"/píxel. Hemos trabajado entre los días 19 de febrero (Día Juliano Heliocéntrico 2.457.438) y 25 de marzo de 2016 (D.J.H. 2.457.473), totalizando 19 noches distintas. En una sesión (11 de marzo) se han obtenido también espectros de baja resolución (2.8 nm/píxel), que nos han permitido comprobar el tipo espectral de las estrellas más brillantes de la zona estudiada.

Dado que el cúmulo presenta también otras variables muy interesantes (pulsantes, por ejemplo) tomamos imágenes con tiempos de exposición no demasiado cortos, para que la relación señal/ruido fuese lo suficientemente alta como para poder obtener resultados fiables. Capturamos también imágenes con filtros *B* y *V* (noche del 25 de marzo), con la intención de obtener mediciones en dichas bandas a partir de las cuales elaborar diagramas H-R del cúmulo, tanto de dos sectores distintos (zona norte y zona sur) como de todo el cúmulo: estos y otros resultados se presentarán y analizarán en trabajos futuros.

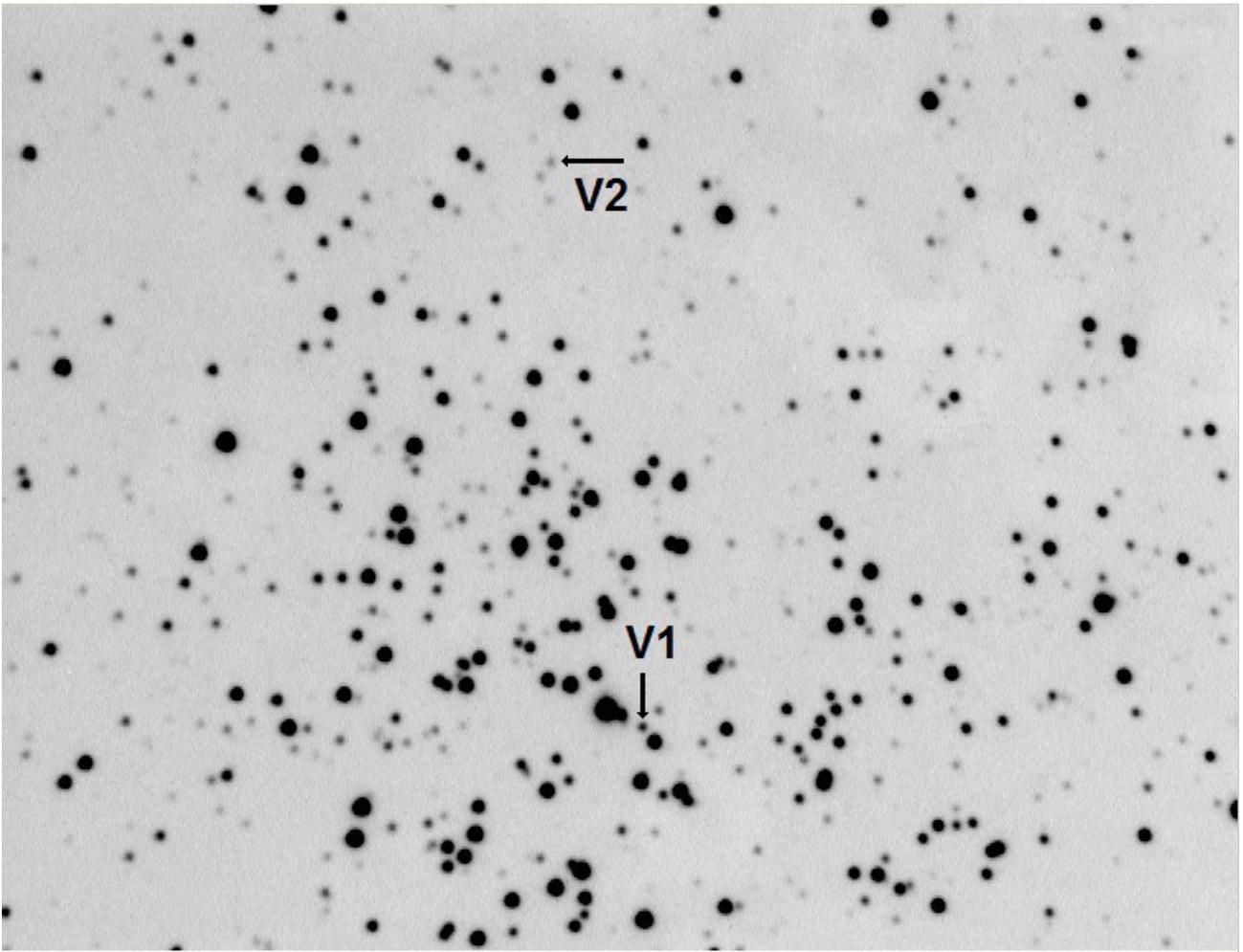


Figura 1. Imagen del cúmulo en banda B que muestra las posiciones de V1 y V2: ambas son difíciles de medir ya que se sitúan muy próximas a otras estrellas. La escala es igual a $0.9''$ por píxel; Norte abajo y Este a la derecha.

2. LAS VARIABLES V1 Y V2.

Kiss *et al.* estudiaron un campo de $29' \times 18'$ durante siete noches (de ellas tres consecutivas), en banda R_c , entre diciembre de 1999 y febrero de 2000 encontrando cinco variables, como ya hemos comentado: las dos más brillantes son V1 (actualmente denominada V541 Aur, magnitud $13.406 V$, $B - V = 0.61$) y V2 (V540 Aur, magnitud $14.653 V$, $B - V = 0.69$); la primera se localiza en la posición α : $05^{\text{h}} 52^{\text{m}} 20.35^{\text{s}}$ y δ : $+32^{\circ} 33' 20.4''$ mientras que la segunda está en α : $05^{\text{h}} 52^{\text{m}} 16.54^{\text{s}}$ y δ : $+32^{\circ} 28' 15.7''$: en el primer caso aparece en el centro del cúmulo, muy pegada a una estrella más brillante, mientras que en el segundo se localiza junto a dos estrellas de brillo bastante similar con las que forma un pequeño triángulo.

En ambos casos las mediciones fotométricas no son fáciles de obtener para una focal de dos metros, sobre todo si la turbulencia de la noche no es reducida, hace un poco de viento o la atmósfera no está en calma: V1 se localiza centrada en una cadena de cuatro estrellas, con astros de mayor brillo a ambos lados de la misma; V2, por su parte, está situada en la zona sur del cúmulo en un área relativamente libre de astros brillantes: por desgracia forma parte de un sistema binario (probablemente óptico) y esto dificulta la obtención de mediciones de calidad sin la contaminación lumínica de su compañera.

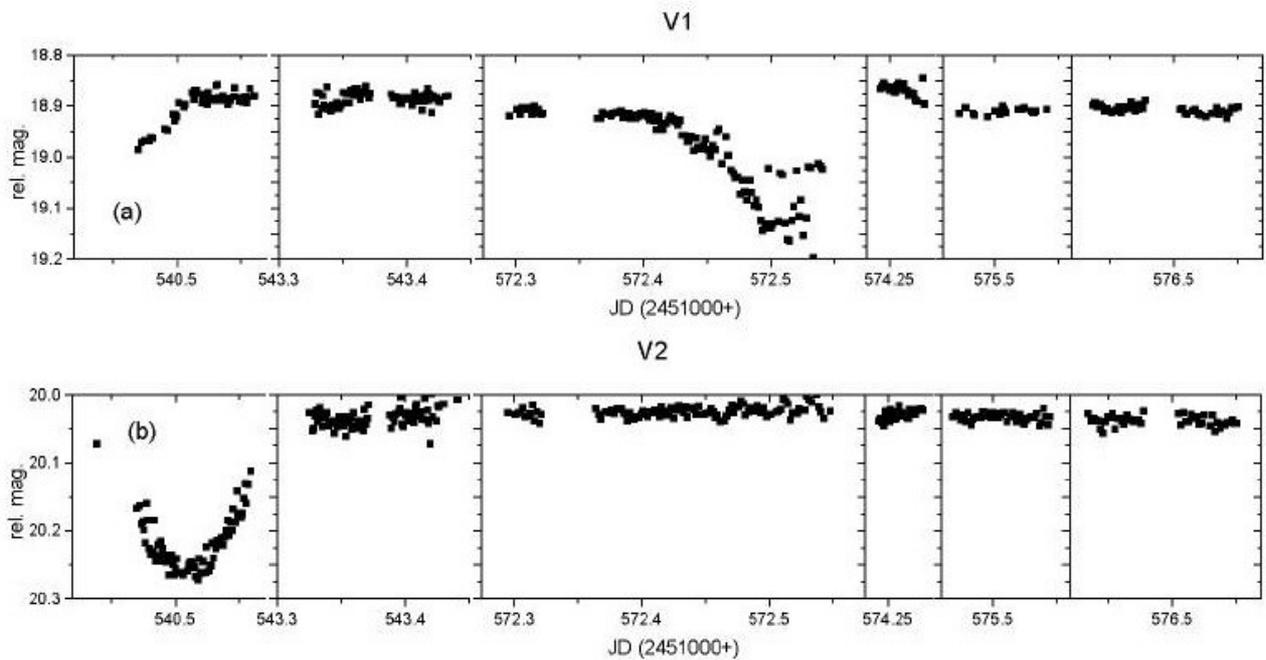
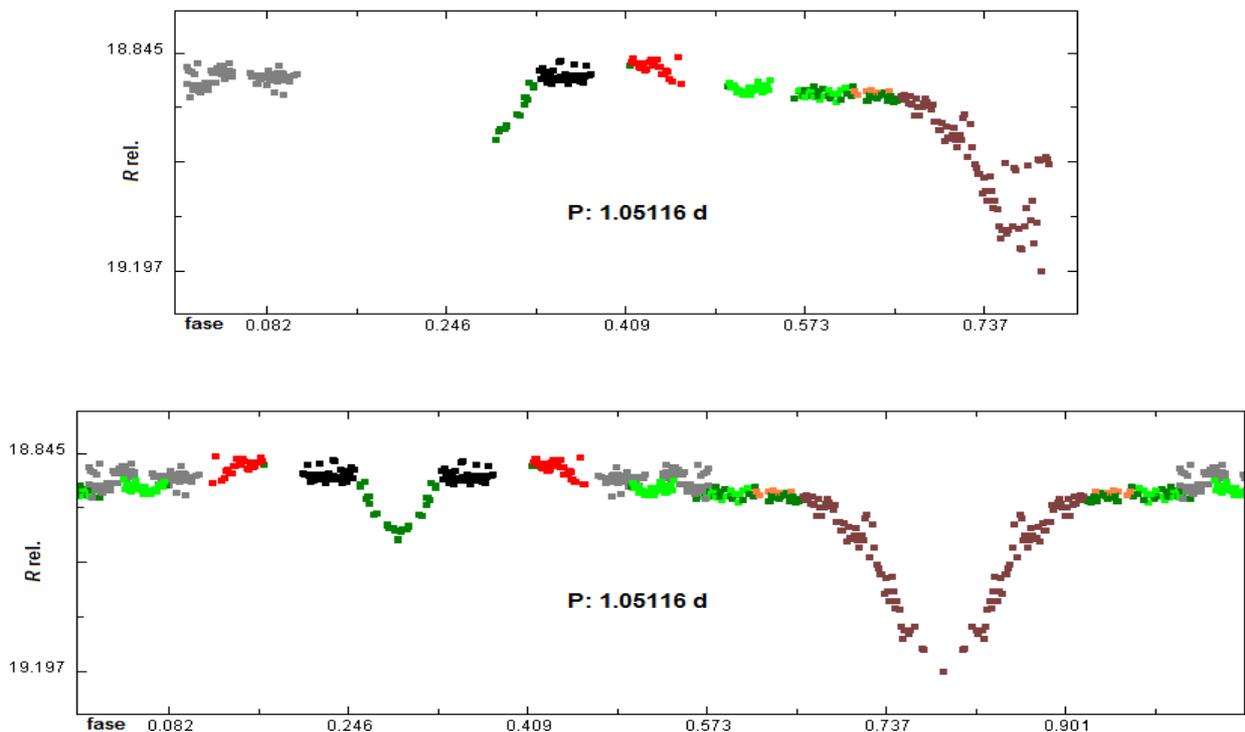


Figura 2. Curvas de las variables V1 y V2, en banda R_c relativa, tomadas de Kiss *et al.* (2001): ambas parecen ser eclipsantes de tipo EA pero sólo en la primera pueden apreciarse parte de los eclipses primarios y secundarios.

Las curvas de luz obtenidas por Kiss *et al.* en banda R_c a lo largo de seis noches, representadas en la Figura 2, muestran lo que parecen ser dos variables eclipsantes del tipo EA, Algólicas: en el caso de V1 vemos la salida de un eclipse (secundario, por la pendiente de subida), el comienzo de un eclipse primario (con una pérdida de brillo lenta, de pendiente suave) y cuatro noches en las cuales se mantuvo estable en la magnitud 18.9 R_c (relativa, no estándar), que corresponde a la 13.406 V Johnson.



En el caso de V2 se aprecia un eclipse que parece primario, no completo, y cinco noches en las cuales se mantuvo estable en torno a la magnitud 20.0 en banda R_c (relativa), la 14.653 V Johnson. Utilizando las mediciones de Kiss *et al.* (disponibles en Vizier) hemos determinado un posible período (1.05116 días) y dibujado curvas de luz (Figura 3): el panel superior muestra que las mediciones se solapan perfectamente entre las fases 0.32 y 0.63 aunque los eclipses aparecen incompletos, tal y como fueron capturados; el panel inferior, por su parte, muestra una curva de luz completa obtenida “por simetría”, empleando los datos disponibles para rellenar los huecos existentes. En este caso se han eliminado algunos puntos del eclipse primario ya que, como indican los autores, fueron obtenidos en malas condiciones atmosféricas y afeaban el resultado final: el análisis de la curva de luz indica que el sistema es, teóricamente, una binaria eclipsante de tipo EA en la cual se aprecia incluso un *efecto de reflexión*, visible tanto antes como después del eclipse secundario.

Para V2 no ha sido posible obtener período alguno ya que los datos son insuficientes: examinando las mediciones cabe inferir que la estrella se mantiene estable, durante buena parte de su ciclo orbital, en torno a la magnitud 14.653 V ; los eclipses deben de ser de muy corta duración, de ahí la dificultad para capturarlos. Sería preciso obtener mediciones durante un gran número de noches para poder ver sus eclipses: se impone trabajar con mucho cuidado durante varias semanas.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

En la campaña del año 2016 hemos obtenido un total de 193 mediciones de V1 y hasta 198 de V2 utilizando *FotoDif*, de Julio Castellano; el análisis de las mismas se presenta en la Tabla I:

	Puntos	Rango V	Δ	Mag. V	V	Diferencia
V1	193	13.401-13.522	0.121	13.479 ± 0.034	13.403	0.076
V2	198	14.573-15.095	0.522	14.749 ± 0.095	14.653	0.096

en dicha tabla mostramos la variable, el número de mediciones obtenidas, el rango medido (magnitud V), la amplitud registrada, la magnitud promedio y el error, la magnitud estándar y la diferencia entre ambas: notamos que en el caso de V2 este valor es más elevado, próximo a una décima de magnitud y es debido no a su debilidad sino a que parece que hemos capturado parte de uno de sus eclipses (probablemente el primario, a juzgar por la amplitud medida: 0.52 magnitudes); en el caso de V1 la amplitud es muy reducida (apenas una décima de magnitud) de modo que no hemos capturado ningún eclipse. Las curvas de luz, tal y como fueron capturadas noche a noche, las representamos en la Figura 4: podemos ver que V1 se ha mantenido estable durante todo el período observado (magnitud promedio 13.479 V) sin mostrar ningún atisbo de variabilidad, dejando a un lado las leves oscilaciones debidas a errores de medición ocasionados por su desfavorable posición; en el caso de V2 sí se aprecia lo que parece un eclipse de hasta 0.522 magnitudes, habiéndose mantenido el resto del tiempo observado en torno a la magnitud 14-60-14.75 V .

A la vista de estos resultados está claro que el período de V1 que determinamos anteriormente es erróneo, como era de esperar: de nuestras mediciones fotométricas se deduce que la obtención de una completa curva de luz, de la cual determinaremos sus parámetros (período, amplitud, tipo y efemérides), requiere un tiempo de observación dilatado y mediciones de buena calidad obtenidas de excelentes fotografías.

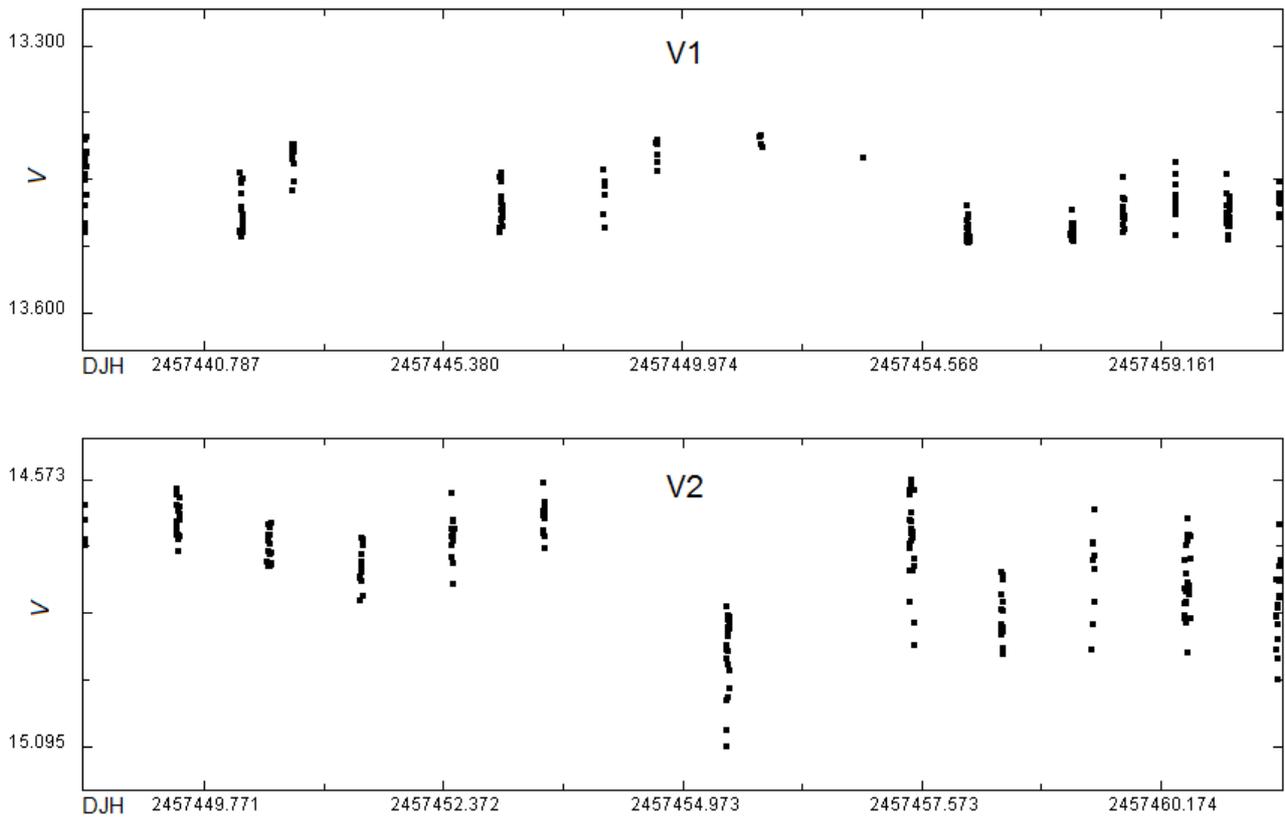


Figura 4. Curvas de luz de las variables V1 (arriba) y V2 (abajo), en banda V , obtenidas de nuestras imágenes: mientras que la primera no parece mostrar oscilación alguna, salvo pequeños errores aleatorios, en la segunda vemos lo que parece parte de un eclipse con una profundidad igual a 0.52 magnitudes.

En el año 2017 volveremos a dedicar algunas semanas al estudio del cúmulo pero, en este caso, buscando conseguir un triple objetivo:

- 1) intentar determinar los parámetros de las variables V1 y V2
- 2) obtener buenas curvas de luz de sus restantes variables y
- 3) elaborar diagramas H-R en distintas bandas (por ejemplo $B - V$ y $V - Rc$).

RESUMEN

Hemos realizado observaciones fotométricas del cúmulo abierto Messier 37 durante diecinueve noches, entre los días 19 de febrero y 25 de marzo de 2016: en este período se han tomado imágenes CCD filtradas (V Johnson) para estudiar las variables V1 (V541 Aur) y V2 (V540 Aur), ambas binarias eclipsantes (probablemente del tipo EA). Pese a que se han obtenido 193 mediciones de V1, en catorce noches distintas, no hemos capturado ningún eclipse permaneciendo todo el tiempo en torno a la magnitud 13.48 V ; en el caso de V2 las 198 mediciones, en doce noches, nos han permitido capturar lo que parece parte de un eclipse primario (por la profundidad de la caída: 0.522 magnitudes), pero la mayor parte del tiempo observado ha permanecido en la magnitud 14.60-14.75 V . Necesitamos mediciones de buena calidad, obtenidas durante muchas noches seguidas, para poder extraer más información: confiamos en lograrlo durante la campaña fotométrica del año 2017.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación ha sido realizado utilizando los catálogos y bancos de datos de VizieR y SIMBAD (Centro de Datos Estelares CDS, Strasbourg, France), Aladin Sky Atlas, NASA's Astrophysics Data System, el software *FotoDif* (escrito por Julio Castellano) así como el telescopio catadióptrico de 203 mm de abertura, la cámara CCD y la rueda de filtros fotométricos *BVRcIc* del Observatorio Astronómico *Norba Caesarina*.

REFERENCIAS

- Aladin Sky Atlas: <http://aladin.u-strasbg.fr/java/nph-aladin.pl>
Chan *et al.* (2015), AJ, 150, 27: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-6256/150/1/27/pdf>
FotoDif, software fotométrico de Julio Castellano: <http://www.astrosurf.com/orodeno/fotodif/>
Kiss *et al.* (2001), A&A, 376, 561: <http://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2001/35/aah2757.pdf>
Parámetros de la variables de M37 (de Chan *et al.*, 2015): <http://stardb.yonsei.ac.kr/>
SAO NASA ADS: http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html
SIMBAD Astronomical Database: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
VizieR Catalogue Service: <http://vizier.u-strasbg.fr/>